ECO
LOG
Y

научное
издание

В. Литовский

Естественно-историческое описание исследований окружающей среды на Урале

Монография

Уральский государственный
профессионально-педагогический университет

В. В. ЛИТОВСКИЙ

ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА УРАЛЕ

Монография

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2001

УДК 574(075.8)
Л 646

Издание осуществлено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 01-06-87037)

Печатается по решению Учебно-методического объединения по профессионально-педагогическому образованию МО РФ

Рецензенты:
доктор биологических наук,
действ. член РАЕН *С. Э. Шноль*,
доктор технических наук,
действ. член РАЕН *В. И. Уткин*

Научный редактор
доктор физико-математических наук,
профессор *А. С. Борухович*

Литовский В. В.

Л 646 Естественно-историческое описание исследований окружающей среды на Урале: Монография. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2001. — 476 с.

ISBN 5-7525-0841-X

Монография посвящена естественно-историческому описанию исследований окружающей среды на Урале за весь трехвековой период их проведения. Автор рассказывает об этом в широком естественно-научном и социокультурном контексте.

Книга адресована специалистам по окружающей среде, экологам, геофизикам, историкам, всем, кто интересуется естественно-историческим наследием родного края.

Л $\frac{1501000000-146}{182(02)-2001}$

УДК 574(075.8)

ISBN 5-7525-9841-X

© В. В. Литовский, 2001
© Издательство Уральского университета, 2001

МОЕЙ ДОЧЕРИ ЛИЗЕ, САМОЙ
ЗАМЕЧАТЕЛЬНОЙ ДЕВОЧКЕ НА СВЕТЕ
ПОСВЯЩАЮ

Из того, что я вам рассказал, сейчас ничего не секретно, имейте в виду. Все рассекречено давно. Секретно только то, что я рассказываю о глупости всей этой секретности.

Н. В. Тимофеев-Ресовский

ПРЕДИСЛОВИЕ

Культурное наследие Урала не раз становилось объектом различных исследований. Но в центре внимания ученых были обычно явления социальной истории, изучению естественно-научного уральского наследия уделялось существенно меньше внимания. Целостное естественно-историческое описание исследований окружающей среды на Урале и вовсе отсутствует. Такое положение дел сложилось в силу ряда обстоятельств.

Во-первых, наука об окружающей среде, являясь интегративной по своей сути, требует профессиональной обработки огромного массива разнородной естественно-научной информации, тщательного анализа и отбора профильного материала как из общих фундаментальных наук — географии, астрономии, физики, химии, биологии, — так и из узкоспециализированных — геодезии, метеорологии, климатологии, биогеоценологии, экологического мониторинга и др.

Во-вторых, наука об окружающей среде длительное время не считалась приоритетной, внимание ей уделялось лишь время от времени: когда давали о себе знать стихийные природные явления, происходили рукотворные катастрофы или возникали затруднения, связанные с использованием природных ресурсов. В советский период многие проблемы окружающей среды в угоду ведомственным интересам замалчивались, а зачастую и вовсе скрывались под грифом секретности, поэтому результаты хозяйствования в те годы и последствия их замалчивания стали очевидны лишь сегодня.

В-третьих, в России из-за социальных потрясений в XX столетии были прерваны многие культурные традиции, в том числе и в области естественно-исторического образования. Были преданы забвению многие дореволюционные естественно-научные исследования и печатные труды. В частности, оказались забыты некоторые ценные издания, посвященные геофизическим исследованиям Урала, прежде всего опубликованные на иностранных языках. Это привело к серьезным пробелам в профессиональных исторических знаниях у спе-

циалистов-естественников, разорвало связь между идеями и поколениями ученых и в конечном итоге затормозило последовательное естественно-научное развитие. Сказанное подтверждается, к примеру, хотя бы тем, что в большинстве вузов курсы прикладного естественно-исторического содержания отсутствуют.

Последнее обстоятельство в течение длительного периода отчасти было обусловлено отсутствием у ученых-естественников некой генеральной идеи, которая в должной мере позволила бы актуализировать ту или иную совокупность «отживших» знаний. Однако, как показало время, сегодня такая идея, порожденная многочисленными экологическими проблемами, появилась. В этом отношении исследование по естественно-историческому описанию исследований окружающей среды представляется своевременным.

К сожалению, глубина экологических проблем такова, что биосферные явления оказались в неразрывной связи с геосферными, поэтому занесение очередного вида животных или растений в Красную книгу или введение очередной санитарно-гигиенической нормы в целом эти проблемы уже не решает. Для серьезного подхода требуется пересматривать весь сложнейший механизм взаимосвязей между структурными подразделениями геосферы и биосферы, восстанавливать историю антропогенных загрязнений, учитывать локальные геофизические, геохимические и иные особенности окружающей среды. Это весьма важно и в связи с такой насущной проблемой современности, как выявление специфики «тонких» (синергических) эффектов, которые могут проявлять себя не только в сильно загрязненных неравновесных локальных или точечных средах, но и в средах с большим числом слабовозмущенных параметров.

Примерами первых можно считать всевозможные нелинейные эффекты на радиоактивно загрязненных уральских территориях с дополнительными техногенными воздействиями; «нелинейности», обнаруживаемые в открытых городских зонах и закрытых (точечных) средах: магазинах, складах, офисах, учебных кабинетах с техническими средствами обучения (ТСО), квартирах и т.п.

Примерами вторых являются массовые миграции. С уче-

том разнородного проявления «принципа усилителя» в биосистемах совокупные слабые изменения характеристик в локальных системах могут приводить к нарушениям равновесия не только в природных геобиоценозах, но и в сфере человеческого бытия, а значит, могут влиять и на события социальной истории.

К счастью, в последнее время приходит понимание роли так называемых экологических факторов, что позволяет надеяться на разрешение в будущем и этой фундаментальной проблемы. Таким образом, естественно-историческое описание окружающей среды на Урале по принципу хронологического включения в действие очередного экологического фактора дает мощный инструмент для уяснения пространственно-временной динамики процессов не только в природной окружающей среде, но и в социальной.

Исходя из сказанного, цель данного исследования оказывается двоякой. С одной стороны, это восстановление культурного наследия в области изучения окружающей среды на Урале, с другой — поиск научных направлений, в рамках которых разработка адекватных количественных методов для оценки последствий совокупного действия факторов природной среды может привести к успеху.

В таком контексте одна из задач этого исследования — сведение воедино информации о естественных диапазонах толерантности локальных экологических факторов, действующих в сфере постоянного проживания человека. Она продиктована стремлением найти реальный критерий для оценки антропогенной нагрузки на биообъект данной локальной среды обитания и естественных характеристик восприятия им внешней информации.

Другая ближайшая задача — постановка проблемы оценки коэффициентов восприятия информации в условиях пребывания человека в урбанизированных средах.

Из более отдаленных частных задач отмечу следующие:

— оценка вариаций коэффициентов восприятия информации по выделенному экологическому фактору в урбанизированных средах по сравнению с естественными;

— установление на основе информационного подхода величин синергических эффектов при совокупном действии факторов искусственной среды;

— систематизация урбанизированных сред по их параметрам экологичности;

— определение микро- и макроперспективности эволюции технических систем.

В соответствии с изложенным во введении монографии на конкретных примерах показано, к чему приводит недооценка естественно-исторического подхода в исследованиях окружающей среды. Отмечается, что корректный подход к проблемам окружающей среды состоит прежде всего в уяснении формы и размеров самого объекта, среда которого изучается, т.е. Земли. В исторической ретроспективе рассказывается о таких исследованиях и дается подборка необходимых сведений, накопленных в этой области к моменту первых геодезических изысканий на Урале: определяются ключевые понятия и задается «система отсчета» для последующего вхождения в основные проблемы.

В первой части книги, посвященной исследованиям окружающей среды в XVIII в., в хронологическом порядке анализируются первые естественно-научные изыскания на Урале, их связь с экологическими факторами. На объемном естественно-историческом материале выявляются корни этих исследований, их научная идеология, главные векторы развития, программно-методическое и материальное оснащение, конкретные движители; оценивается вклад в науку отдельных ученых, научных школ, уточняются приоритеты и отдельные события, ликвидируются белые пятна в естественно-научной истории. Впервые полномасштабно представлен вклад французской школы естествоиспытателей в исследования окружающей среды на Урале.

Во второй части монографии рассматриваются исследования окружающей среды, проводимые на Урале в XIX в., организация ее системного изучения. Выявляются новые векторы этих исследований, их истоки, а также перспективы для решения фундаментальных проблем естествознания. Объемно представлена роль выдающихся отечественных и западноевропейских ученых во включении Урала в систему мирового мониторинга окружающей среды. Особо отмечено, что Урал, представляя собой научную ойкумену Европы, становится объектом пристального внимания со стороны крупнейших ученых-

естествоиспытателей. Для естественно-научных изысканий они направляли сюда самое передовое научно-техническое оснащение. В этом отношении уральские исследования изначально ориентировались на самые передовые европейские достижения, а потому, несомненно, представляли собой общемировую научную ценность. Подчеркивается непреходящая ценность результатов этих исследований и в региональном аспекте, в частности для изучения вековых вариаций естественных геофизических факторов, так как это позволяет разобраться в проблемах долгосрочной динамики факторов окружающей среды на Урале и в хронологии антропогенных возмущений среды в этом регионе.

В третьей части, содержащей описание исследований окружающей среды на Урале в XX в., основное внимание уделяется качественно новым явлениям в окружающей среде — искусственным электромагнитным и радиоактивным излучениям, описывается история загрязнения ими Урала. Вместе с тем в региональном аспекте рассматриваются экологически значимые характеристики Земли как открытой системы. В таком ракурсе анализируется информация о механизмах воздействия экологических факторов как в отдельности, так и в комплексе, специфика их пространственно-временной динамики. Существенное внимание уделено новейшим перспективным подходам к описанию экологических процессов и сред, явлениям самоорганизации, проблемам экологического дискомфорта в современных точечных урбанизированных средах. Особо отмечена роль «слабоэнергетичных» экологических факторов и определяющий вклад в их исследование ученых так называемой «русской линии». Предлагается оригинальный подход к оценке синергических эффектов и формулируются основные закономерности действия экологических факторов.

На оригинальном и малоизвестном для широкой общественности материале раскрываются многочисленные проблемы окружающей среды на Урале, драматическая история их возникновения и еще более драматическая история их исследователей. Впервые на основе обобщенного анализа радиационных проблем Урала показано, что они затронули около миллиона уральцев и потому представляют собой серьезней-

шую краевую проблему, не могут не отражаться на генофонде региона, его эволюционном развитии. Вместе с тем, исходя из экологических соображений, отмечается возрастающее значение исследований окружающей среды в сфере «ближнего порядка» человека, т. е. в бытовой и прежде всего непроизводственной, а также принципа экологической коэволюции при проектировании технических систем.

Работая над книгой, мне много часов пришлось провести в Государственном архиве Свердловской области, в Областной научной библиотеке им. В. Г. Белинского, в библиотеке Свердловского областного краеведческого музея, научной библиотеке Уральского университета и в других библиотеках Екатеринбурга. И везде я находил заинтересованную поддержку моего исследования, встречал со стороны сотрудников понимание, за что всем им искренне признателен.

Неоднократно различные фрагменты книги становились предметом дискуссий на научных семинарах, конференциях, симпозиумах, обсуждались в кулуарах. Автор бесконечно благодарен своим коллегам за этот неизменный интерес и живой человеческий отклик.

Особенно теплые слова мне хочется сказать ученикам Н. В. Тимофеева-Ресовского Геннадию Григорьевичу Поликарпову, Симону Эльевичу Шнолю, Анатолию Никифоровичу Тюрюканову, Галине Николаевне Зацепиной, Валентине Георгиевне Куликовой, Петру Ивановичу Юшкову и, конечно же, Андрею Николаевичу и Нине Алексеевне Тимофеевым. Только соприкоснувшись с ними, я по-настоящему ощутил ауру во многом утраченного в наши дни подлинно бескорыстного научного общения, высочайшие морально-этические принципы и устои, завещанные им Николаем Владимировичем.

Я благодарен судьбе, что в свое время оказался на кафедре радиационной физики твердого тела Уральского университета, руководимой Виталием Николаевичем Коневым, где учился у преподавателей с широким взглядом на мир, что моим коллегой стал Петр Пантелеймонович Зольников, привлекший меня к дозиметрической тематике, что в свое время познакомился с великой женщиной Эльвирой Ивановной Порецкой, благодаря которой оказался в Первой открытой радиоэкологической экспедиции по реке Течe.

Я благодарен Алексею Владимировичу Яблокову и Николаю Федоровичу Реймерсу, заметившим наши усилия в радиоэкологическом просвещении населения.

Мне хочется выразить благодарность бескорыстно взявшим на себя нелегкий труд рецензирования рукописи этой книги профессору кафедры биофизики МГУ, заведующему лабораторией физической биохимии Института биофизики РАН, доктору биологических наук, действительному члену РАЕН Симону Эльевичу Шнолю и директору Института геофизики УрО РАН, доктору технических наук, члену-корреспонденту РАЕН Владимиру Ивановичу Уткину.

Я искренне тронут вниманием к моей работе ведущего географа Урала, автора классических очерков по истории изучения уральской природы Нины Петровны Архиповой. Благодаря ей некоторые из моих книжных познаний были дополнены живыми рассказами и краеведческой конкретикой.

Мне хотелось бы поблагодарить своих коллег из Уральского государственного профессионально-педагогического университета и особенно сотрудников кафедры общей физики, где была выполнена эта работа, за многократные выслушивания моих «трепов», моего научного консультанта заведующего кафедрой общей физики УГППУ, профессора, доктора физико-математических наук Арнольда Самуиловича Борухович, который поддерживал мою работу и всегда приветствовал на кафедре разработку экологической проблематики.

Наконец, спасибо моей семье за долготерпение и поддержку.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из первых наук, которую пришлось постигать человеку, была наука о быте и местопребывании. Конформное сосуществование человека с окружающей средой вынуждало его к выявлению простейших средств обеспечения бытового комфорта и накоплению всевозможных сведений и примет, позволяющих правильно оценивать и прогнозировать природные явления, т. е., пользуясь современной терминологией, заниматься мониторингом окружающей среды.

Однако для научного установления и осмысления основных природных источников благополучного существования человека и окружающей среды, так называемых экологических факторов (света, тепла и т. д.), потребовались века накопления естественно-научных знаний и их комплексного осмысления.

Так, для корректной оценки местопребывания того или иного природного сообщества и географического районирования потребовалось воспользоваться геодезическими и астрономическими познаниями. При этом только на определение формы и размеров Земли ушло два тысячелетия: от первых работ Эратосфена Киренского (ок. 276 – 194 до н. э.) до классических трудов Жана Пикара (1620 – 1682) и Алексиса Клеро (1713 – 1765).

Для оценки роли электромагнитных явлений и тепловых процессов в живой природе пришлось прибегнуть к физическим знаниям, приведение которых к практически значимому использованию также потребовало тысячелетий. Например, с явлением магнетизма человечество познакомилось задолго до нашей эры: сведения о первом компасе, «камне, любящем железо», можно найти уже в китайской летописи 2 тыс. до н. э., тогда как аналог современного компаса получил распространение только в XIV в. (Флавио Жиойя, 1302).

Приступить к научному осмыслению теплового фактора стало возможным лишь в XVI в., когда спустя восемнадцать столетий после изобретения первого термоскопа греком Филоном (3 в. до н. э.) появились практически пригодные тер-

мометры Корнелия Дреббля (1572 – 1634) и Галилео Галилея (1564 – 1642)).

Без длительных и кропотливых изысканий химиков в области жизнеобеспечивающего элементного состава воздуха, воды и почвы невозможно было бы установить диапазоны толерантности устойчивого существования отдельных представителей экологических систем. Вместе с тем только на систематизацию и уяснение многообразия химических элементов — от первых представлений о мирообразующих элементах Аристотеля (384 – 322 гг. до н. э.) до построения Периодической системы химических элементов — И.-В. Деберейнер (1780 – 1849), Д. И. Менделеев (1834 – 1907), Л.-Ю. Мейер (1830 – 1895) — потребовалось более двух тысячелетий.

Наконец, без тщательного изучения биологами видового многообразия и взаимосвязей в живой природе было бы невозможно надежно разобраться в объектах экологических исследований — биосистемах и сформулировать для них фундаментальный биологический принцип и закон лимитирующих факторов (Юстус фон Либих, 1840).

Как следует из сказанного, становление экологических знаний в России и на Урале, в частности, было бы невозможно без активного привлечения передового европейского опыта и его носителей. Вместе с тем накопленный уральскими исследователями научный материал сам существенным образом восполнял пробелы в познании гео- и биосферы и, в свою очередь, предопределял отдельные научные открытия.

О том, как развивалось взаимодействие европейских исследователей с уральской научной ойкуменой, и пойдет речь далее.

Изучение окружающей среды и комфортных условий устойчивого существования живой природы неразрывно связано с абиотическими (физическими и химическими) факторами самой Земли, являющейся открытой динамической системой.

Действительно, энергетический режим Земли и ее электромагнитные характеристики во многом определяются процессами, идущими на Солнце. В свою очередь, распределение энергии на конкретных участках земной поверхности зависит от их размеров, рельефа, наклона к потоку солнечных лучей, а также определяется состоянием и составом атмосферы, астрономическими фазами и т. д.

Из этого следует, что корректный подход к изучению «земных процессов» невозможен без уяснения формы и размеров Земли. История этих исследований насчитывает несколько тысячелетий.

Впервые мысль о шарообразности Земли высказали древнегреческие ученые в 5 в. до н. э. К такой мысли они пришли на основании рассказов путешественников, которые заметили, что высота Северного полюса мира возрастает по мере перемещения к северу и уменьшается при движении в южном направлении [1, с. 39]. Эратосфен Киренский (ок. 276 – 194 гг. до н. э.), используя данный подход, определил радиус Земли с точностью, отличающейся от современных значений примерно на 1 % [2, с. 115; 3, с. 80]. Для этого ему пришлось измерить высоту полуденного Солнца в Александрии в тот день, когда полуденное солнце в Сиене, расположенной к югу, вверх по течению Нила, освещало дно самых глубоких колодцев, т. е. находилось в зените.

Предположив значительную удаленность Солнца от Земли, Эратосфен приравнял угол, образованный лучами, исходящими из центра Земли и направленными на Александрию и Солнце, углу, образованному перпендикуляром в Александрии и лучом, направленным к Солнцу. В этом случае, если считать Солнце бесконечно удаленным, а высоту подъема Солнца (угол z) соотнести с дугой AC, соединяющей указанные пункты, то можно вычислить размеры Земли. Высота полуденного Солнца в Александрии составила 1/50 часть окружности. Расстояние между Сиеной и Александрией было известно, 5000 египетских стадий. Следовательно, полная длина окружности насчитывала 250 000 египетских стадий. Египетская стадия равняется приблизительно 157,7 м, откуда нетрудно вычислить земной радиус: $R = 250\,000 \cdot 157{,}7 / (2 \cdot 3{,}14) = 6277{,}9$ км.

Следующий прогрессивный этап исследований относится к XVI в., когда Жан Фернель поставил эксперимент по определению длины дуги в 1° между Парижем и Амьеном [4].

26 августа 1526 г. он измерил полуденную высоту Солнца в Париже. Она оказалась равна 49° 13′. Далее потребовалось найти место, где высота Солнца в это же время на 1° меньше. На эти поиски необходимо было потратить несколь-

ко дней, что, естественно, привело бы к изменению высоты Солнца и в Париже. Поэтому Фернель по астрономическим справочникам определил высоту Солнца на несколько дней вперед. Получились следующие данные:

26 августа — 49°13′;
27 августа — 49°26′;
28 августа — 48°05′;
29 августа — 47°41′.

29 августа, перемещаясь на север, в полдень он нашел искомую высоту 46°41′ в Амьене. После этого оставалось лишь вычислить расстояние между точками наблюдений. Для этого ученый измерил окружность колеса своего экипажа (она оказалась равна 20 французским футам) и двинулся обратно в Париж. Подсчет оборотов колеса дал цифру 17 024. Теперь можно было вычислить длину градусной дуги меридиана в туазах (1 туаз =1,949 м):

$$\frac{20 \cdot 17024}{6} = 56\,747 \text{ туазов.}$$

Умножая полученную цифру на 360° и переводя туазы в метры, Фернель получил полную длину меридиана в метрах:

$$\frac{1,949 \cdot 56747 \cdot 360}{1000} = 39\,815 \text{ км.}$$

Разделив это значение на 2π, можно было рассчитать радиус Земли:

$$R = 39\,815/6,28 = 6340 \text{ км.}$$

Последующие успехи в определении размеров и формы Земли были связаны с деятельностью первых астрономических обсерваторий. Особая роль в этом принадлежит французской астрономо-геодезической школе.

Само развитие астрономии — науки о Вселенной, казалось бы самой отдаленной от бытовых потребностей человека науки, на самом деле всегда было связано с насущными проблемами точного времяисчисления, судовождения, определе-

ния географических координат, т. е. с вполне практическими бытовыми проблемами.

Особенно отчетливо это проявилось в эпоху великих географических открытий. Поскольку погрешность в определении координат точки на поверхности Земли к этому времени составляла 1,5°, что соответствовало 160 км, многие обнаруженные в то время острова оказались впоследствии потерянными. Понятно, что последующим экспедициям было очень трудно разыскать в море какой-либо маленький остров, положение которого было указано с такой неточностью, и еще более очевидно, как на такие погрешности должны были реагировать новоявленные собственники открытых островов.

Наибольшая сложность при установлении географических координат какого-либо объекта состояла в определении географической долготы. Если широту места можно было сравнительно точно измерить по высоте Полярной звезды над горизонтом, то для определения долготы нужны были точные часы, по которым отмечаются моменты прохождения через искомый меридиан звезд и Солнца, а затем по специально разработанным астрономическим таблицам определяется и сама долгота местопребывания. Известные к тому времени водяные, песочные и другие часы мало соотвествовали необходимым требованиям. Прогресс наметился только к 1658 г., когда Христиан Гюйгенс построил первые удачные часы с маятником. Однако и они были малопригодны для измерений в море, так как при качке их точность существенно снижалась.

Успех пришел только в 1675 г., когда тот же Гюйгенс смог усовершенствовать изобретенные в конце XV в. и шедшие до этого очень неточно пружинные часы, снабдив их балансиром. Вместе с тем единственно надежными часами оставались по-прежнему только небесные часы, основанные на изменениях положения Луны среди звезд и смене ее фаз. Долгое время этот способ был единственным методом определения географических координат, и монархи европейских стран, желая точно знать расположение своих новых и старых владений, начали строить обсерватории [5, с. 22].

Именно эти цели королевской власти и приоритет работавших в этом направлении во Франции ученых (первые успешные эксперименты по определению градусной длины Па-

риж-ского меридиана Жана Фернеля (1526), исследования Жана Пикара, Джованни Доменико Кассини, работавшего в Париже Христиана Гюйгенса и др.) подвели Людовика XIV к решению создать Парижскую обсерваторию (1667 – 1671).

• Для естествознания оказались фундаментальными два исследования, выполненные в этой обсерватории: определение дуги меридиана в 1° (Жан Пикар, 1669 – 1670) и определение скорости света (Оле Ремер, 1676).

Последующие работы ученых Парижской обсерватории были направлены на установление точной формы Земли, для чего потребовалось провести измерения градусной дуги в разных точках Земного шара как в меридиональном, так и в широтном направлении.

В 1718 г. директор Парижской обсерватории Жак Кассини (1677 – 1756) измерил длину градусной дуги к северу от Парижа, до Дюнкерка, и к югу, до Колиура. При этом длина северной дуги получилась равной 56 960 туазам (56 960 · 1,949 м = 111,015 км), а южной – 57 097 туазам (111,282 км). Таким образом, северная дуга оказалась короче, что означало вытянутость Земли к полюсам. Основываясь на этих измерительных результатах, Кассини отстаивал точку зрения о яйцеобразной форме Земли. Такой вывод, однако, находился в противоречии с теоретическими рассуждениями Ньютона, согласно которым из-за действия центробежных сил Земля должна была иметь форму эллипсоида приплюснутого у полюсов.

Для разрешения проблемы потребовались измерения географически сильно разнесенных дуг, так как выводы, сделанные на основе измерения рядом расположенных дуг, вызывали сомнения. В итоге было решено направить две экспедиции для градусных измерений: одну – в Перу, где и была измерена дуга от 0°2′ 30″ северной широты до 3° 4′ 30″ южной широты (Бугер, Годен, Ла Кондамин, 1735 – 1742), другую – в Лапландию, где была измерена дуга от 65° до 66° с. ш. (Клеро, Мопертюи, Цельсий, Камюз). Длина 1° в экваториальной зоне составила 56 748 туазов (110,6 км), а под широтой 66° – 57 422 туаза (111,9 км). Соответственно сжатие Земли получилось равным 1/314 по южным измерениям и 1/214 – по северным. Таким образом было доказано, что Земля является эллипсоидом, сжатым у полюсов [3].

• Следует отметить, что работа Перуанской экспедиции завершилась анекдотично. Руководство экспедиции обратилось к правительству Перу с просьбой обеспечить сохранность центров и реперов, заложенных на месте проведения замеров. На это правительство отреагировало своеобразно. Оно посчитало, что поручиться за сохранность каких-то железок и камней в горах и джунглях слишком трудно и потому решило... переместить их в столицу, где они и хранятся до сих пор в одном из музеев.

Один из участников Лапландской экспедиции, Алексис Клеро, по возвращении опубликовал фундаментальный труд «Теория фигуры Земли» (1743).

Экспериментальное подтверждение приплюснутой с полюсов формы Земли, предсказанное Ньютоном на основе теории всемирного тяготения, серьезно укрепило позиции последней. По'тому дальнейшие уточнения формы Земли были сделаны на основе изучения эквипотенциальных поверхностей гравитационного поля Земли методом измерения величины силы тяжести тела единичной массы на разных широтах.

В 1873 г. немецкий геодезист Е. Листинг предложил рассматривать в качестве фигуры Земли эквипотенциальную поверхность, совпадающую на океанах с не возмущенной волнами, приливами и течениями поверхностью воды и продолженную далее под континенты. Эту поверхность назвали геоидом, т. е. подобием форме Земли.

С экологической точки зрения использование геоида дает возможность учесть локальные (местные) аномалии силы тяжести для объяснения причин образования локальных «химических пятен — неоднородных выпадений химических веществ из атмосферы.

После получения надtжных данных о размерах и форме Земли следующим важным этапом в формировании базиса для развития экологического мониторинга окружающей среды стало введение мировой системы координат. Введение этой системы неразрывно связано с деятельностью Гринвичской обсерватории, которая была учреждена в 1675 г. Карлом II, предоставившим под нее старый королевский замок в пригороде Лондона Гринвиче.

Исторической заслугой деятельности Гринвичской обсерватории стало создание самого точного для своего времени каталога, содержащего положение почти 3000 звезд с погрешностью не более 10″ (Джон Флемстид, 1712—1725) [5, с. 22].

Вследствие этого данные каталога были приняты за эталон, а Гринвичский меридиан — за нулевой в долготных измерениях. Среднее солнечное время, исчисляемое для Гринвичского меридиана, было принято за Всемирное (1887).

В России первая обсерватория появилась в 1692 г. в Холмогорах, под Архангельском. Ее основатель — выходец с Урала, сподвижник Петра I Алексей Артемьевич Любимов [6]. Купленные им за свой счет 6 астрономических труб и несколько простейших угломеров стали первым научным оборудованием обсерватории.

• Алексей Артемьевич Любимов, видный деятель допетровского и петровского времени, внес заметный вклад в русскую культуру. Писатель, владеющий латинским и греческим языками, он живо интересовался и естественнонаучными дисциплинами: медициной, географией и особенно астрономией.

Однако жизненный путь А. А. Любимова был неразрывно связан прежде всего с духовной карьерой, поэтому он до сих пор более известен как архиепископ Холмогорский и Важенский Афанасий.

Личность архиепископа Афанасия примечательна также для истории уральского естествознания и культуры, так как он родился в Тюмени (1641) и творчески сформировался на Урале.

Известно, что постриг он принял в Далматовском Успенском монастыре и испытал существенное духовное влияние со стороны его основателей Далмата и Исаака. Здесь же он начинает и свою литературную деятельность. В частности, составляет компилятивное толкование Псалтыря. В настоящее время существует предположение [7], что, находясь в Далматовском монастыре, он работал над «Шестодневом» — книгой, отразившей естественнонаучные представления образованного человека на Руси конца XVII в.

В 1666—1674 гг. А. А. Любимов занимает должность иеродьякона в Тобольском архиерейском доме. В 1675 г. его назначают игуменом Далматовского монастыря, а в 1677 г. по неизвестным причинам Любимов оказывается в ссылке в Енисейском монастыре. Спустя некоторое время он получает прощение и возвращается в Далматовский монастырь, откуда в 1679 г. его направляют в Москву на должность патриаршего иеромонаха. Через три года был возведен в сан архиепископа и назначен в Холмогорскую епархию. На этой должности он оставался до самой смерти. Умер в Холмогорах 6 сентября 1702 г.

В 1701 г. Петр I, прекрасно понимавший необходимость астрономических исследований в навигационном деле, учредил в Москве, в Сухаревой башне, первую государственную обсерваторию и школу «математических и навигацких хитростных наук». В 1717 г. Петр побывал во Франции, где познакомился с королевским географом Гийомом Делилем и его младшим братом Жозефом. С ними он обсуждал пробле-

му картографирования России. Тогда же Гийом Делиль побуждает Петра послать в Северо-Восточную Азию экспедицию для выяснения, соединяется ли Азия перешейком с Северной Америкой. В результате, как отмечает английский историк науки Д. Шоу [8, с. 26], были снаряжены экспедиции в Сибирь Д. Мессершмидта и В. Беринга.

Первая российская академическая обсерватория возникла в Петербурге в 1725 г. Первоначально она размещалась в верхних этажах башни здания Академии на Васильевском острове (сейчас это здание Кунсткамеры). Обсерватория была оснащена самыми совершенными для того времени инструментами. Ее директором стал приглашенный Петербурской Академией наук французский астроном Жозеф Никола (Осип Николаевич) Делиль.

Вместе с Делилем в Петербург прибыли его брат Людовик Делиль де ла Кройер и приборный мастер Пьер Виньон. Примерно в то же время из Германии прибывает Иоганн Георг Дювернуа (1727), а затем и ученик последнего Иоганн Георг Гмелин. В последующем под руководством Жозефа Делиля были организованы экспедиции для определения географических координат европейской части России и Сибири, был составлен первый в России Каталог астрономических координат и Генеральная карта России (62 пункта, включая Тобольск и Екатеринбург). Погрешность определения координат в Каталоге составляла не более 8 секунд.

Именно Жозеф Никола Делиль осуществил стратегическое планирование академической программы Великой Сибирской экспедиции и сам лично провел астрономогеодезическую и метеорологическую подготовку участников академической группы. Входившие в эту группу Иоганн Георг Гмелин и Людовик Делиль де ла Кройер, используя первоклассные для того времени и во многом оригинальные методики и научное оборудование, стали первыми организаторами системных метеорологических и астрономических наблюдений в Екатеринбурге (декабрь 1733 — январь 1734 г.) и Тобольске (с февраля 1734 г.), а впоследствии и первых уральских геодезических исследований. Благодаря им в Екатеринбурге появились первые местные метеорологи Андрей Татищев и Федор Санников.

В 1740 г. Жозеф Никола Делиль сам совершил поездку в Березов (ныне поселок городского типа в Тюменской области), в ходе которой посетил Соликамск, Верхотурье, Туринск, Тюмень, Тобольск и определил координаты Березова, места впадения Иртыша в Обь, Демьянска, Усолья, Сарапула и др. Наряду с астрогеодезическими измерениями, им были определены и магнитные склонения ряда урало-сибирских географических точек.

В настоящее время в России для практических геодезических работ используется эталонный эллипсоид Красовского [9], так называемый референц-эллипсоид. Его параметры равны соответственно: большая полуось эллипсоида: a = 6378245 м; малая полуось эллипсоида: b = 6 356 863 м; сжатие эллипсоида j= (a-b) /a: j = 1/298, 3.

• Красовский Феодосий Николаевич (1878–1948) – русский астроном-геодезист, член-корреспондент АН СССР с 1939 г. Под руководством Ф. Н. Красовского в 1940 г. были проведены градусные измерения и определены параметры эллипсоида, получившего его имя. С 1946 г. последний был принят для геодезических работ в СССР и других странах бывшего социалистического лагеря.

В общем случае под референц-эллипсоидом подразумевается эллипсоид, имеющий строго определенные размеры, определенным образом ориентированный в теле Земли и принимаемый для обработки геодезических измерений в данной стране.

Равновеликий шар, соответствующий референц-эллипсоиду Красовского, имеет радиус 6371 км.

Еще одним важным параметром геодезической системы отсчета является высота поверхности над уровнем моря. Для корректного практического использования этого параметра необходимо в какой-то эталонной точке измерить средний за много лет уровень моря и принять его за нулевой. Все прочие высоты отсчитываются от данной, например, по изменениям величины силы тяжести, действующей на тело единичной массы. Для России за начало отсчета высот поверхностей над уровнем моря принят нулевой штрих Кронштадтского футштока – мерной рейки, установленной на Балтийском море.

ЧАСТЬ 1

1.1. КРАТКИЕ ИСТОРИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАМЕЧАНИЯ О РУССКОЙ ЭКСПАНСИИ НА УРАЛ*

Первые упоминания о проникновении русских на Урал относятся к XI в. Однако только после распада Золотой Орды в конце XIV в. на Урал устремляются дружины новгородских ушкуйников — «русских викингов», которые присоединяют территории современной Пермской области к Новгородской республике [1].

В период ордынского господства русские из Великого Новгорода, Москвы и Вологды проникали на Полярный Урал через бассейны рек Сухона (г. Тотьма, 1137 г.; г. Великий Устюг, 1207 г.), Северная Двина-Вычегда (г. Сольвычегодск, основан в XIV в.), Ижма, Печора и Уса, откуда далее двигались по притоку Усы Ельцу, преодолевали волок и, миновав семь озер, оказывались за Уральским хребтом в Обском бассейне на реке Собь.

Еще одним путем проникновения русских в Сибирь был путь вверх по Печоре до ее правого притока — Щугора. Поднявшись по Щугорскому коридору в районе горы Тэлпозиз первопроходцы перебирались через Камень и далее по рекам Киртасу и Ляпину (Сыгве) попадали в Северную Сосьву, откуда выходили к Оби.

В начале XV в. на Верхней Каме появляются первые русские поселения Анфаловский городок и Соль-Камская (1430). Предпринимаются организованные попытки проникнуть в Сибирь.

• В 1483 г. московские войска под командованием воевод Федора Курбского и Ивана Салтыка-Травина совершили поход против вогулов; проникнув с Печоры по реке Щугору и далее по реке Ляпину в устье Пелыма, а затем по Тавде до Иртыша и Тобола.

После разгрома Иваном Грозным в 1552 г. Казанского

---

* Подробнее об освоении Урала см. в кн.: *Архипова Н. П., Ястребов Е. В.* Как были открыты Уральские горы. Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1990.

ханства в состав России включается и большая часть Южного Предуралья (территория современной Башкирии), что приводит к массовому притоку туда русского населения и образованию русских городов Уфы (1574) и Сарапула (1596). Создаются предпосылки для освоения Дикого поля — междуречья рек Волги и Урала, а также Южного Зауралья.

В это же время в Прикамье создаются обширные владения известных русских предпринимателей Строгановых, которые быстро прибирают к своим рукам работавшие здесь соляные варницы. В частности, они организуют соляные промыслы на реке Чусовой и в 1568 г. получают от Ивана Грозного грамоту, согласно которой становятся полноправными хозяевами реки на всем ее протяжении.

В 1579 г. в Прикамье появляется большая группа казаков во главе с атаманом Ермаком Тимофеевичем (Василием Тимофеевичем Алениным) [1; 2, с. 15], используя которого, Строгановы в 1581 г. организуют поход в Сибирь (современный Средний Урал, Зауралье и Западная Сибирь).

«Первого сентября нового 1581 года (до 1700 г. началом нового года в России считался день 1 сентября. — *В. Л.*). Ермак с дружиной направился из Нижне-чусовских городков в свой знаменитый поход против Сибирского царства. Поднявшись по Чусовой до ее правого притока реки Серебрянки, он проник в верховья этой реки, а оттуда переправился в верховья р. Тагила» [2, с. 16]. Далее по Туре он сплавляется до Тобола и через Иртыш попадает в бассейн Оби.

После похода Ермака русские начинают налаживать торговые пути в Сибирь. Так, в 1590—1597 гг. они активно осваивают Московский (Чердынский) путь, вдоль которого организуются стратегические форпосты Лозьвинский городок (1589) и Пелым (1593), а с 1597 г. — Верхотурский путь (Бабиновская дорога), на долгие годы (до 1783 г.) ставший основным торговым путем в Сибирь. Вдоль него также возникают города-крепости Верхотурье (1598), Туринск (1590) и первые русские города в Сибири — Тюмень (1586) и Тобольск (1587).

• В XVI в. Чердынский водный путь в Сибирь проходил от города Чердыни (основан в 1472 г.) по реке Вишере и далее волоком к рекам Ивдель—Лозьва—Тавда—Тобол.

• В 1595 г. вышел указ проведать прямой путь на реку Туру. В 1597 г. посадский человек Артемий Сафонович Бабинов прошел напрямую от Соликамска через верховья реки Яйвы к устью реки Тулонки (приток Косьвы), по реке Кырье через Павдинский Камень на реку Лялю, а оттуда к реке Туре, сократив на этом участке пути расстояние с 2000 верст до 270. Новый путь из Москвы в Сибирь изменился и пролег через Переяславль-Залесский, Ростов, Ярославль, Тотьму, Лальск (Лальский посад), Кайгород (Кайгородок), Соль-Камскую, село Ростес, Верхотурье, Туринск, Тюмень и Тобольск [3, с. 19].

Вниз по течению Оби появляются город Березов (основан в 1593 г., ныне поселок Березово), село Самарово (ныне г. Ханты-Мансийск) и город Обдорск (основан в 1595 г., ныне г. Салехард).

В устье Тазовской губы возникает русский город Мангазея (1601), который просуществовал до 1672 г. В низовьях реки Соби была создана Собская застава, которая, наряду с военными функциями, выполняла роль таможни.

На Каме, ниже Соликамска, создается новая резиденция Строгановых – (Новое) Усолье (1606).

Но поскольку проезд через Верхотурскую таможню и Туринскую дозорную службу был связан с дополнительными расходами (уплатой пошлины), вблизи них начинают появляться зоны беспошлинной торговли и обходные пути. Еще более усугубляет это положение царский указ 1643 г. об организации Ирбитской ярмарки.

В 1656 г. была найдена новая дорога из Сибири по реке Чусовой и оттуда далее сухим путем в Кунгур и Казань [4, с. 392]. Преимущество ее перед Верхотурской заключалось в том, что она не проходила через горы и не было необходимости плыть по рекам. Эта дорога особенно была выгодна для направляющихся в Сибирь из южных городов России.

Чусовская дорога стала причиной падения сбора налогов на Верхотурской дороге, и в 1659 г. на реке Чусовой сделали заставу, которая вынуждала торговые караваны проходить через Верхотурскую таможню.

• Заставой была либо слобода Чусовая (ныне село Чусовое, основано в 1651 г.), либо Уткинская пристань (ныне г. Староуткинск). Вероятнее всего последняя, так как, по Фишеру, река Утка, на которой стоит Староуткинск, отделяла Верхотурский уезд от Строгановских деревень [4].

Действовала она и во время Второй Камчатской экспедиции. Фишер, в частности, отмечает: «Ныне также не всякому свободно ездить по той доро-

ге, потому дорога для купцов и государственных служителей лежит через Верхотурье» [там же, с. 4].

В октябре 1696 г. путь в Сибирь через Кунгур был и вовсе закрыт [1, с. 185], а дорога стала использоваться лишь в почтовых, а затем в местных целях для поддержания связи между заводами. В 1698 г. Андреем Андреевичем Виниусом, возглавлявшим почтовое ведомство и Сибирский приказ, почтовая дорога в Сибирь была устроена через Владимир, Муром, Нижний Новгород, Козьмодемьянск, Казань, Верхотурье, Тюмень, Тобольск. Лишь в 1724 г. Сибирский тракт через Кунгур снова стал использоваться для почтовой надобности. В 1731 г. почтовая дорога стала проходить через Екатеринбург.

• Виниус Андрей Адреевич (1641—1717) возглавлял почтовое ведомство с 1675 г., а Сибирский приказ — с 1694 г. В 1702 г. посетил Урал с инспекционной проверкой. В 1703 г. из-за должностных упущений был отстранен от руководства Сибирским приказом [1, с. 117].

Тем не менее вопреки административным мерам к 1685 г. путь в Сибирь смещается от Верхотурья к селам Салдинскому и Мугайскому, Невьянскому монастырю, Невьянской, Рудной, Ницинской, Ирбитской, Киргинской, Чубаровской, Верхненицинской слободам, Краснослободскому острогу, Усть-Ницинской слободе и далее к Тюмени и Тобольску [3, с. 21].

Открытие магнитного железняка на горе Магнитной (ныне гора Высокая), а также слюды, наждака, драгоценных и полудрагоценных металлов приводит к новым векторам освоения Среднего Урала, связанным уже с промышленным строительством. Так, развивается дорожная сеть в районе первых железоделательных заводов: Ницинского (1631) и Тумашовского (1669), а к концу XVII—началу XVIII столетия — вокруг более крупных заводов Невьянского (1699—1701) и Алапаевского (1704).

С появлением Демидовых на территории современной Свердловской области развивается дорожная сеть, связывающая новые города-заводы Невьянск (1701), Нижний Тагил (1722), Ревда (1731), поселок Староуткинск (1737) и др. В то же время строятся и обновляются дороги между городами-заводами Каменском-Уральским (1701), Екатеринбургом (1723), Кушвой (1735).

Помимо названных дорог, развиваются дороги, связываю-

щие узловые центры, такие, как Кунгур (1781), Красноуфимск (1736), Ирбит (1775), Шадринск (1737), Камышлов (1781).

• Основывая Екатеринбург, В. Н. Татищев изначально задавался широкими планами. В частности, понимая преимущество местоположения города, находящегося вблизи двух больших рек Исети и Чусовой, связывающих его с западными и восточными территориями России, он решил провести через Екатеринбург и главный Сибирский тракт, проходивший ранее через Верхотурье.

• «В 1735 г. манси Степан Чумпин сообщил о богатейшем месторождении магнитного железняка в истоках рек Туры и Салды. В. Н. Татищев посетил это месторождение и дал ему имя Гора Благодать (совр. г. Кушва). Как пишет он в своем "Лексиконе": "Благодать имянована в честь вечнодостойныя памяти государыни императрицы Анны Иоановны в Ея имя". А дело в том, что Анна в переводе с древнееврейского и означает "Благодать"»[5, с. 202].

• Прохождение Сибирского тракта через Кунгур было обусловлено и тем, что в 1723 г. он стал главным уездным городом Пермской провинции [6].

Все это приводит к тому, что и административное значение Верхотурского пути существенно уменьшается. В частности, во время проведения зимней Ирбитской ярмарки (в январе) купцам уже разрешается проезжать через Екатеринбург с обязательным посещением местной таможни для уплаты налогов.

Окончательно Большой Сибирский тракт (Москва — Казань — Екатеринбург — Тюмень — Тобольск) становится основным утвержденным путем в Сибирь в 1763 г.

Следует отметить, что термины «Сибирь», «Сибирский» до XIX столетия имели отличный от современного понимания смысл и подразумевали не только собственно Сибирь, но и территорию Среднего Урала.

Термин «Урал», понимаемый как Каменный Пояс, появился в официальном российском лексиконе благодаря Василию Никитичу Татищеву, а в мировом — благодаря Александру фон Гумбольдту.

«Сибирский период» в истории Урала связан с особенностями территориального деления России XVIII в. По административному делению России 1708 г. территория Среднего Урала была отнесена к громадной Сибирской губернии, которая, в свою очередь, подразделялась на Вятскую, Солькамскую и Тобольскую провинции.

В 1728 г. Солькамская провинция вместе с Вятской были

выведены из Сибирской губернии и включены в состав Казанской губернии. Границей между Казанской и Сибирской губерниями стал Уральский хребет.

Город Оса, считавшийся самостоятельным воеводством на стыке Вятской, Уфимской и Тобольской провинций, с 1737 г. стаовится центром особого уезда.

К востоку от Уральского хребта располагались Березовский, Пелымский, Верхотурский и Екатеринбургский уезды Тобольской провинции. Такое административное деление Среднего Урала в основном сохранилось до 1781 г., когда как самостоятельная административная единица выделилось Пермское наместничество [7].

Таким образом, промышленный центр Тобольской провинции сместился в сторону Екатеринбурга.

Освоение русскими юга Урала начинается с XV в., когда в низовьях Яика появляются беглые холопы, крестьяне и посадские люди. В результате формируется субстрат — яицкие казаки, первоочередной задачей которых становится борьба с потомками татаро-монголов ногайцами.

В конце XVI—начале XVII в. формируется Яицкое казачье войско с не характерной для Руси демократической формой правления — казачьим кругом (советом). Освоение Южного Урала и Зауралья началось с продвижения казаков из устья Урала в его срединную часть и с создания там укрепленных поселений — фортов, главным из которых становится Яицкий городок (1613 г., ныне г. Уральск).

В 1640 г. русский рыбопромышленник Гурий на месте разрушенной казаками ногайской столицы Сарайчика строит город, получивший название Гурьев [8]. Это создает экономические предпосылки для дальнейшего продвижения русских в верховья Урала.

В последующем в местах слияния с Яиком рек Илек, Орь и Сакмара строятся крепость Илек (1683 г.) и две крепости с одним названием — Оренбург (1739 г., ныне г. Орск; 1743 г., ныне г. Оренбург). Они становятся мощными форпостами по отражению набегов кайсаков-киргизов.

15 марта 1744 г. образуется Оренбургская губерния, включающая Исетскую и Уфимскую провинции. В том же году вблизи горы Соляной начинаются разработки соляных копей,

а в 1754 г. ставится еще одна крепость, получившая название Илецкая Защита (ныне г. Соль-Илецк).

Следующий этап закрепления южноуральских территорий за Россией — это создание казачьих поселений вдоль реки Сакмары и верховий Яика, что позволило наладить прочную связь Среднего Урала с Поволжьем и обеспечило стратегические выходы с него в Среднюю Азию.

Приведенные сведения во многом позволяют понять маршруты первых исследователей окружающей среды на Урале и специфический выбор ими здесь мест для своих наблюдений.

Для знакомства с основными географическими названиями Урала завершим главу их перечнем с наиболее популярными толкованиями.

Этимология топонимов и гидронимов дана на основе работ профессора Уральского университета Александра Константиновича Матвеева (Нёройки караулят Урал: Путешествие в Топонимию. Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1976. 216 с.; Географические названия Урала. Свердловск, 1980; Вверх по реке забвения. Свердловск, 1992) и заведующего отделом степного природопользования Института экологии УрО РАН, доктора географических наук Александра Александровича Чибилева (Река Урал: (историко-географические и экологические очерки о бассейне реки Урала). Л., 1987; В глубь степей. Очерки о естествоиспытателях Оренбургского края. Екатеринбург, 1993).

Гидронимы

Реки

Баранча (татар.) — первый (крупный приток р. Тагил от верховьев).

Бузулук (иран.) — бычья (река).

Волга (финно-угор.) — белая (река).

Выя (саам.) — речка.

Двина (сложн. происхожд.) — состоящая из двух (рек Сухоны и Юга).

Елец — лесная поросль.

Елшанка (рус.) — ольховая.

Илек (тюрк.) — степная, ветреная (река).

Ирбит (предположит. тюрк.) — герой, владыка.

Ирикла (татар.) — ольховая (река).

Исеть (происхожд. неизвестно)— версии: рыбная река. (енисей. наречия); протока (манс.).

Кама (финно-угор.) — чистая, прозрачная вода (река).

Кунгур (вероятно, башкиро-татар.) — бурый (по цвету воды).

Кушва (коми-перм.) — пустая вода.

Лозьва (коми-перм.) — синяя, голубая вода.

Лысьва (коми-перм.) — хвойная вода.

Ляля (ханты-манс.) — река врагов.

Ляпин (манс.) — город на ручье.

Нейва — этимология не установлена.

Обь (коми-зырян.) — снежная река.

Пелым (предположит. манс. или доманс.) — студеная река.

Ревда — этимология не установлена.

Сакмара (иран.) — большая овечья (река).

Собь (рус.) — все свое, имущество, пожитки (котомочная река).

Сосьва (коми-перм.) — рукав (ная) вода (из притока).

Сылва (коми-перм.) — талая вода.

Сыгва (совр. р. Ляпин) — город на ручье.

Тавда (предположит. татаро-башк.) — на горе (берущая начало с горы).

Тагил —две версии: горная страна или горная дорога (тюрк.); (местность) с дичью (казах.).

Ташла (башк.) — каменистая (река).

Теча — возможно, название связано с тем, что, начинаясь в оз. Иртяш, *протекает* затем через оз. Кызылташ, истинное происхождение слова скорее всего тюркское.

Тобол — этимология не выяснена.

Тура (татар.) — город (т. е. река с городом, так как в низовьях Туры был расположен важный военно-политический центр западносибирских татар Чинги-Тура, построенный во времена Чингисхана; на его месте в 1586 г. русские поставили г. Тюмень.

Турья (манс.) — озерная река.

Уктус — этимология не выяснена (совр. назв. р. Патрушихи).

Уса — ветвь (Печоры); видимо, от Усва — водяная ветвь.

Чусовая (предположительно Чусва; — удмурт. + коми-перм.) — бойкая вода.

Щугор (коми-перм.) — место выпаса оленей.

Урал — по названию гор (см. ниже).

Утка — этимология не установлена — предположительно от венг. «ут»-путь.

Уфа — этимология не выявлена.

Яик — этимология не выявлена.

Другие гидронимы

Аятское озеро (манс.) — заливной луг.

Аракуль (татар. или башк.), оз. — промежуточное озеро.

Иртяш (татар.), оз. — мужской камень.

Иткуль (башк.-татар.), оз. — мясное (богатое) озеро.

Карачай (татар.), оз. — карасье.

Курья (рус. диалект.) — речной залив.

Кызылташ (татар.), оз. — красный камень.

Таватуй (коми-перм.), оз. — этот водный путь; другая трактовка (татар.) — пир гор (горы собрались к озеру, как гости к столу).

Тургояк (предположит. башк.), оз. — край, где живут.

Тыгиш (предположит. татар.), оз. — обжираловка, возможно, из-за обилия рыбы в прошлом.

Урай — залив.

Населенные пункты

Алапаевск — точное происхождения не установлено; версии: неряха либо здоровый, сильный человек (татар.); заливная пойма с тростниками и кочкарником (сиб.); долина реки (казах.).

Арамиль (тюрк.) — поросший кустарником, слобода возникла в 1675–1676 гг.

Багаряк — версии: от рус. «буерак» — глубокая промоина, овраг либо от домонгол. — песчаный холм); слобода основана в 1689 г.

Белоярская слобода (рус.) — крутой белый (от цвета глины) берег; основана в 1695 г.

Березов — основан русскими казаками в 1593 г.

Березовский — название получил по речке Березовке, правому притоку р. Пышмы. После обнаружения в 1745 г. золота (Ерофей Марков) в 1748 г. возникают Шарташский, а затем (1752) и Березовский рудники; город с 1938 г.

Билимбай (татаро-башк.) — образованный хозяин; чугуноплавильный завод возник в 1730—1734 гг.

Богословск (совр. назв. Карпинск) — первоначально (1759) здесь был основан металлургический Турьинский завод, который позднее по церкви Иоанна Богослова стал именоваться Богословским. В 1941 г. из пос. Богословское и пос. Угольные копи был образован г. Карпинск.

Бродокалмак (старое назв. Калмацкий брод) — село основано в начале XVIII в. в урочище с одноименным названием. Происхождение названия связано с бродом калмыков, переправлявшихся в XVII в. здесь через р. Течу во время набегов с Иртыша и Оби на русские и башкирские поселения.

Великий Устюг — от «устье», так как стоит в месте слияния рек Сухона и Юг.

Верхнеуральск (*-ая крепость*) — основан в 1734 г.; город с 1781 г.

Златоуст — железоделательный и медеплавильный завод построен в 1754 г., позднее от церкви Иоанна Златоуста пошло название города; с 1865 г. уездный.

Ирбит — поселок основан в 1631—1633 гг.; название дано по реке; город с 1775 г.

Камышлов (татар.) — камышовый; слобода основана в 1666—1668 гг.

Касли (предположит. татар.) — чаша; металлургический завод основан в 1746—1747 гг.; город с 1942 г.

Краснотурьинск — до революции 1917 г. Турьинские рудники, после — пос. Турьинский; возник в 1758—1760 гг.; город Краснотурьинск с 1944 г.

Кунашак (татар.) — место ночлега; название связано с тем, что когда-то здесь проходил путь из казахских земель в пермские.

Кунгур — по названию реки; основан в 1648 г.; с 1781 г. уездный город.

Куяш (башкиро-татар.) — солнечный.

Кын (коми-перм.) — мерзлый, промерзший.

Кыштым (татар.) — по проживающему народу «кыштымы» (см. ниже); основан в 1757 г.

Ляпин (манс.) — город на ручье; угорский городок, который находился на р. Ляпине или Сыгве, как называли ее русские; городок был взят русскими в 1499 г. во время похода на Урал Семена Курбского.

Мангазея — исчезнувший город; сгорел и после пожара не восстанавливался. Существовал в 1601—1672 гг.; располагался на правом берегу р. Таз в месте ее впадения в Тазовскую губу; название происходит от имени местного племени ненцев.

Миасс (предположит. тюрк.) — южная сторона горы (одна из версий); завод построен в 1777 г.; город с 1926 г.

Муслюмово (тюрк.) — мусульманское село; упоминается П. С. Палласом, который в августе 1770 г. проезжал через него из Каменска.

Невьянск — от названия реки; чугуноплавильный и железоделательный завод основан в 1699—1701 гг.; город с 1919 г.

Обдорск (Салехард) — (предположит.) город в снежном краю (на крайнем Севере).

Оса (рус.) — оса; старое название Новоникольской (Осинской) слободы; Осой становится в 1737 г.

Пермь (фин.) — дальняя земля.

Полевской — медеплавильный завод основан в 1724 г., город с 1942 г.

Пышма (предположит., но маловероятно — татар.) — спокойная; Пышминская слобода основана в 1646 г.; с 1946 г. — город Верхняя Пышма.

Ревда — железоделательный завод построен и 1731—1734 гг.; город с 1935 г.

Реж — чугуноплавильный и железоделательный завод заложен в 1773 г.; город с 1943 г.

Ростес (*Растёс*) — село, возникшее в XVII в. на Бабиновской дороге (Соликамск—Верхотурье). Согласно толкованию слова в «Словаре русского языка XI—XVII вв.», топоним может означать границу лесных угодий, отмеченную натесами на деревьях [9, с. 227].

Салда (предположит. манс.) — лыко; через салду проходит северо-восточная граница распространения липы (салтйив). В 1760 г. появляется Нижнесалдинский, а в 1778 г. —

Верхнесалдинский металлургический завод. В 1938 г. Нижняя и Верхняя Салда стали городами.

Салехард (ненец.) — город на мысу (так в 1933 г. был переименован Обдорск).

Самарово — село, известно с XVI в. (совр. назв. Ханты-Мансийск); название дано по имени остяцкого (хантского) князя Самара, погибшего во время столкновения с отрядом Ермака.

Саранпауль — от манс. «саранпауль» — зырянская деревня.

Сарапул (чуваш.) — желтая рыба (стерлядь). Сарапул всегда считался рыбным местом, стерлядь из Сарапула поставляли к царскому столу. В письменных источниках упоминается с 1596 г. С XVII в. через Сарапул пролегала дорога в Сибирь. Зимой она шла по Каме к Осе и далее горами.

Сольвычегодск (стар. назв. Усолье) — происходит от названия пос. Соль на р. Вычегде (первоначально столица Строгановых).

Североуральск — чугунолитейный и железоделательный завод построен в 1758—1764 гг.; город с 1944 г. (на базе поселка Петропавловского и Североуральских бокситовых рудников).

Старошайтанский завод — построен Никитой Демидовым в 1727 г. (ныне с. Чусовое Шалинского р-на).

Тагил — чугуноплавильный завод основан в 1725 г.; город с 1917 г.

Тура (татар.) — город.

Тюмень (древнемонгол.) — десять тысяч, т. е. город с десятью тысячами; основан русскими в 1586 г. на месте важного военно-политического центра западносибирских татар Чинги-Тура, построенного во времена Чингисхана.

Челябинск (татаро-башк.) — хозяйский или божественный лес; возник в 1736 г. как небольшая крепость; с 1787 г. — уездный город; в 1934 г. стал областным центром.

Ялуторовск — город с войском.

Горы и вершины

Благодать — гора, а также богатейшее месторождение магнитного железняка. Месторождение открыто в 1735 г. Степаном Чумпиным; позднее, по преданию, он был сожжен на вер-

шине местными вогулами; в 1826 г. на горе Чумпину установлен памятник.

Денежкин Камень — назван по имени манси Андрея Денежкина, который жил в середине XVIII в. в становище по р. Сосьве ниже по течению от этого хребта.

Иремель (предположит. башкир.) — седло героя (видимо, имеется в виду седловина между горами Большой и Малый Иремель).

Карабаш (татаро-башкир.) — черная голова (вершина).

Кызылташ (башкир.) — красный камень.

Манарага (ненец.) — лапа медведя.

Народная (рус.) — название дано в честь советского народа в 1927 г. отрядом Североуральской комплексной экспедиции под руководством А. Н. Алешкова, установившим, что это самая высокая гора на Урале.

Таганай — подставка луны (П. С. Паллас в своем дневнике от 2 июня 1770 г. называет эту гору трехглавой).

Тэлпозиз (коми-перм.) — гнездо ветров.

Уктусские горы — этимология не выяснена.

Уральские горы — этимология точно не установлена. Наиболее укоренившаяся версия — каменный пояс (тюрк.); менее разработанная — крыша горы́ (манс.) и горы (эвенк.).

Шарташ (тюрк.) — (предположит.) желтый либо круглый камень.

Юрма (башкиро-татар.) — «не ходи» + «дремучий лес».

Народности

башкиры (тюрк.) — главный волк (от тотема и культа волка, согласно которому тюркские народы считали волка своим прародителем)

зыряне (фин.) — живущие на краю

кыштымы (татар.) — народы, покорные и платящие дань другому народу

манси — самоназвание от древнего мансийского племени *мось*

остяки — устаревшее название хантов

ханты — название связывают с их месторасположением (р. Конда), которое, в свою очередь, может быть производным от финно-угор. «медведь» или от манс. «войско».

1.2. ПЕРВЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА УРАЛЕ

Из истории известно, что в 1719 г. создается Берг-коллегия, в ведении которой оказываются поисковые геологические и горные работы. Такие работы были невозможны без геодезического картирования местностей. Поэтому Берг-коллегия предписывает развернуть картографическую работу на всех подведомственных ей территориях.

Учитывая недостаток в картографах и геодезистах, Василий Никитич Татищев в январе 1721 г. вызывает из Соликамска в Уктус сведущего в картографировании пленного шведского артиллериста Шульца и поручает ему составить карту земель Уктусского, Алапаевского и Невьянского заводов. В конце декабря того же года Шульц представляет изготовленную им карту. Работа была выполнена успешно, и Татищев поручает Шульцу вместе с прибывшим из Петербурга межевщиком (геодезистом) Игнатием Юдиным составить карту Кунгурского уезда и «окружностей» Соликамска [1, с. 34].

• Юдин Игнатий Никитич (1691 г. р.) — сын офицера Семеновского полка, выпускник Московской инженерной школы. В 1717 г. по личному приказу Петра I был направлен в Персию для инженерных дел вместе с посланником Артемьем Волынским. Через год с небольшим вернулся в Россию с подарком шаха — слоном и лошадьми. Свое путешествие, судя по всему, Юдин совершал и с разведывательными целями. Так, известно, что, следуя через Дербент, он тайно составил его план и, по всей видимости, собирал сведения о маршруте через горы до Терека. Отсюда водой он добирается до Астрахани и затем следует в Петербург. Из Петербурга Юдина направляют на Олонецкие заводы, а в 1721 г. — на Уктус и Сибирские заводы. В 1722 г. он определяет место для строительства Пыскорского завода, а в последующем ему приходится руководить заводами не только на Урале, но и в Нерчинске и даже на Тамге под Якутском. С 1734 г. и в течение 40-х гг. Юдин занимает должность главного межевщика при Горном правлении в Екатеринбурге. В 1735 г. он становится первым надзирателем екатеринбургских школ. Известно также, что позднее он был в Москве, откуда в 1760 г. вернулся в Екатеринбург в чине коллежского советника [2, с. 58].

Первые чертежи Екатеринбурга выполнил лично Василий Никитич Татищев (1686–1750).

В 1721 г. им, в частности, были вычерчены самые ранние по времени составления чертежи Уктусского завода и «завода нового, на Исети намеренного строить» [3].

В период с 1723 по 1734 г. начальником Уральских и Сибирских заводов становится Георг Виллем (Виллим Иванович) де-Геннин, заменивший В. Н. Татищева. С ним из Москвы на Урал приезжают знающие геодезическую съемку его ученики Никифор Клеопин и Константин Гордеев. Им он поручает составить чертежи Екатеринбургского и Верх-Исетского заводов и руководить их строительством.

• Клеопин Никифор Герасимович (1700 г. р.) — выпускник Московской артиллерийской академии. Прибыл на Уктус в декабре 1723 г. в команде генерала де-Геннина для организации инженерных работ при строительстве нового завода и города. В 1727 г. был командирован на три года на Алтай для «заведения» Колывано-Воскресенского завода. Известно также, что осенью 1738 г., уже будучи берг-мейстером (заводским судьей), он занимался раскопками Ермакова городища на речке Серебрянке возле горы Благодать (в это время там была выстроена якорная фабрика), а с 1745 по 1758 г. (с небольшим перерывом) исполнял обязанности главного командира [2; с. 10, 40, 53].

• Гордеев Константин Артемьевич (1700—1741) — выпускник Московской артиллерийской школы. Изначально работал на Олонецких заводах, строил Сестрорецкий оружейный завод. С 1723 г. находился в Екатеринбурге. Много времени проводил в местных командировках. В 1725 г. был назначен де-Генниным управителем Екатеринбургских платных дел (Монетным двором) и оставался на этой должности до конца года. В 30-х гг. участвовал в составлении ряда планов и карт. В 1741 г. умер в темнице Сибирского приказа в Москве, оказавшись там за избиение пьяного заставщика [2; с. 6, 34].

С появлением де-Геннина составлением ландкарт Усольской и Вятской провинций начинает заниматься известный петровский геодезист Федор Молчанов [1, с. 35—37], который еще в 1715 г. был направлен в экспедицию И. Д. Бухгольца по отысканию сухопутного пути в Индию из Сибири и стал пионером сухопутных инструментарных съемок в России.

В 1726 г. он составляет вторую часть предыдущей карты с вотчинами и солеными варницами баронов Строгановых. Обе части без изменений были помещены затем в атласе И. К. Кириллова 1732 г.

В том же году Молчанов составил карту с градусной сеткой Кунгурского уезда в масштабе 1 дюйм = 18 верст. На этой ландкарте была таблица широт и долгот 299 населенных пунктов. Долгота исчислялась от города Соликамска.

В 1726 г. шихтмейстером Михаилом Кутузовым был по-

строен цветной «Чертеж Исецкого верняго пруда, такожде озер Исецкого и Мелкаго и с проходящею ис Исецкого озера рекою Исетью и при ней положенных мест, болот, сухих кряжев и гор с удовольствием леса» (подписан 3 мая) [3].

• Михаил Кутузов — выпускник Адмиралтейской академии. О нем известно, что с 1730 г. он был маркшейдером на Орленских рудниках в Илимском уезде, в 1733 г. занимался освидетельствованием рудных месторождений по берегам Байкала, участвовал в экспедиции Беринга. Во второй половине 30-х гг. работал учителем арифметики и тригонометрии [2, с. 18].

В 1732 г. Костантином Гордеевым составляется карта всего бассейна реки Чусовой, а с 1732 по 1734 г. межевщиком Андреем Татищевым, племянником Василия Никитича Татищева [4], картографируются места под заводы на реке Сысерти и составляются планы на Невьянский, Алапаевский, Пыскорский, Ревдинский, Лялинский, Полевской, Сылвенский, Юговский и Висимский заводы. Кроме того, Андрей Татищев проводит измерение расстояний от этих заводов до Екатеринбурга, а также от Екатеринбурга до Уткинской пристани.

Следует отметить, что измерительными инструментами первых уральских геодезистов были астролябия и «мерительная цепь» для измерения расстояний длиною 30 сажень (1 сажень = 3 аршинам = 2,1 м). Естественно, точность измерений с таким инструментом и сама методика оставляли желать лучшего.

• Географическая широта, например, определялась квадрантом по Солнцу или Полярной звезде. Опорная сеть, полученная из геодезических ходов и астрономических пунктов, являлась каркасом, на который съемщики глазомерно и по опросам местных жителей снимали весь уезд. Каркас этот служил также связью со съемкой смежных уездов. Во время полевых работ геодезисты вели полевой журнал, куда записывали все измеренные линии и румбы. Уездные ландкарты составляли в камеральных условиях. Масштаб таких карт, как правило, составлял 1 дюйм на 100 верст (1:420000).

К первой половине XVIII в. относятся и первые экспедиции по выявлению природных ресурсов и картографированию страны. В их числе экспедиции И. Д. Бухгольца, Д. Г. Мессершмидта, В. Беринга и др.

• Полковник Иван Дмитриевич Бухгольц был начальником (1714 — 1716) военной экспедиции в Среднюю Азию, предпринятой для поисков «песошного золота» [5].

В 1726 г. очень приблизительно широту Верхотурья и Соликамска определил Даниил Готлиб Мессершмидт (1685—1735), который с 1720 по 1727 г. по заданию Петра I собирал сведения о природе, истории, экономике и этнографии Сибири.

• В феврале 1726 г., проехав через Тобольск, Тюмень и Туринск, Даниил Готлиб Мессершмидт закончил свое сибирское путешествие в Верхотурье [6, с. 164]. В Санкт-Петербург он вернулся в марте 1727 г., где и скончался спустя восемь лет. Его обширные дневники впоследствии отчасти были использованы Иоганном Готлибом Георги. В 1782 г. выдержки из них, и в частности хронологический обзор путешествия, были опубликованы в «Nene Nordische Beittrage». Полные же дневники и труды Мессершмидта хранятся в Архиве РАН и ждут еще обработки и изучения.

С началом работы Великой Сибирской экспедиции Витуса Беринга (1733) требования к картографическим работам еще более возрастают.

В 1734 г. В. Н. Татищев, ставший начальником всех горных заводов Урала и Сибири, просит Академию наук прислать различные геодезические инструменты и компасы. Эти инструменты были изготовлены в Академии и были ему отосланы.

Кроме того, из Петербурга и Москвы прибыли два геодезиста, Василий и Иван Шишковы, и шесть учеников из адмиралтейской и артиллерийской школ.

В период с 1734 по 1735 г. присланные геодезисты по распоряжению Татищева составили карты Екатеринбургского, Соликамского, Чердынского, Кунгурского, Туринского и Уфимского уездов.

В августе 1735 г. геодезистом Иваном Шишковым (участником экспедиции Беринга) была составлена «Ландкарта рекам Исети, Течи, Синаре, Миассу, Тоболу и впадающим в них речкам, озерам и прочим местам Тобольского, Екатеринбургского и Уфимского ведомств» [3].

В 1736 г. он же составил чертеж сел и деревень Осинского ведомства.

• Как отмечалось выше, в 1737 г. город Оса стал центром особого уезда и самостоятельным воеводством с подчинением уфимским воеводам. В районе Осы удобная водная часть маршрута в Сибирь через Волгу и Каму прерывалась и начиналась его сухопутная часть. Отсюда ясно, чем была продиктована необходимость определения широты села Сайгат-

ки, расположенного в месте слияния рек Сайгатки и Камы в Осинском районе (Жозеф Никола Делиль, 1740). Ж. Н. Делилем также была определена и широта Сарапула, Усть-Исского (см. гл. 1.3), а также Нового Усолья в Соликамском уезде, резиденции барона Строганова.

Позднее карты уральских геодезистов, объединенные под названием «Атлас Татищева» были переданы Василием Никитичем в Академию наук, и, по всей видимости, их включили в Академический атлас Российской империи 1745 г.

Как следует из Академического атласа России (Ж. Н. Делиль, 1745), к востоку от Уральского хребта располагались Березовский, Пелымский, Верхотурский и Екатеринбургский уезды (см. карту № 12 «Часть Сибири от Соли Камской до Тобольска»). В Атласе также приведены полные координаты (широта и долгота) Соли-Камской, Уфы, Екатеринбурга, Березова, Тобольска, Самаровского яма.

• Полное название Академического атласа России: «Атлас российский, состоящий из 19 специальных карт, представляющих Всероссийскую империю с пограничными землями, сочиненной по правилам географическим и новейшим обсервациям с приложениями при том генеральною картою великия сея Империи, стараниями и трудами Императорской Академии наук».

Указанное выше деление Тобольской провинции сохранялось вплоть до 1781 г.

Во время пребывания экспедиции Беринга в Екатеринбурге геодезисты Андрей Татищев и Игнатий Юдин по поручению академика Гмелина были привлечены к организации первых систематических метеорологических измерений на Урале [см., например: 7; 8]. Как отмечает Н. Корепанов в книге «В раннем Екатеринбурге (1723—1781 гг.)» [2, с. 25], в ведении журналов метеонаблюдений в Екатеринбурге принимал участие и учитель Никита Каркадинов.

Стратегическую концепцию организации метеорологической службы и систематических наблюдений за состоянием земной атмосферы в общем комплексе с астрономическими задачами на основе единообразной научной техники разработал Жозеф Никола Делиль.

Первые системные геодезические измерения по реке Яику от ее верховьев до Яицкого городка (ныне г. Уральск) провел в 1738 г. участник Оренбургской экспедиции Ивана Кирилловича Кириллова астроном и математик Д. Эльтон, а

также геодезисты П. Чичагов, А. Клешнин и М. Пестриков [9].

С приведенными выше именами и следует, по всей видимости, связывать первые попытки формирования уральского естественно-научного форпоста на Урале.

1.3. ФРАНЦУЗСКОЕ НАЧАЛО ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА УРАЛЕ

Естественно-научные изыскания на Урале были предопределены реформаторской деятельностью Петра I. Расширение территорий России настоятельно требовало ясного представления о размерах владений, местоположении населенных пунктов, о природных ресурсах, удобных торговых маршрутах и т. д. Исходя из этого, Петром было решено начать составление первой точной географической карты страны и создано два учебных заведения, в которых готовились соответствующие специалисты, Математико-навигацкая школа в Москве (1701) и Морская академия в Петербурге (1715).

Первые картографические работы были начаты в 1715 г., однако планомерная съемка началась только через пять лет. Оказавшись в 1717 г. во Франции, Петр I посетил знаменитую Парижскую обсерваторию и, высоко оценив деятельность Парижской академии наук, обратился к Гийому Делилю с предложением о картографировании территорий Российской империи. Последний, судя по всему, отказался.

Однако, отражая геополитические интересы Франции, стремящейся узнать торговые и ресурсные возможности России на востоке, Парижская академия наук предложила Петру I послать через Сибирь французскую научную экспедицию.

Небезосновательным поводом для такого предложения была и попытка уяснить диспозицию Евроазиатского и Американского континентов, так как в Канаде Франция имела большие интересы. Предложение Петр I не принял, но пообещал организовать подобную экспедицию своими силами.

Таким образом, именно дипломатическая стратегия Франции определила стартовый вес и вектор естественно-научных изысканий на территории России.

Появление французских естествоиспытателей на Урале неразрывно связано с деятельностью открытой в 1724 г. в Санкт-Петербурге Императорской Академии наук и художеств (указ о ее создании был подписан Петром I 8 февраля 1724 г.) и с организацией Второй Камчатской экспедиции (1732) под руководством капитан-командора Витуса Ионсена (Ивана Ивановича) Беринга. Известно, что, помимо установления факта,

существует или нет перешеек между Азиатским и Северо-Американским континентами, беспрецедентная по масштабам (около 570 человек) экспедиция решала и многие другие задачи. В частности, ей предстояло провести оценку природных ресурсов и установить размеры восточных территорий России. Для чего необходимо было уточнить положение наиболее важных географических пунктов, среди которых оказался и Екатеринбург.

• Полностью маршрут Второй Камчатской экспедиции приведен в доношении Адмиралтейств-коллегии в Сенат о ее деятельности [1]. Косвенно путь экспедиции можно отследить по маршруту Жана Шапп д'Отроша (см. гл. 1.6).

Сложность поставленной задачи обусловливалась тем фактом, что до начала XVIII в. русские геодезисты практически не определяли долгот, а широты измеряли только в европейской части России, причем устаревшими средствами измерений. Естественным решением проблемы было привлечение иностранных ученых. Поэтому Петр I, являвшийся членом Парижской Академии наук и хорошо знавший достижения французских астрономов, для создаваемой Петербургской Академии наук приглашает французских исследователей. Для астрономо-геодезических работ, в частности, был приглашен (1726) молодой и очень деятельный ученый Жозеф Никола (Осип Николаевич) Делиль. В башне на здании Академии наук на набережной Невы Делиль устроил обсерваторию, оборудованную приборами, заказанными еще ранее по приказу Петра. Обсерватория эта считалась по тому времени одной из лучших в Европе. В трех этажах башни помещались астрономо-геодезические приборы: квадранты, секстанты, телескопы-рефлекторы и др.

Приглашение Жозефа Делиля, по всей видимости, было связано как с высоким положением при французском монархе его старшего брата, королевского географа Гийома Делиля (1675 – 1726), известного также в качестве реформатора французской картографии, так и с широтой научных взглядов самого Жозефа. Фундаментальность подходов этого ученого [2; 3; 4], по сути дела, определила векторы астрономо-геодезических исследований в России почти на 150 лет вперед. Так, Делиль предложил Академии наук провести

первую триангуляцию территории страны. Из-за огромных масштабов России эта задача в то время оказалась неразрешимой, и ему пришлось ограничиться измерениями базиса только на льду Финского залива, используя приборы собственной конструкции. Тем не менее в усеченном варианте к задаче картографирования территории России ему удалось приблизиться с началом работы Великой Сибирской эспедиции, материалы которой он обрабатывал в Петербурге. Проведение же необходимых картографических исследований Делиль поручил своему брату Людовику, непосредственному участнику экспедиции, который, по всей видимости, стал первым академическим исследователем, измерившим широты г. Екатеринбурга [5].

• Координаты Екатеринбурга, приведенные в Академическом атласе 1745 г., составляли: 57° 0′ северной широты и 78° 38′ восточной долготы по Парижскому меридиану [6].

Известно, что экспедиция Беринга выдвигалась из Петербурга несколькими отрядами с февраля (по новому стилю — с марта) 1733 г. Сам Беринг выехал несколько позже, 18 апреля по ст. ст. Маршрут экспедиции проходил через Тверь (здесь начиналась водная часть пути), Казань, Осу (отсюда начиналась сухопутная часть маршрута), Кунгур, далее маршруты разделялись по нескольким направлениям и соединялись затем в Тобольске.

Основная часть экспедиции под руководством Алексея Чирикова через Туринск и Тюмень проследовала в Тобольск и там осталась на зимовку. Сам Беринг от Казани поднялся вверх по Каме (до села Оса), а оттуда через Кунгур зимним путем подошел к Екатеринбургу. Поздно вечером 18 ноября 1733 г. в сопровождении небольшой группы он прибыл в город и занялся вопросами оснащения экспедиции. В частности, ему предстояло подготовить 82 подводы для первого отряда и еще 180 для двух следующих, а также обеспечить экспедицию пушками, ядрами, якорями, котлами и т. п. Переговоры с начальником заводов В. Генниным проходили в здании нынешней консерватории (ул. Ленина, 26 а) [7].

• В этой связи интересно отметить, что когда 5 сентября 1741 г. между островами Шумагина и Андреяновскими люди Беринга впервые встретились с американцами-алеутами, Беринг подарил аборигенам железный ко-

тел и несколько иголок [8]. Можно предположить, что это был котел Каменск-Уральского производства.

23 ноября первый отряд во главе с Берингом отбыл по Сибирскому тракту в Тобольск.

Академический отряд выдвинулся из Петербурга значительно позднее: 19 (8 по ст. ст.) августа 1733 г. [9]. Добравшись до Твери, участники экспедиции спускаются водным путем вниз по Волге и оказываются в Казани. Оттуда «в первой половине декабря отряд двумя партиями отправляется на восток на подводах. Их путь лежал через Сарапул, Осу, Кунгур и Екатеринбург в Тобольск» [10, с. 324—326]. Помимо Делиля де ла Кройера, Гмелина, Миллера, геодезиста Красильникова и студента Крашенинникова, в отряде было 12 студентов Греко-латинской академии, среди которых были искусные живописцы и рисовальщики.

Известно также, что для анализа различных минералов и других вспомогательных работ к отряду Академией наук был приписан пробирный мастер Симон Гардеболь, который с 1727 г. находился в Сибири. Согласно С. И. Лаптеву [11, с. 125], помимо указанных геодезистов, к академическому отряду сенатским указом от 5 мая 1733 г. был приписан и Александр Иванов (он умер в экспедиции, вероятно, в последней четверти 1739 г.). 15 декабря 1733 г. сенатским указом в состав академического отряда также был включен Моисей Ушаков, который пробыл в экспедиции до самого ее окончания и, по всей видимости, остался в Сибири в распоряжении Сената.

Любопытно отметить, что при обращении к различным источникам обнаруживается несоответствие в сроках пребывания академической группы в Екатеринбурге, связанное с использованием различных стилей летоисчисления.

Так, судя по историческому очерку Д. Н. Мамина-Сибиряка «Город Екатеринбург», первым из ученых путешественников в 1733 г. в Екатеринбурге побывал Беринг, и «в том же году явились академики Гмелин, Миллер и Делиль. Конечно, они встретили самый радушный прием у Геннина и зажились довольно долго» [12, с. 19].

В «Истории Сибири» (1750) Г. Ф. Миллер отмечает, что, прибыв в Екатеринбург в конце декабря 1733 г., он и де ла Кройер отбыли оттуда в начале января 1734 г.; Гмелин же

остался для осмотра заводов, организации метеорологических наблюдений и посещения Ирбитской ярмарки.

В статье же И. Архиповой и Э. Пензина «Имя Беринга на карте мира» [7] указывается, что в январе 1734 г. в Екатеринбург прибыл второй отряд Камчатской экспедиции, в составе которого были И. Гмелин, Г. Миллер и др.

Но именно эти расхождения дают возможность уточнить время нахождения де ла Кройера и Миллера в Екатеринбурге: это интервал примерно с 1 января по 21 января 1734 г. (21 декабря 1733 г. — 10 января 1734 г. по ст. ст.) [5].

В своих путевых заметках Гмелин описывает довольно подробно тогдашний Екатеринбург: «Город правильно выстроен; дома на немецкий образец. В городе есть деревянная церковь, начали строить каменную. Есть в городе порядочный гостинный двор, с деревянными лавками, но в нем кроме местных товаров ничего нельзя найти. Есть также таможня, состоящая под ведением Тобольского начальства. В ней осматриваются товары, провозимые во время Ирбитской ярмарки. Это время единственное, в которое дозволено проезжать купцам через Екатеринбург (в другое время нужно было проезжать через Верхотурье). Мы проводим время в Екатеринбурге полезно и с удовольствием. Кто хочет познакомиться с горным и заводским делом, тому стоит посетить Екатеринбург» [13].

• Детали быта предстают из другой цитаты Гмелина, приведенной в очерке о Екатеринбурге Маминым-Сибиряком: «Тут я видел, что возможно без побоев удержать людей, против их воли, от пьянства. Именно здесь ни в какое другое время водка не продается, кроме как по воскресеньям после полудня. Но чтобы не дать никакого случая нарушить святость праздника, то позволено давать каждому лишь такое количество вина, от которого нельзя напиться пьяным» [12, с. 19].

Общую панораму Екатеринбурга можно представить по описанию В. А. Весновского: «Город имел следующее расположение: середину занимала крепость, окруженная валом с шестью бастионами и имевшая до 1735 г. фигуру прямоугольника. Две стороны, тянущиеся с севера на юг, имели длины 358 сажень, а другие две стороны, шедшие с востока на запад поперек Исети, по 307 сажень. Ее пределами были: с севера и юга линии почти перпендикулярные Исети; первая из них пересекала Исеть возле дома главного начальника (ныне больница № 2. — *В. Л.*), а вторая у нынешнего моста

по Покровскому проспекту (ныне ул. Малышева. — *В. Л.*). Западная граница шла параллельно Исети по середине теперешнего гостиного двора (теперь площадь 1905 года. — *В. Л.*), а восточная там, где теперь Вознесенский проспект (ныне ул. К. Либкнехта. — *В. Л.*). По середине крепости с запада на восток проходил Большой Сибирский тракт (теперь Главный проспект. — *В. Л.*). Восточная сторона называлась церковной стороною (там стояла церковь великомученицы Екатерины), а западная — торговая, так как здесь находились торговые ряды... В 1734 г. в Екатеринбурге было уже 335 домов... из учреждений: главное управление заводов, лаборатория, госпиталь, школа, казенные торговые ряды, казенная торговая баня и прочее» [13].

Сказанное дополняет цитата из другого источника: «В крепость вели пять ворот: Западные (Красные), Северные (Пороховые), Восточные (Исетские), Полуденные (Мясницкие) и у юго-западного бастиона — Уктусские, от которых шла дорога к одноименному заводу... Валы имели высоту 2,2 м и ширину по верху 1,5 м... За валами был вырыт ров глубиной 1,5 м и шириной по верху более 4 м. В 25 м от рва в землю были врыты деревянные рогатки. В зимнюю пору рогатками же перегораживалась скованная льдом Исеть» [14, с. 15].

Это описание Екатеринбурга и указанные выше координаты города, установленные участниками экспедиции, могут дать информацию о месте проведения здесь первых астрономических определений координат. Правда, без необходимой топографической основы возможны лишь некоторые предположения. Скорее всего координаты определялись в период со 2 по 4 января 1734 г. (с 22 по 24 декабря 1733 г. по ст. ст.), а именно в момент прохождения Земли через перигелий. Если же они определялись по Луне, то в фазу полнолуния. Не исключено, что для исследований использовались и то, и другое астрономическое явление. Сопоставляя данные 1734 г. (1733 г. по ст. ст.) со значениями долгот, измеренными в 1761 г. в Екатеринбурге другим французским астрономом Жаном Шапп д'Отрошем, а также принимая во внимание возможную поправку на прецессию Земли, автор предполагает, что астрономические измерения Людовика Делиля де ла Кройера (если они выполнялись с необходимой тщательностью) были вы-

полнены северо-западнее Красных ворот (нынешняя площадь 1905 года). Более того, численные оценки координат с учетом прецессии за 27 лет указывают на возможное место наблюдения: им могла быть территория Верх-Исетского завода или участок, примыкающий к нему.

Автор не знает, с кем точно, помимо генерала Геннина, встречался в Екатеринбурге Людовик Делиль де ла Кройер, но вполне вероятно, что он мог общаться с бывшими выпускниками Московской артиллерийской академии Никифором Герасимовичем Клеопиным и Константином Артемьевичем Гордеевым (последний в 1732 г. составил карту всего бассейна реки Чусовой); с Михаилом Кутузовым — автором первого плана Екатеринбурга; с главным межевщиком, выпускником Московской инженерной школы Игнатием Никитичем Юдиным, в 1717 г. по личному приказу Петра I с особой миссией побывавшим в Персии; с Андреем Татищевым, составившим планы Невьянского, Алапаевского, Пыскорского, Ревдинского, Полевского, Висимского и других заводов. Очень возможно, что для более широких целей он встречался с екатеринбургскими учителями Кириаком Андреевичем Кондратовичем (автором перевода «Естественной истории» Плиния), с основателем Екатеринбургской механической школы известным уральским механиком Никитой Бахоревым, с берг-пробирером Екатеринбургской рудной лаборатории Алексеем Михайловичем Хрущевым, с 1732 г. собиравшим коллекцию рудных образцов, с камнерезом Христианом Рефом. Не исключено, что при обсуждении проведения естественно-научных исследований в Екатеринбурге он мог видеть учителя арифметики Федора Санникова и учителя Никиту Каркадинова, составившего в 1734 г. план Екатеринбурга.

Измерения долготы, о которых говорилось выше, безусловно, проводились по методике Ж. Н. Делиля с помощью стандартного комплекта, также упомянутого выше. По инструкции, наряду с определением координат Екатеринбурга, из астрономических наблюдений должны были проверяться по Солнцу часы; измеряться склонение и наклонение магнитной иглы; с помощью измерения азимутов и углов выверяться составленные геодезистами карты и планы; дважды в день с помощью телескопа определяться меридианные высоты Сол-

нца, звезд и планет. Можно также предполагать, что предусматривались и наблюдения за качанием маятника (гравиметрические измерения).

Информация о метеорологической части программы, связанной с фундаментальной астрономической проблемой атмосферной рефракции, к счастью, более полная.

Метеонаблюдениями Людовик Делиль де ла Кройер поручил заниматься Иоганну Гмелину. Прилежание последнего привело к должному результату: с января 1734 г. начинаются первые метеорологические измерения в Екатеринбурге. Сам Гмелин проводил их две недели [15, с. 21]. При этом он пользовался термометром со шкалой Делиля (см. гл. 1.4), барометром конструкции Г. Бильфингера, ареометром Д. Бернулли, изготовленными под руководством Ж. Н. Делиля в обсерватории и переданными ему Людовиком Делилем де ла Кройером.

По словам Чупина, первым из Екатеринбурга в Тобольск с геодезистом и двумя студентами уехал Делиль де ла Кройер, так как им нужно было успеть определить координаты Тобольска [16]. На территории нынешней Свердловской области также Г. Ф. Миллер и И. Г. Гмелин побывали также в Верхотурье и Туринске, где ознакомились с местными достопримечательностями и архивами.

• Как отмечает в своей статье «Великая северная на Урале» Д. Владимирский [16], в 1752 г. в Геттингене вышла книга Гмелина «Путешествие в Сибирь». К сожалению, она до сих пор не переведена на русский язык.

После отъезда академической группы из Екатеринбурга обязанность по проведению метеорологических наблюдений была возложена на межевщика Андрея Татищева. Как следует из «Рапорта об обсервациях метеорологических, учиненных здесь в Екатеринбурхе Генваря с 15 числа 1734 года», к самостоятельным наблюдениям он приступил 26 января по н. ст. [17; 18]. «С апреля 1734 года, очевидно, по распоряжению вернувшегося на Урал В. Н. Татищева, производство наблюдений было передано арифметической школе, где им в основном занимались учитель арифметики Федор Санников и учитель Никита Каркадинов. Оба, Санников и Каркадинов, прекрасно владели латинским языком, на котором переписывали копии своих наблюдений для <...> Делиля...» [19]. Наблюде-

ния они вели до 1746 г. [18]. В целях надлежащего осуществления и оформления наблюдений для Академии, видимо в качестве куратора, к метеорологическим проблемам привлекался и надзиратель лесов барон Палеву [15, с. 21].

• Не исключено, что причиной отстранения от наблюдений Андрея Татищева было и состояние его здоровья (известно, что он умер 15 апреля 1737 г.; см. [20]). Информацию о сложных взаимоотношениях с местным руководством Федора Санникова можно найти в Архиве Свердловской области [см., например: 21].

«Из таблиц с записями результатов измерений того времени узнаем, что наблюдения проводились три раза в сутки. Это были наблюдения за состоянием погоды (ясно, облачно, дождь, снег) и сведения о направлении и скорости ветра» [22, с. 12].

Метеорологические наблюдения в Екатеринбурге были прекращены лишь в 1746 г., спустя три года после того, как экспедиция Беринга из-за голода в Сибири прекратила свою деятельность.

Основной причиной ликвидации станций в Сибири (и в Екатеринбурге, в частности), по свидетельству академиков, была трудность в подборе практически неоплачиваемых наблюдателей. Кроме того, было еще одно обстоятельство. Материалы метеорологических наблюдений, поступавшие в Академию наук, принимал Жозеф Никола Делиль [15, с. 21]. Надо полагать, его отъезд из России и стал главной причиной прекращения наблюдений, так как в Академии заниматься этой темой стало некому.

Итак, с достаточным основанием можно утверждать, что первый вектор естественно-научных изысканий на Урале был задан в соответствии с идеями французской научной школы.

О приоритете французской школы свидетельствует и инструментарный арсенал, используемый исследователями того времени. Ввиду принципиальной значимости данного аспекта проблемы рассмотрим его с должной тщательностью.

1.4. ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ НАУЧНОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ И ИНСТРУМЕНТАРНОГО ОСНАЩЕНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В XVIII ВЕКЕ

Основной арсенал научных инструментов, используемых для изучения окружающей среды в XVIII в., включал: термометры, барометры, гигрометры, дождемеры, флюгеры, компасы, цианометры, фотометры, гелиографы, пирометры и др.

Последовательно рассмотрим приоритеты в их создании и использовании, воспроизведя необходимую для предмета исследования информацию из классического труда Александра Христофоровича Хргиана «Очерки развития метеорологии» [1].

Флюгер

К наиболее очевидному и существенному фактору изменения состояния окружающей среды относится ветер. Его направление и скорость всегда были объектами пристального внимания человека, так как они во многом определяли благополучие его существования. Вполне естественно поэтому, что в числе первых приборов, предназначенных для изучения окружающей среды, появились флюгеры.

Известно, что уже древние греки в своих прогнозах погоды называли 12 ветров, различающихся по направлению. Применяемая нами классификация ветров по 12 направлениям была создана сподвижником Карла Великого ученым монахом Алкуином (735—804). Эти факты свидетельствуют о том, что люди располагали инструментами для определения направления ветра. Одним из них был флюгер. В Западную Европу флюгеры попали с Востока, из Анатолии или Сирии. Известно также, что ими издавна пользовались в Китае и Японии, где они выполняли и культовую роль: считалось, что флюгер в виде дракона держит злых духов на отдалении от места его расположения.

С IX в. подобное двойное назначение получают флюгеры и в Европе. В частности, флюгер в форме петуха, установленный на церковном шпиле, означал, что церковь бдительно охраняет души смертных. Первый такой флюгер был установ-

лен в 820 г. епископом Рампертом в Бриксене (г. Тироль). В последующем широкое распространение получили флюгеры в форме флажков, надетых на подвижные оси. Однако вплоть до XIX в. метеорологи мало заботились о научных подходах к форме и конструктивным особенностям флюгеров, так что чей-либо приоритет в их устройстве и точности долгое время никого не интересовал.

Анемометр

Оценка скорости ветра на глаз издавна применялась в метеорологических наблюдениях. Методика качественных измерений скорости ветра состояла в сопоставлении реакции листьев, веток и стволов деревьев на ветер различной силы. В Англии для стандартизации подобных измерений была введена даже четырехбалльная шкала (Локк, 1666). Так, 1 баллу соответствовал слабый ветер, заметный только по движению листьев растений; 4 баллам соответствовала очень сильная буря.

Подобная же четырехбалльная шкала была введена в 1780 г. Мангеймским обществом. Наиболее удачной шкалой качественного определения скорости ветра стала введенная в 1838 г. шкала Бофорта.

• Шкала Бофорта в том виде, в каком она была принята метеорологическими учреждениями всех государств земного шара, в том числе и Главной геофизической обсерваторией в России (г. Санкт-Петербург) [2, с. 29], выглядит следующим образом:

Баллы по Бофорту	Характеристика ветра	Скорость ветра, м/с
0	**Штиль**	**0 — 0,5**
1	Тихий ветер	0,6 — 1,7
2	Мягкий	1,8 — 3,3
3	Слабый	3,4 — 5,2
4	Умеренный	5,3 — 7,4
5	Свежий	7,5 — 9,8
6	Сильный	9,9 — 12,4
7	Крепкий	12,5 — 15,2
8	Очень крепкий	15,3 — 18,2
9	Шторм	18,3 — 21,5
10	Сильный шторм	21,6 — 25,1
11	Жестокий	25,2 — 29,0
12	**Ураган**	**Больше 29**

Первые количественные измерения скорости ветра производились, вероятнее всего, при наблюдении полета пушинок. Например, численные оценки скорости ветра при буре (около 10 м/с) можно найти у Эдма Мариотта (1620–1684).

Простейший специальный прибор для определения скорости ветра в виде пластинки, расположенной на горизонтальной оси, начали использовать участники Лондонского королевского общества в конце XVII – начале XVIII в. Среди многообразия конструкций анемометров, появившихся в этот период, можно выделить акустический анемометр Гука, в котором высота тона менялась в зависимости от скорости ветра, и анемометры с мельничками, в которых вращение ветряной мельнички приводило к подъему привязанного к ней груза. Тем не менее отсутствие надежных способов градуировки всех упомянутых выше приборов и разброс даваемых ими значений вынуждал ученых XVIII в. при определении скорости ветра ограничиваться только качественными методиками. Именно такой подход и был использован при проведении академиком Гмелиным первых научных метеорологических измерений в Екатеринбурге (январь 1734 г.).

Дождемер

Вместе с флюгером дождемер также относится к числу старейших приборов по изучению состояния окружающей среды. Количество осадков в Индии регулярно определяли уже за несколько столетий до нашей эры. Из Талмуда следует, что иудейские священники на основе многолетних наблюдений за выпадением осадков надежно предсказывали будущий урожай. Современный дождемер ведет свое начало от ученика Галлилея Бенедетто Кастелли (1577–1643). Он представляет собой цилиндрический сосуд с круглой воронкой.

Первые систематические дождемерные исследования были выполнены во Франции Пьером Перро, братом знаменитого писателя Шарля Перро. Его наблюдения за количеством осадков длились с октября 1668 г. по январь 1674 г. Средняя годовая сумма осадков составила около 514 мм. С учетом этих данных Эдм Мариотт в своем «Трактате о движении вод» («Traite du mouvement des eaux»), вышедшем в 1886 г., предложил инфильтрационную теорию грунтовых вод. Наи-

более длительные наблюдения за осадками (1688 – 1717) также связаны с Францией, где они были начаты для обеспечения достаточного водного питания версальских водоемов.

Таким образом, к началу первых системных измерений осадков в Екатеринбурге приоритет в области системных дождемерных исследований принадлежал французским ученым.

Термометр

Большое разнообразие термометров в XVII – XVIII вв. было связано с незнанием учеными надежных исходных точек для их градуировки, а также с произвольным выбором термометрических жидкостей. Причем, если постоянство температуры плавления льда было известно уже ученым Флорентийской Академии (первая половина XVII в.), то постоянство точки кипения воды, доказанное Робертом Гуком и Христианом Гюйгенсом в 1665 г., долгое время ускользало из поля зрения исследователей. Поэтому термометры имели одну термометрическую точку и различные шкалы. Например, Роберт Бойль предлагал в качестве постоянной точки отсчета температуру анисового масла (он сомневался в постоянстве температуры плавления льда). Эдмунд Галлей предлагал для градуировки взять температуру глубокого погреба (?) и температуру кипения спирта. Исаак Ньютон для градуировки термометра считал разумным использовать температуру человеческого тела (чтобы избежать зависимости температуры кипения воды от давления воздуха). В 1714 г. Габриель Фаренгейт предложил использовать для градуировки три постоянные термометрические точки: температуру смеси воды, льда и поваренной соли (она соответствует −18°С и считалась в то время наименьшей возможной температурой), температуру воды и льда, принятую им за 32°, и температуру человеческого тела, принятую за 96°. Температурой кипения он не пользовался, и лишь случайно на его термометре интервал между таянием льда и кипением воды оказался равен 180°.

Не более удачной была и попытка Рене Антуана Реомюра обосновать построение действительно научного термометра (1730). Дело в том, что Реомюр выбрал в качестве термометрической жидкости спирт и предположил, что одному градусу его термометра соответствует 0,001 доля расширения его объе-

ма. Однако используемая Реомюром единственная точка отсчета для незапаянного термометра, точка замерзания воды, обесценила его тщательный подход к градуировке, так как для разных термометров давала различные температуры кипения воды. Кем, собственно, был построен ртутный термометр с 80-градусной шкалой, который стали позднее называть термометром Реомюра, к сожалению, достоверно неизвестно, однако скорее всего известная ныне шкала Реомюра была введена в обиход в 1770-х гг. швейцарским ученым Жаном Делюком [1, с. 20].

Исключением в ряду вышеупомянутых термометров был ртутный термометр Жозефа Никола Делиля, созданный им в 1731 – 1733 гг. [3, с. 36] и использовавшийся до 30-х гг. XIX столетия. При создании его шкалы впервые нашла практическое воплощение идея, предложенная в 1694 г. Карло Ренальдини, об использовании двух постоянных термометрических точек: температуры кипения воды и таяния льда [3, с. 36].

• Основные характеристики этого прибора были предложены Ж. Н. Делилем в результате его совместных экспериментов с петербургскими учеными, выполненных в 1727 – 1733 гг., что прямо указывает на их связь с задачами Камчатских экспедиций [4, с. 154]. В последующем Цельсий лишь предложил упростить шкалу Делиля, т. е. вместо 150-градусной ввести 100-градусную [4]. Внешний вид термометров Делиля дан в книге Н. И. Невской «Петербургская астрономическая школа XVIII в.» [4, с. 59].

Температура кипения воды была принята за 0°D (Делиля), а температура таяния льда – за 150°Д. Сопоставление этой шкалы с другими шкалами приведено в таблице [1, с. 336 – 337]:

Таблица

Характеристики термометров XVIII в.

Изобретатель термометра и используемое термометрическое вещество	Термометрические точки		
	Температура смеси льда, воды и поваренной соли	Температура плавления льда	Температура кипения воды
Реомюр, спирт	-13,18	0	–
Фаренгейт, ртуть	0	32	212
Делиль, ртуть	176, 92	150	0
Цельсий, ртуть	117, 95	100	0
Делюк, ртуть	-14, 22	0	80

Таким образом, именно Делилю принадлежит заслуга практического закрепления постоянных термометрических точек в научных исследованиях и организация широкого выпуска соответствующих термометров, получивших его имя.

Следует отметить, что термометры Делиля предназначались в основном для сети метеостанций, создаваемых на пути следования отрядов Второй Камчатской экспедиции. Об этом же свидетельствует и Екатерина II в своей рецензии на сочинение Жана Шапп д'Отроша: «Профессоры второй Камчатской экспедиции оставили в разных местах несколько термометров и поручили жителям производить с ними наблюдения» [3, с. 36].

Прямым подтверждением того, что в Екатеринбурге замеры проводились делилевским термометром, является работа «Полное собрание ученых путешествий по России» (СПб., 1818. Т. 1), в которой термометрические данные экспедиции Беринга представлены в градусах Делиля.

По всей видимости, с этим термометром связано одно из физических открытий этой экспедиции. Известно, что казак Петр Саломатов, назначенный академиками наблюдателем Томской метеорологической станции, в 1734 г. обнаружил замерзание ртути [5].

Следует отметить, что известный естествоиспытатель и путешественник Петр Симон Паллас (1741 – 1811) в своих экспедициях по Уралу и Сибири 1768 – 1774 гг. также пользовался термометром Делиля, а Михаил Васильевич Ломоносов применял в своих исследованиях сконструированный им самим термометр со шкалой обратной делилевской [6, с. 137].

Гигрометр

Явление утяжеления шерсти в сырую погоду было издавна известно пастухам. Однако отсутствие научного понимания, что такое влажность воздуха, долгое время не позволяло использовать названное явление при разработке количественных приборов. Прорыв в этой области был сделан известным геологом и исследователем Альп Орасом Бенедиктом де Соссюром. Он первым установил количественную зависимость между удлинением обезжиренного человеческого волоса и влажностью воздуха и построил на ее основе первый практически пригодный гигрометр (1783). По исследованиям Сос-

сюра, общее удлинение обезжиренного волоса при изменении относительной влажности воздуха от 0 до 100% составляет 2,5% его длины. Дальнейшие исследования Жозефа Луи Гей-Люссака (1778—1850) показали, что для научных количественных исследований необходимо учитывать различия в удлинениях волоса при разной влажности (см. таблицу):

Таблица

Относительная влажность, %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Удлинение волоса, %	0	20,9	38,8	52,8	63,7	72,2	79,2	85,2	90,5	95,4	100

Следует отметить, что заложенные Соссюром и Гей-Люссаком подходы к конструированию и градуировке гигрометров используются до сих пор.

• Для самостоятельного изготовления волосяного гигрометра пучок волос промывают в мыльной, а затем в чистой теплой воде (40—50°С). После этого его опускают на один час в 3%-ный раствор очищенной двууглекислой соды при температуре раствора около 80°С. Вынув пучок волос из раствора, его промывают дистиллированной водой, затем спиртом и снова водой. После этого волосы готовы к использованию в гигрометре.

Другие типы гигрометров: струнные гигрометры итальянца Санторио (1626), французов Мерсенна (1644) и Амонтона (1687), конденсационный весовой гигрометр англичанина Христофора Рена (1632—1723), а также гигрометр с китовым усом швейцарца Жана Делюка (1781) — за исключением последнего, давали скорее качественные, нежели количественные результаты и потому быстро утратили свое значение. Отметим, что гигрометр Делюка использовался Мангеймским обществом при проведении глобальных стандартизированных метеорологических измерений (в том числе и на Пышминском заводе близ Екатеринбурга, когда наблюдения велись полтора года с 1 мая 1790 г. по декабрь 1791 г.).

Как видим, приоритет в области разработки гигрометрических приборов принадлежит тоже французским ученым.

На первой стадии научных исследований окружающей среды на Урале измерения влажности в Екатеринбурге не проводились.

Барометр

Слово «барометр» вошло в западно-европейский научный лексикон в 1662—1663 гг. благодаря Роберу Бойлю, а в российский — благодаря Михаилу Васильевичу Ломоносову. Тот факт, что вода не вытягивается из колодца обычным насосом на высоту более 10,5 м, был известен уже флорентийским колодезникам, которые, собственно, и поставили задачу создания барометра, обратившись к Галилею за разъяснением сути явления. Однако практическим исследованием данного явления занялись его ученики Эванджелиста Торричелли (1608—1647) и Винченцо Вивиани (1622—1703). Ими во Флоренции в 1644 г. и был создан первый ртутный барометр.

В 1646 г. Блез Паскаль (1623—1662) совместно с инженером Пети повторил в Руане опыт Торричелли с водой и вином. Для этого им пришлось на местном стеклодувном заводе прикрепить к мачте 2 стеклянные трубки каждая длиной в 40 футов (12,96 м) и заполнить одну водой, а другую вином. Различие в подъеме воды и вина полностью соответствовало различию в их плотности. Опыт произвел огромное впечатление на его участников.

В 1647 г. Рене Декарт (1596—1650) снабжает барометр бумажной шкалой, разделенной на парижские дюймы и линии (1 парижский дюйм равен 2,71 см; 1 французская линия равна 2, 25 мм).

В 1648 г. Паскаль предположил, что в горах давление воздуха должно быть меньше, чем на равнине. Чтобы подтвердить это, он попросил своего родственника Перье в Клермоне выяснить, понизится ли давление на вершине Пюи-де-Дома (высота 1467 м) или нет. Для этой цели Перье приготовил специально два барометра с бумажными шкалами, сравнил их между собой и 19 сентября 1648 г. провел знаменитый опыт. В Клермоне за барометром наблюдал экспериментатор Шастен, на вершине Пюи-де-Дома — сам Перье. Было установлено, что на горе давление воздуха было заметно меньше (23 дюйма 2 линии, или 627 мм рт. ст.), чем внизу (26 дюймов 3,5 линии, или 712 мм рт. ст.).

В 1676 г. Эдм Мариотт (1620—1684) впервые определил толщину атмосферы и предсказал способ расчета высоты местности по показаниям барометра. Его эксперимент состоял

в следующем. Он сопоставил результаты показаний двух барометров: одного, установленного на башне Парижской обсерватории (43 м), другого — в подвале (на глубине 27 м). Разность показаний барометров составила 7 мм рт. ст. Так было установлено, что при подъеме на каждые 10 м давление в среднем уменьшается на 1 мм рт. ст. Рассуждая далее, Мариотт предположил, что давление с высотой меняется по закону геометрической прогрессии.

Более точные расчеты высоты места по разновысотным показаниям барометра сделал в 1685 г. английский астроном Эдмунд Галлей (1656—1742). Им была выведена логарифмическая зависимость высоты от отношения двух разновысотных показаний барометра: $h = A \cdot \ln [p(h) / p(h_0)]$. Тем не менее эта формула долго не получала признания. В частности, Даниил Бернулли (1738) в России пользовался совершенно иным соотношением [1, с. 41]. Поэтому в русских геодезических исследованиях первой половины XVIII в. она не использовалась. Первым, кто применил данную формулу на практике, по всей видимости, был Пьер Бугер (во время градусного измерения в Перу в 1749 г.).

Таким образом, и в области барометрических исследований приоритеты были заданы французскими учеными.

Фотометр

Фотометры (от греч. photos — свет), или светомеры, — приборы, служащие для определения энергетических характеристик света, таких, как освещенность, сила света, световой поток, яркость и т. д. Позволяя оценивать энергопотребление различных компонентов живой природы, они сыграли значительную роль в уяснении энергетики природных процессов и пределов жизнестойкости различных биологических подсистем.

Впервые найти способ оценки количества света, приходящего на различные широты земной поверхности, удалось в 1725 г. французскому ученому Пьеру Бугеру (1698—1758). В 1729 г. была издана первая работа Бугера по фотометрии, в которой он описал конструкцию фотометра, основанного на способности человеческого глаза с высокой точностью сравнивать освещенность двух поверхностей — исследуемой и эталонной. В качестве эталона был предложен свет свечи.

Тогда же Бугер открыл закон экспоненциального убывания интенсивности света в прозрачных средах, ставший основополагающим для современных фотометрических методов определения химического состава прозрачных сред. К сожалению, эти исследования дошли до широкой научной общественности только после смерти автора, через 30 лет, когда был издан его «Трактат о градации света» («Traite d'Optique sur la gradation de la lumiere»,P.,1760),поэтому академической группой участников Второй экспедиции Беринга они не использовались.

Гелиограф и гелиотермометр

Гелиограф, или гелиометр, простейший прибор для автоматической регистрации продолжительности солнечного сияния в течение дня, был изобретен Пьером Бугером в 1725 г. при его попытках найти способ оценки количества света, приходящего на различные широты земной поверхности.

Конструктивно гелиограф представляет собой стеклянный шар, укрепленный на подставке и действующий как собирающая линза. На расстоянии главного фокуса стеклянного шара помещается сферическая чашка, с внутренней стороны которой в имеющиеся пазы закладываются бумажные ленты с разметкой на часы.

Солнечные лучи, проходя через стеклянный шар, преломляются и собираются в главном фокусе, который должен быть расположен точно на бумажной ленте. Под действием солнечных лучей на ленте получается прожог в том месте, где в данный момент находится главный фокус шара. По мере движения Солнца главный фокус шара перемещается по ленте и дает на ней сплошную линию прожога. В том случае, когда Солнце закрывается облаками, прожог прекращается и линия прожога прерывается.

Бумажная лента разграфлена по часам истинного солнечного времени, поэтому по длине прожога можно определить продолжительность солнечного сияния.

Поскольку высота Солнца над горизонтом в течение года меняется, а прожог должен получаться на ленте всегда, на сферической чашке прибора сделаны три паза, в которые ленты вкладываются в зависимости от сезона: в верхний паз — зимой, в средний — весной и осенью, в нижний — летом.

Гелиотермометр — один из первых приборов для измерения энергии солнечного излучения (радиации) на поверхности Земли. Его создателем является Орас Бенедикт де Соссюр (1740—1799).

• Еще шестнадцатилетним юношей, выполняя опыты с эажигательным стеклом (толстой линзой), Соссюр обнаружил, что на горе Салев, около Женевы, действие стекла наиболее быстрое. Для исследования этого явления впоследствии он и изготовил первый гелиотермометр. Прибор представлял собой деревянную коробочку 32,5 × 24,4 × 24,4 см³ (12 × 9 × 9 куб. дюймов). Внутри она была выложена слоем зачерненной пробки (liege) толщиной в 1 дюйм (2,71 см), имела термометр, а сверху — окошко с тройным стеклом.

Первое наблюдение, сделанное Соссюром 16 июля 1774 г. одновременно на горе Тет-де-Краммон (высота 2737 м) и в Курмайере (высота 1220 м), показало заметное увеличение тепла от солнечных лучей на горе.

Итак, первые количественные исследования солярных характеристик, определяющих условия существования живой природы на Земле, были выполнены снова представителями французской научной школы.

Цианометр

Цианометр (от греч. kyanos — лазурный) — прибор, служащий для определения градаций синего цвета в зависимости от влажности воздуха. Его создателем также является Орас Бенедикт де Соссюр (1790). В своей книге «Путешествия в Альпах» он пишет: «Цвет неба может быть рассматриваем как мера количества непрозрачных паров... Доказано, что небо казалось бы совершенно черным, если бы воздух был абсолютно прозрачен. Но воздух не совершенно прозрачен, его элементы всегда отражают некоторое число лучей света и, особенно, голубых лучей» [7]. Соссюр построил цианометр вначале из 16, а позднее из 51 полосы бумаги, окрашенной берлинской лазурью (bleu de Roi) в различные тона голубого цвета. Так, по цианометрическим данным, 3 августа 1787 г. цвет неба в Женеве соответствовал 7—5 баллам, в Шамуни — 5—6 баллам, а на Монблане — 1—2 баллам, т. е. почти самому темному синему цвету.

В 1815 г. Доминик Франсуа Араго (1786—1853) предло-

жил поляризационный цианометр*, но распространения в научной среде он так и не получил.

Как следует из приведенного обзора, на первой стадии исследования окружающей среды в Екатеринбурге, цианометрические измерения еще не были известны мировой науке.

О непосредственном влиянии французской школы приборостроения на русскую школу свидетельствуют и следующие факты. Известно, что с начала XVIII в. первым специалистом по производству солнечных часов, астролябий и т. п. в России был французский оптический мастер Луи де Шеппер (умер в 1718 г.). Как указывает С. Л. Соболь в своей монографии «История микроскопа и микроскопических исследований в России в восемнадцатом веке», у Луи де Шеппера были русские ученики, среди которых необходимо упомянуть будущего мастера по изготовлению зеркал и зрительным труб Ивана Елисеевича Беляева [8, с. 50]. При создании Петербургской академии наук для должного обеспечения ее работ Петром I замышлялась организация производства и наладки научных приборов. В частности, известен проект Андрея Константиновича Нартова (1724), в котором предлагалось организовать «Академию разных художеств», где изготовлялись бы научные приборы. В ней, в свою очередь, предполагалось открыть 6 классов разной специализации с 24 мастерами и 240 учениками. Однако смерть Петра I не позволила реализовать данный проект. И ученым, приехавшим по приглашению в Санкт-Петербург, пришлось выходить из положения частным образом. Так, Жозеф Никола Делиль приехал из Парижа вместе со своим мастером по астрономическим инструментам Пьером Виньоном [9, с. 28].

С 1726 г. в Академии наук работает упомянутый мастер Иван Елисеевич Беляев, а после его смерти в 1729 г. — его сын Иван Иванович Беляев. Вначале он так же, как и отец, занимался зрительными трубами, а затем, не без участия

---

* Устройство поляризационного цианомера на французском языке описано в книге Александра Гумбольдта «Космос» (М., 1866. Т. 3. с. 114—115). Книга эта есть в Фонде редкой книги библиотеки им. В. Г. Белинского в Екатеринбурге.

Ж. Н. Делиля, освоил и технологию изготовления термометров с двумя постоянными термометрическими точками, так называемых термометров Делиля (см. выше). Однако, как следует из работы В. Л. Ченакала «Иван Иванович Беляев — русский оптик XVIII века» [10] к 1734 г. он еще пребывает в статусе ученика «барометренного и термометренного дела»; первую партию изготовленных им термометров (80 штук), он выпускает в 1735 г.

Таким образом, в период с 1725 по 1735 г. ученые в Петербургской академии наук вынуждены были пользоваться термометрами и барометрами, изготовленными либо за границей, либо приглашенными оттуда мастерами. Причем принципиальные сдвиги в разработке совершенных термометров в Академии наук произошли с приходом в нее Ж. Н. Делиля. С учетом того, что, кроме Ж. Н. Делиля, в означенный период техникой изготовления оригинальных термометров никто не владел, можно утверждать, что термометры, которыми пользовались участники академической группы в Екатеринбурге, были приготовлены самим Жозефом Никола Делилем [3, с. 34].

В заключение хотелось бы отметить, что с Петербургской академией наук связано начало приборостроения в Екатеринбурге. Действительно, в 30-е гг. XVIII в. для промышленного освоения Урала требовалось большое количество геодезических и чертежных инструментов, изготавливаемых в России только в мастерских Санкт-Петербургской Академии наук. Последнее существенно сдерживало темп работ. Так что, столкнувшись с ограниченными возможностями «серийного» выпуска приборов в Академии, Василий Никитич Татищев принимает решение направить туда для обучения «инструментальному художеству» двух уральских учеников — Давыда Степановича Козицына и Терентия Васильевича Кочкина. 4 апреля 1735 г. они прибывают в распоряжение мастера Петра Осиповича Голынина (1719—1746) [8, с. 76] и уже в течение 1736 г., помимо учебных заданий, начинают выполнять работы по изготовлению простых циркулей и рейсфедеров, а с ноября выполняют заказ по изготовлению чертежных инструментов для Камчатской экспедиции, на которую работал Голынин. Судя по всему, наиболее преуспевающим в «инструментальном художестве» оказался Кочкин, Козицын же пре-

успевал больше по «делительному делу», т. е. в изготовлении шкал к различным приборам, в том числе и к зрительным трубам для академической обсерватории.

Как пишет В. Л. Ченакал в своей книге «Русские приборостроители XVIII века», с 1737 г. Козицын и Кочкин начали изготовлять солнечные часы, маркшейдерские компасы и астролябии, являющиеся в то время наиболее сложными из «математических инструментов» [8, 77]. С того же года они начинают выполнять индивидуальные заказы на изготовление инструментов для академических профессоров и адъюнктов. Так, Кочкин в июле 1737 г. изготовил ряд физических приспособлений к экспериментам в физическом кабинете, а Козицын в феврале 1739 г. — стрелки для астрономической обсерватории.

Весной 1739 г. из-за большой потребности в инструментальных мастерах Татищев отзывает Козицына в Екатеринбург [8, с. 77]. Кочкин же еще два года оставался при Академии наук и продолжал работать вместе с Голыниным. За это время он освоил и изготовление пробирных весов, требующих очень высокого мастерства, за что его в Академии наук начали ставить в один ряд с его учителем. Успешно завершив полный курс обучения 27 января 1742 г., Кочкин был предоставлен в распоряжение Берг-коллегии [8, с. 79] а в апреле 1742 г. [11, с. 42] он приступил к работе в Екатеринбурге.

С этого момента весь перечень необходимых для Татищева приборов мог изготовляться на Урале. «Отныне готовальни и астролябии, цулег-компасы и ватерпасы, солнечные часы и мерные цепи...лежали на них. Томилов (президент Берг-коллегии А. Ф. — *В. Л.*) велел произвести Терентия Кочкина в мастера, определить двух учеников и выделить казенные покои» [12, с. 102—104]. Так родилась не внесенная ни в один заводской штат инструментальная фабрика, родоначальница уральского приборостроения. Мастер Кочкин возглавлял ее почти двадцать лет, там же в качестве подмастерья работал Давыд Козицын, а затем и его сын. Судя по указанным датам и цели обучения, их подготовка осуществлялась в приборостроительных мастерских, подведомственных Ж. Н. Делилю.

Известно, что в последующем инструментальная фабрика выполняла важный заказ по изготовлению маркшейдерских инструментов для Олонца (1748—1749). А в 1753 г. мастер Кочкин получает личный заказ на изготовление солнечных часов. В нем указывается: «Сделать солнечные часы на медной доске с гномоном по элевации города Москвы, то есть на 55 градусов 45 минут. Мерою б доска была в 9 дюймов» [11, с. 51]. С 1756 г. на камнерезной фабрике приступили к обделке пьедесталов для часов из красного туринского мрамора. Из этого или горнощитского мрамора по чертежу Ивана Сусорова в мае 1756 г. были изготовлены солнечные часы [11, с. 54] и установлены в оградке перед главным командирским домом — «на выкладенном каменном столбе» (прежде камень крепился на деревянном столбе) [13, с. 10]).

1.5. ЭКСПЕДИЦИЯ ЖОЗЕФА НИКОЛА ДЕЛИЛЯ В БЕРЕЗОВ*

Экспедиция Жозефа Никола Делиля в Березов (ныне поселок городского типа Березово, Ханты-Мансийский национальный округ) в 1740 г. была предпринята из-за стремления провести наблюдения за важным для астрометрических измерений редким явлением — прохождением Меркурия по диску Солнца. По расчетам Ж. Н. Делиля, это явление, невидимое с территории Европы, должно было иметь наибольшую длительность в Обдорске.

Экспедиция началась 28 февраля и завершилась 29 декабря 1740 г. по ст. ст.

Как следует из сказанного ранее, основная ее цель не была прямо связана с целями Великой Сибирской экспедиции В. И. Беринга, в которой участвовал и брат Ж. Н. Делиля Людовик Делиль де ла Кройер. Однако, опасаясь, что облачность может помешать наблюдениям за Меркурием, Жозеф Никола Делиль наметил и задачи, органично дополняющие задачи экспедиции Беринга, а именно:

— астрономическое определение координат наиболее важных пунктов, через которые пролегал ее путь, а также иных геофизических характеристик, в частности магнитных склонений;

— поиск карт и землеописаний в архивах главных маршрутных городов;

— полевую астрономо-геодезическую практику курсантов Петербурской морской академии.

Имея на руках именной указ императрицы Анны Иоанновны, Ж. Н. Делиль выехал из Петербурга 10 марта (28 февраля по ст. ст.) 1740 г.

В экспедиции участвовали:

1. Ж. Н. Делиль — начальник экспедиции.
2. Майор Салтанов — преподаватель Академии по ка-

---

* Описание экспедиции дано по материалам статьи В. Я. Струве «О рукописи астронома Делиля, принесенной в дар Географическому обществу членом оного кн. А. И. Долгоруковым» [1].

федре математики (в экспедиции выполнял роль куратора воспитанников и распорядителя по материальной части).

3. Тобиас Кенигфельс (дт) — рисовальщик, первый помощник Делиля по части наблюдений и вычислений, а также натуралист, этнолог и переводчик при обучении курсантов.

4. Прапорщик Федор Григоров — второй помощник при выполнении астрономических работ (при Академии занимался с 1735 г. и был в числе 6 геодезистов, назначенных Сенатом в Академию).

5. Михаил Гренинг — третий помощник по астрономическим наблюдениям.

6—9. Четыре воспитанника Морской академии.

10. Матис — механик (устроивший, в частности, снаряд для наблюдения магнитных склонений в Березове).

11. Переводчик Палтырев.

12. Слуга Ж. Н. Делиля Шарль.

13. Капрал Императорской гвардии Венедикт Ширчеев (проводник: указывал местные маршруты по Сибири и заказывал лошадей).

14. Конный мастер Алексей Кришов.

15—18. Охрана (капрал Сукачев с тремя солдатами).

О Федоре Григорове и Тобиасе Кенигсфельдте (Кенигсфельсе) следует сказать особо [2]. Они были сотрудниками учрежденного Сенатом 21 июля 1735 г. Географического департамента Академии наук. Первого из них Сенат направил в Географический департамент, когда тот уже был геодезистом, а второго — как студента Академического университета. Известно также, что Федор Григоров появился в департаменте 28 июля и по ходатайству Ж. Н. Делиля получил квартиру, находящуюся вблизи Академии. Судя по всему, это был один из весьма способных геодезистов, присланных Сенатом в Академию, так как Делиль доверял ему самую ответственную работу. Так, 24 октября 1735 г. именно Григоров привлекается к копированию и сведению к одной четырех карт течения Иртыша от Тобольска до Семипалатинска, присланных из Камчатской экспедиции Герардом Миллером, а уже 4 ноября чертит карту Японии по материалам, присланным Ж. Н. Делилю из Лондона. Позднее он привлекается к составлению плана Москвы и к черчению карты Армении и Грузии по

материалам, полученным от грузинского царя Вахтанга VI и его сыновей Бакара и Вахушти Багратиони.

Постоянно сталкиваясь с сенатскими отзывами своих геодезистов для проведения межевых и топографических работ, Ж. Н. Делиль стал подбирать в свой штат сотрудников из числа студентов и преподавателей Академической гимназии и университета. Так в его штате появились Тобиас Кенигсфельд, Христиан Николай фон Винсгейм, а затем и Иоганн (Иван Фомич) Трускот, бессменно работавшие впоследствии в Географическом департаменте много лет.

О Тобиасе Кенигсфельде известно, что в экспедиции он вел путевой журнал, рукопись которого впоследствии оказалась у известного русского путешественника и библиофила князя Александра Ивановича Долгорукого (1794—1868).

• Князь А. И. Долгоруков подарил рукопись журнаа Кенигсфельда Русскому географическому обществу в 1846 г. В ней-то и были обнаружены вычисления Ж. Н. Делиля, а также его переписка, отсутствовавшие в парижском архиве исследователя.

Накануне отъезда в экспедицию Кенигсфельд занимался составлением карты Кахетии.

Григоров и Кенигсфельд не только в совершенстве владели техникой построения карт, но и обладали хорошими практическими навыками астрономо-геодезических работ, а также навыками проектирования и калибровки приборов. Так, 15 апреля 1736 г. вместе с Кенигсфельдом Григоров маркирует термометры Делиля для Камчатской экспедиции, а в марте 1738 г. Кенигфельд выполняет чертежи астрономического квадранта и «другого подобного же инструмента с трубой наверху». Видимо, комплексные знания этих сотрудников и повлияли на решение Делиля взять их собой в Березов.

В ходе экспедиционных исследований использовалось следующее оборудование:

1. Двое настенных часов с отвесным маятником работы Бальтазара и Гальдта.

2. Три квадранта разной величины с пьедесталами.

3. Новый английский инструмент (пассажный снаряд с тремя вертикальными нитями в фокусе, вероятно, работы Грагама (Грэхема) из Лондона, снабженный также нивелиром — пузырьковым уровнем).

4. Ньютоновский телескоп (длиной около 4 футов).
5. Обыкновенная зрительная труба длиной около 15 футов.
6. Несколько малых зрительных труб.
7. Термометры и барометры.
8. Компасы для наблюдений магнитной стрелки.

Перевозка громоздкого и тяжелого инструмента стала возможной благодаря санному способу его транспортировки.

Экспедиция без остановок миновала Москву, Владимир, Муром и 21 (10) марта* прибыла в Нижний Новгород. На следующий день, переехав через Волгу, она направилась в Яранск и далее в Соликамск, куда прибыла 30 (19) марта. Отсюда, взяв направление на юго-восток (до села Ростес) и преодолев Уральский хребет (район Павдинского Камня), экспедиция достигла Верхотурья и далее через Туринск и Тюмень добралась 3 апреля (25 марта) до Тобольска (на 26-й день после выезда из Петербурга).

• Судя по всему, уральская часть маршрута шла по Бабиновской дороге. Эта часть трассы от Соликамска уходила в верховье р. Яйвы и направлялась к устью р. Тулоноки (приток Косьвы). Далее путь пролегал вдоль р. Кырьи (приток Косьвы), через Павдинский Камень, проходил тянулась вдоль р. Ляли до устья р. Рассохиной, а на завершающем этапе шел вдоль р. Мостовой к р. Туре [3].

Отдохнув 3 дня в Тобольске в обществе отца Антония, фельдшера Шахова и 19 солдат-разнорабочих (столяры, плотники, кузнецы), 8 апреля (28 марта) Ж. Н. Делиль двинулся на санях дальше. Общая численность группы составляла 39 человек.

До села Самарова (находится в 15 км от впадения Иртыша в Обь; ныне г. Ханты-Мансийск) они двигались вдоль Иртыша, далее, следуя вдоль Оби 20 (9) апреля достигли Березова (на 41-й день после выезда из Санкт-Петербурга).

• Поселок Березов был основан русскими землепроходцами в XVI в. В XVIII в. стал местом ссылки. С 1727 по 1729 г. в Березове находился в ссылке ближайший сподвижник Петра I Александр Меншиков (1673–1729). С 1782 г. Березов становится центром Тобольского наместничества. В советский период развивался как рыболовецкий поселок. Имеет пристань на реке Сосьве.

---

* Здесь и далее в главе при датировке в скобках указана дата по старому стилю.

Здесь Делиль и решил остаться для проведения наблюдений, так как капрал Ширчеев, шедший в авангарде с целью выявления наилучшего маршрута и достигший устья Оби (170 км выше Обдорска, ныне Салехарда), сообщил о трудностях дальнейшего пути (отсутствие лошадей и приемлемого жилья — встречались лишь юрты и местное население на оленях).

В Березове Делиль устроил временную обсерваторию в 80 шагах к юго-западу от Спасской церкви и сразу же приступил к астрономо-геодезическим измерениям. К сожалению, вести наблюдения за Меркурием оказалось невозможно из-за сплошной облачности в день его прохождения 3 мая (22 апреля). Оставалось только определить широту и долготу места, а также склонение магнитной стрелки. Делиль также планировал дождаться двух участников академической группы Великой Сибирской экспедиции, Г. Миллера и И. Фишера, чтобы передать определенные им координаты для последующего их использования Людовиком Делилем де ла Кройером.

В Березове Делиль пробыл 6 недель. 3 июня (22 мая) экспедиция оставила поселок и, погрузившись на огромную лодку, «дошник» (т. е. осетрина), с помощью 35 казаков-гребцов отправилась обратно в Тобольск, куда прибыла 4 июля (25 июня) после 32 дней плавания. На этом отрезке маршрута Делиль на два дня останавливался при впадении Иртыша в Обь (в Самаровском яме) и на один день — при впадени в Иртыши реки Демьянки (его правый крупный приток), в Демьянске (ныне пос. Демьянское), для астрономического определения широты этих важных географических точек.

В Тобольске экспедиция пробыла целый месяц, до 3 августа (23 июля). В течение этого времени Ж. Н. Делиль знакомился с картами в местном архиве (среди этих карт были, видимо, и карты, присланные участниками экспедиции Беринга), составил их реестр и с некоторых из них заставил Кенигсфельда сделать копии. Астрономическими наблюдениями он не занимался, зная, что Людовик уже определил координаты Тобольска.

Обратный перезд из Тобольска в Соликамск был совершен тем же путем: через Тюмень, Туринск, Верхотурье. Но так как теперь пришлось ехать на колесах (25 экипажей, зап-

ряженных четверками лошадей), то этот переезд был более медленным. Лишь 15 (4) августа при Павдинском Камне экспедиция перебралась через Уральский хребет и направилась в Соликамск. Из Соликамска Делиль двинулся по новому пути — в Новоусолье, в имение барона Строганова, где и оказался 19 (8) августа.

• Новоусолье, или Новое Усолье (после 1918 г. Усолье), расположено на берегу Камы в 343 км к северу от Перми. К 1997 г. в Усолье проживало 6,3 тыс. человек. Город возник в 1606 г. и более трех веков являлся одним из центров солеварения в России. До начала XX в. соляные промыслы принадлежали (с перерывами) Строгановым. До настоящего времени в Усолье сохранились Спасо-Преображенский собор (1724—1731), дом Строгановых и дом Голицыных (в последнем размещен краеведческий музей). С сооружением автомобильного моста через Каму Усолье оказалось связанным с Березниками, на предприятиях которого работает часть его населения

Барона на момент приезда в имении не оказалось, однако, уведомленный заранее, он отдал распоряжение принять Ж. Н. Делиля наилучшим образом. Тронутый оказанным приемом, Ж. Н. Делиль задержался в Новоусолье до 13 (2) сентября. Тогда были астрономически определены координаты места и измерено склонение магнитной стрелки.

Отплыв из имения Строганова на любезно предоставленной большой барке, Делиль отправился в Казань, где оказался 3 октября (22 сентября). По пути были сделаны наблюдения в Сарапуле, Усть-Исском селе и в Свиногоре. 4 декабря (23 ноября), находясь в Москве, Ж. Н. Делиль узнал о кончине своей августейшей покровительницы Анны Иоанновны. Царица любила астрономию и нередко призывала Делиля с инструментом во дворец для «любования чудесами неба» и бесед о науке и астрологии.

В Петербург Ж. Н. Делиль прибыл 9 января 1741 г. (29 декабря 1740 г.).

Следует отметить, что хотя экспедиция в Березов и не решила главной своей задачи, исследования, проведенные в ней Жозефом Никола Делилем, оставили заметный след в истории геофизических исследований России первой половины XVIII в., так как они явились эталоном прецизионных измерений в так называемых астропунктах — реперных точках, к которым позднее стала привязываться триангуляционная система России [2, с. 77—78].

• Известно, что точность этих измерений изумила В. Я. Струве, который, ознакомившись с ними в 1848 г. в Петербурге, с удивлением обнаружил, что долготные измерений Делиля расходились с новейшими результатами долготных измерений Георга Адольфа Эрмана (1828) всего лишь на 3,5 секунды, что в линейных единицах для широты Березова составляло примерно 50 м. В частности, значение долготы Березова, вычисленное Делилем, составляло 4 часа 20 минут 12,5 секунд по отношению к Гринвичу, а значение Эрмана — 4 часа 20 минут 16 секунд. Такая точность была достигнута Делилем благодаря применению оригинального метода определения долгот по наблюдениям Луны, а также благодаря умению использовать и выверять свои инструменты с учетом рефракции в конкретных метеорологических и геофизических условиях.

Дело в том, что в России первой половины XVIII в. было проведено лишь четыре экспедиционных исследования с астрономическим определением долгот, а именно:

— экспедиция на север европейской части России (Архангельск, Кольский полуостров, 1727—1730; Людовик Делиль де ла Кройер);

— Вторая Камчатская экспедиция (1733—1743; Людовик Делиль де ла Кройер, Андрей Дмитриевич Красильников);

— экспедиция в Березов (1740; Ж. Н. Делиль);

— экспедиция в Прибалтику (1750—1751; А. Д. Красильников).

В итоге было выполнено всего лишь 15 полных астрономических измерений географических пунктов и 93 пунктов — по широте. Подавляющая часть этих измерений были выполнены под руководством Ж. Н. Делиля.

На долю братьев Делилей пришлась и основная часть уральских, а также западносибирских прецизионных астрономо-геодезических исследований. Все это позволяет считать их пионерами астрономо-геодезических исследований на Урале. Кроме того, поскольку идеологом комплексных геофизических исследований, явился Жозеф Никола Делиль, а практическим их осуществлением занимался его брат Людовик, братьев можно также считать и организаторами первых геофизических измерений в Екатеринбурге.

1.6. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА. ШАПП Д'ОТРОШ И НАЧАЛО ИССЛЕДОВАНИЙ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА В СИБИРИ

Атмосферное электричество является одним из важнейших абиотических факторов, определяющих экологический комфорт человека. Оно находится в тесной связи с солнечной активностью, так как приток заряженных частиц с Солнца, с одной стороны, поддерживает постоянно существующее атмосферное электричество, а с другой, создает возмущения, которые снимаются в ходе грозовых явлений, сопровождающихся атмоферными разрядами. Таким образом, для адекватного восприятия информации об электрических изменениях локальной среды человеческий организм обязан иметь соответствующий сенсорный аппарат и своего рода «механизм биологической подстройки», срабатывающий при превышении некоего допустимого диапазона геоэлектричества — «электрического кода».

С отдельными проявлениями электричества человечество познакомилось очень давно. Известно, что еще Фалес Милетский (VI в. до н. э.) обнаружил свойства натертого янтаря (по-гречески — электрона или электра) притягивать к себе легкие предметы, например волосы и шерсть. Однако до XVII в. эти знания практически не развивались.

Ставший для нас привычным (классическим) термин «электричество» впервые появился в книге английского ученого Уильяма Гильберта (1544—1603) «О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле», вышедшей в 1600 г. Сконструировав простейший индикатор электричества — верстометр (примитивный аналог электроскопа), он установил способность ряда натертых минералов приобретать свойства, названные им «электрическими». Им же было установлено исчезновение этих свойств у перечисленных предметов после помещения их в пламя [1—4].

В 1733 г. французский естествоиспытатель Шарль Дюфе открывает два вида электричества. Одно из них, возникающее на стекле, горном хрустале, драгоценных камнях, волосах и шерсти, он назвал «стеклянным», а другое, которое появля-

ется на янтаре, шелке и бумаге, — «смоляным». Используя эти познания, Дюфе провел пионерские исследования по электризации тела человека и, обнаружив стекание с него электрических искр, высказал мысль об электрической природе молнии и грома (1735).

Важно отметить, что при выяснении вопроса о том, какие тела электризуются больше, а какие меньше, Дюфе использовал примитивную форму электроскопа в виде изолированно подвешенных шелковых или шерстяных нитей, расходящихся при сообщении им электричества [2, с. 239].

Тем не менее эпохальное событие в развитии исследований электричества произошло только в 1747 г., когда французским аббатом Нолле был изобретен первый электрометр [2]. Известно, что Жан Антуан Нолле (1700—1770) принимал участие в электрических опытах рано умершего Шарля Дюфе (1739) и пришел к мысли использовать величину угла расхождения ниток электроскопа Дюфе для измерения величины заряда. Так как непосредственно прикладывать к нитям угломер нельзя, он предложил фиксировать на шкале тени нитей.

Не менее важным наблюдением Нолле оказалось и замеченное им более быстрое стекание электричества с острия и заостренных тел и предметов, ставшее ключевым для исследований атмосферного электричества.

Ему же принадлежит важнейшая «экологическая» мысль об изучении воздействия электричества на растения и животных [5, с. 199].

• Так, известно, что Нолле выращивал рассаду в металлических горшках и регулярно подносил их к заряженным частям электрической машины, вследствие чего скорость произрастания семян увеличивалась [см., например: 6, с. 16].

Вместе с тем выдающийся русский ученый Александр Леонидович Чижевский [6, с. 16], говоря о приоритете в данном вопросе, ссылался на еще более ранние наблюдения в замке Дуино на Адриатике. Там на одном из бастионов с незапамятных времен было закреплено копье, которое использовалось для погодных наблюдений. Если на острие копья появлялось огненное свечение или проскакивали искры, это означало надвигающуюся непогоду, и часовой, приставленный наблюдать за копьем, звонил в колокол, предупреждая о том

окрестных жителей. Последние знали также, что растительность вокруг копья была несравнимо богаче, чем в некотором отдалении, этот факт был письменно засвидетельствован бенедиктинским монахом Императи еще в 1602 г.

Приоритет в становлении науки об атмосферном электричестве принадлежит Бенджамину Франклину (1706—1790), Гийому Лемонье (1717—1799) и Тома Далибару (1703—1709). Первый разработал основы инструментарных наблюдений для источников природных электрических возмущений, второй — основы натурных наблюдений за электричеством спокойной атмосферы. В частности, Лемонье [2] при помощи изолированного шеста с острием обнаружил электризацию воздуха при ясном небе, а Франклин в июне 1752 г. извлек электричество из облака при помощи высоко поднятого змея.

• Известно, что Франклин запускал воздушных змеев при приближении грозовых туч. К верхнему концу вертикальной планки крестовины змея он прикреплял заостренную проволоку. К концу пеньковой бечевки привязывал ключ и шелковую ленту, которую держал рукой. В письме английскому естествоиспытателю Коллинсону от 19 октября 1752 г. он писал: «Как только грозовая туча окажется над змеем, заостренная проволока станет извлекать из нее электрический огонь, и змей вместе с бечевой наэлектризуется... А когда дождь смочит змея вместе с бечевой, сделав их тем самым способными свободно проводить электрический огонь, Вы увидете, как он обильно стекает с ключа при приближении Вашего пальца» [4, с. 153].

Ему же принадлежит и идея опыта по извлечению электричества из облаков при помощи расположенного на башне высокого железного шеста (1750).

Опыт с шестом, предложенный Франклином, впервые осуществил французский физик и ботаник Тома Далибар, переведший в 1752 г. на французский язык «письма» Франклина.

• Известно, что опыт был проведен 10 марта 1752 г. в Марли [2]. Для этого Далибар использовал заостренный вверху и изолированный внизу (вставленный в стеклянную подставку) стержень высотой 13 м. Во время грозы из проводника было извлечено много искр. Опыт имел потрясающий успех, и Людовик XV, находясь под впечатлением от специально для него повторенного опыта, назначил Далибару 1200 ливров пожизненной пенсии.

Сам Бенджамин Франклин провел опыт с громоотводом в сентябре—октябре 1752 г. (см. статью «Громоотвод» [1]; детали опыта приведены в статье: Опыт Бенджамина Франклина со змеем // «Искра». 1927. № 10. С. 36).

В 1753 г. англичанин Джон Кантон (1718 – 1772) добавляет к двунитному электроскопу Шарля Дюфе бузинные шарики и тем самым создает применяемый до сих пор электроскоп, а Бенджамин Франклин предлагает теорию громоотвода.

В период с 1753 по 1773 г. в Болонье заведующий кафедрой Туринского университета Джованни Батиста Беккариа (Beccaria, 1716 – 1781) создает теорию грозы.

Согласно этой теории, на земле в некоторых местах скапливается избыток электричества, оттуда оно переходит в облака и далее переносится ими в те места, где электричества мало. При грозе избыток заряда передается земле [2].

В 1757 г. Беккариа сделал важные наблюдения по поведению электричества при ясной погоде и показал, что между землей и атмосферой существует разность потенциалов. Атмосферное электричество при нормальных условиях он назвал «электричеством хорошей погоды» [7, с. 544].

Для своих опытов Беккариа использовал металлический стержень, который сначала присоединял на короткое время к земле, а затем соединял с электроскопом. Тотчас же начиналось медленное положительное заряжение стержня почти до постоянного значения. Таким образом электроскоп показывал разность напряжения между острием стержня и землей. Из подобных наблюдений выяснилось, что при нормальных атмосферных условиях атмосфера заряжена положительно по отношению к земле, и при этом тем сильнее, чем выше над землею помещалось острие. Так, при расстоянии между острием и землей около двух метров отклонения указателя электроскопа оказались вдвое больше, чем при расстоянии в один метр.

Беккариа также принадлежит заслуга введения в физический лексикон термина «электрическое сопротивление» [6, с. 27].

Судя по всему, развитию электрических исследований в России содействовало возвращение во Францию в 1747 г. Жозефа Никола Делиля. Еще в 1713 г. он начинает проявлять интерес к солнечным пятнам [9, с. 116] и пытается выяснить, нет ли у них связи с различными земными явлениями [9, с. 64]. Находясь в России, он тщательно собирает свиде-

тельства о количестве полярных сияний, магнитных возмущений, землетрясений, наводнений и засух. Для создания более емкой картины к подобным занятиям Делиль привлекает своих единомышленников в Скандинавии (де Меран) и в Западной Европе (Цельсий) [9, с. 64]. В 1745 г. он предлагает в рамках такого подхода заняться исследованиями по атмосферному электричеству Георгу Рихману, ранее начавшему заниматься у него атмосферными осадками [9, с. 38]. Оказавшись в Париже и непосредственно наблюдая за успехами французских ученых в области атмосферных электрических исследований, Ж. Н. Делиль решает развернуть систему наблюдений за электрическими явлениями в атмосфере по всему миру с использованием для этого новейших достижений. В этот период он активно общается с аббатом Жаном Антуаном Нолле и постоянно держит в курсе его работ своего российского коллегу Георга Вильгельма Рихмана. Естественно, после достижения Рихманом успехов, необходимую информацию от него стал получать и Нолле [9, с. 38].

Первая работа Г. В. Рихмана (1711 — 1753) по электричеству появилась в «Новых комментариях Академии наук» в 1751 г. и стала первой публикацией такого рода в России. В духе того времени он сконструировал «свои» однонитные электроуказатели — прообразы электрометров и с их помощью впервые обнаружил электрическое поле [4, с. 150].

В 1753 г. Г. В. Рихман занялся исследованием атмосферного электричества при разных состояниях погоды [8, с. 544], для чего установил на крыше своего дома железный шест, отвел от него внутрь дома проволоку, конец которой находился в стеклянном сосуде с медными стружками, и с помощью квадранта стал наблюдать отклонения нити, прикрепленной к проводу. Трагический случай прервал исследования Рихмана: 6 августа 1753 г. он был убит молнией во время своего очередного эксперимента.

Для реализации своих многогранных интересов Ж. Н. Делиль привлекает и своих новых учеников во Франции. Одним из них стал аббат Жан Шапп д'Отрош (1722 — 1769) [9, с. 61].

• Жан Шапп д'Отрош — французский астроном, родился в городе Мориаке (Оверни) в 1722 г., умер в североамериканском городе Сан-Люкар

(штат Калифорния) в 1769 г. Сведения о его биографии крайне скудны. Известно, что сначала он посвятил себя религии и отстаиванию положений Экклезиаста, а затем занялся исключительно астрономией и вошел в состав членов Парижской академии наук.

Как и многие ученые-физики в России, Жан Шапп д'Отрош быстро оценил масштаб научного дарования своего учителя. Видимо, под влиянием Ж. Н. Делиля у Шапп д'Отроша складывается интегративный подход к изучению явлений окружающей среды и сам он формируется как ученый с широким охватом естественно-научных проблем. Естественно, ученику Делиля предстояло заняться и «электрическими задачами».

В 1757 г., следуя методикам Нолле, он приступает к натурным исследованиям атмосферного электричества в Битше — гористом местечке, расположенном в округе Саргелина (префектура Метца) вблизи современной границы Франции и Германии [10, с. 710—715]. А в 1761 г., когда Ж. Н. Делиль развернул по всему миру комплексные исследования при прохождении Венеры по диску Солнца [11, с. 16], Шапп д'Отрош по его рекомендации оказывается в Тобольске.

• Одновременные наблюдения за этим явлением с разных точек Земли давали возможность с высокой точностью определить параллакс Солнца.

Поскольку прохождение Венеры по диску Солнца — весьма редкое явление и, по расчетам Ж. Н. Делиля, его максимальная длительность ожидалась в Сибири, поездка Ж. Шапп д'Отроша в Тобольск была крайне важной. Следует отметить, что прохождения Венеры по диску Солнца стали наблюдаться с помощью телескопов с 4 декабря 1639 г. Следующие прохождения наблюдались 5 июня 1761 г. и 3 июня 1769 г., 8 декабря 1874 г. и 6 декабря 1882 г. Ближайшие ожидаемые прохождения Венеры по диску Солнца состоятся 7 июня 2004 г. и 5 июня 2012 г.

Для повторного наблюдения прохождения Венеры по диску Солнца в 1769 г. аббат едет в Калифорнию, где заболевает и умирает. Уже после смерти Жана Шапп д'Отроша, в 1772 г., в Париже выходит его книга: «Voyage en Californie pour l'observation du passage de Venus sur le disque du soleil» («Путешествие в Калифорнию для наблюдения прохождения Венеры по диску Солнца»).

Видимо, хорошо усвоив свой личный опыт при путешествии в Березов (недостаточность одних только астрономических наблюдений), Ж. Н. Делиль решил дополнить астрономическую программу геофизическими исследованиями, и прежде всего электрическими. Постановка такой задачи во многом была связана с попыткой установить взаимосвязь между пятнами на Солнце и электрическими явлениями на

Земле (о некоторой взаимосвязи пятен с северным сиянием у него уже были данные) [9, с. 64; 11, с. 13—14]. В 1760 г. Парижская академия наук одобряет программу исследований в Тобольске и направляет туда Жана Шапп д'Отроша.

Таким образом, на Урале изучение атмосферного электричества начинается с пионерских исследований французского аббата Шапп д'Отроша, во время бума электрических исследований в Европе.

В ноябре 1760 г. он выезжает из Парижа [10, с. 746]. Российский маршрут его путешествия пролегал через Москву — Козьмодемьянск — Кайгород, затем, на уральском участке, через Соликамск — Яйву — Павду — Верхотурье — Туринск — Тюмень [10, с. 372]. Основную часть пути от Москвы до Тобольска Шапп д'Отрош преодолевал в весенний период и в ходе своего передвижения занимался определением высоты мест над уровнем моря и описанием различных промыслов, заводов и горных выработок.

В апреле он достигает Тобольска, где на первом этапе приступает к метеорологическим и астрономо-геодезическим измерениям, а после успешного наблюдения за прохождением Венеры по диску Солнца — к электрическим и магнитным наблюдениям.

К серии своих электрических экспериментов Жан Шапп д'Отрош приступил в Тобольске 11 июня 1761 г. Наблюдаемые им грозы изучались также 12 июня, 2, 9, 10 и 13 июля [10, т. 2, с. 710].

Их суть состояла в определении продолжительности сохранения повышенного электричества в зависимости от расстояния до тучи, а также от степени наэлектризованности воздуха во время гроз у поверхности земли с учетом ожидаемых меньше средних расстояний между тучами и земной поверхностью в Сибири по сравнению с Парижем.

* Попытка провести такие эксперименты в 1757 г. в Битше, вблизи современной границы Франции и Германии (высота 450 м над уровнем моря), находящемся примерно на той же высоте, что и Тобольск, относительно уровня моря), не удалась из-за отсутствия открытого горизонта, что осложняло замеры высоты туч над поверхностью земли.

Измерения проводились в полевой обсерватории по методике Жана Антуана Нолле [10, с. 710—712].

Для оценки величины атмосферного электричества использовалась железная перекладина (une barre de fer), которая подвешивалась к потолку обсерватории на уровне человеческого роста и была связана с изолированным от поверхности земли железным стержнем (мачтой). На перекладине подвешивался электрометр Нолле.

• По художественному рисунку, приведенному в книге Шапп д'Отроша «Путешествие в Сибирь» [10], электрометр Нолле представлял собой нить, обвитую вокруг перекладины так, что ее концы одинаковой длины свешивались симметрично относительно оси, и шкалу, по которой оценивалось их расхождение. Пределы измерения шкалы варьировались от -4 до +4 единиц, шаг составлял одну единицу.

При появлении грозовых туч и во время грозы Жан Шапп д'Отрош не только следил за показаниями электрометра, но и оценивал интенсивность электричества по искрению при приближении стеклянной трубки к перекладине.

Расстояние от места наблюдения до грозовой тучи определялось по разнице между временем вспышки молнии и временем возникновения звука грома. При этом скорость звука принималась равной 173 туазам в секунду (337 м/с).

• Скорость звука в воздухе к тому времени уже была известна. Еще в 1636 г. ее определил французский монах Марен Марсенн. Точные значения скорости звука были получены в 1822 г. Гумбольдтом и Араго.

Угол, образуемый лучом зрения, направленным к месту вспышки молнии, и горизонтом определялся с помощью квадранта. Дополнительно измерялись давление и температура.

По случаю с Рихманом ясно, что подобные опыты были небезопасны: при попадании молнии в незаземленный шест наблюдатели могли погибнуть. Наиболее страшной из наблюдаемых в Тобольске Шапп д'Отрошем гроз была самая первая гроза (11 июня). Во время нее электричество двумя мощными снопами исходило от перекладины с треском, который слышался на достаточно большом расстоянии. Об этом исследователь рассказал так: «Я был занят своими различными делами, когда ужас охватил всех моих помощников, т. к. в 12 часов 48 минут 2 секунды пополудни перекладина и часть обсерватории, где она находилась, вспыхнули на мгновенье и в этот момент последовал удар грома настолько внезапный и страшный, что все мои люди, желая спастись, полетели куба-

рем одни на других. Спустя мгновение это пламя исчезло, и перекладина не давала такого сильного электричества. Я приблизился к ней с кусочком железа, закрепленном на стеклянной трубке, и с моего пальца со стрельбой посыпались маленькие искорки» [12, с. 6].

В ходе наблюдений аббат также определял высоту подъема обратных разрядов молний, т. е. разрядов, исходящих от поверхности земли. Наибольшее поднятие, 522 туаза (1017 м), было зафиксировано им 13 июля. Об опасности, в частности, этого эксперимента свидетельствует еще одна выдержка из его книги: «13-го числа того же месяца молния ударила о землю на расстоянии 689 туазов (1343 м) от моей обсерватории. [Обратный разряд] достиг высоты 522 туаза. Это явление было настолько заметным, что я вскрикнул, когда [следующая] молния ударила совсем рядом возле обсерватории, — все находившиеся вокруг меня тоже были в ужасе» [12, с. 6].

• В целом поставленную задачу Шапп д'Отрош выполнил успешно [13, с. 116]. Вместе с тем, радость аббата от выполненного государственного долга была несколько омрачена «во-первых, его тяжелой болезнью в Тобольске (рвота с кровью)... вследствие чего он... мог добираться до своей походной обсерватории только с посторонней помощью, и, во-вторых, отношением тобольских непросвещенных жителей, которые Шаппа приняли за злого волшебника и все несчастья в Тобольске объясняли его присутствием и таинственными действиями со зрительными трубами на высоком берегу», так как в том году отмечались разрушительное наводнение и долгая высокая вода в Иртыше [там же].

О проведении аналогичных экспериментов в Екатеринбурге ничего не известно. Но поскольку в городе Жан Шапп д'Отрош пробыл 16 дней, с 4 по 20 сентября 1761 г., есть основания предположить, что он мог провести «показательные» наблюдения, хотя для цели визита они были уже излишними. На возможность этого указывает и тот факт, что все прочие измерения из его арсенала (широты и долготы, определение высоты города над уровнем моря, магнитного склонения, температурного режима) были уже выполнены.

Свои астрономические и, надо полагать, все прочие измерения аббат проводил недалеко от дома, где жил доверенный барона Строганова, на время уступивший Шапп д'Отрошу свои аппартаменты [12, с. 6].

В 1781 г. итальянский ученый Алесандро Вольта создает

очень практичный соломенный электрометр, а в 1782 г. — электрический конденсатор, на основе которого в 1787 г. был создан прибор для исследования очень слабых источников электричества. Позднее, в 1799 г., Вольта сконструировал первый источник постоянного электрического тока — Вольтов столб [см.: 3]). Эти приборы сыграли решающую роль в высотных исследованиях атмосферного электричества.

Из других исследований атмосферного электричества на Урале в XVIII в. известны исследования, проводимые на Пышминском заводе в рамках программы Мангеймского общества (май 1790 — декабрь 1791 г.). К сожалению, не известно, какими приборами пользовались исследователи [14, с. 58]. Можно только предполагать, что это были приборы конструкции Вольты. Данный вопрос еще требует своего разрешения.

1.7. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ КАК ВАЖНЕЙШИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР. ФРАНЦУЗСКОЕ НАЧАЛО ИССЛЕДОВАНИЙ ЗЕМНОГО МАГНЕТИЗМА НА УРАЛЕ

Магнитное поле является важнейшим жизнеобеспечивающим и эволюционным фактором на Земле. О его наличии можно судить по ориентации магнитной стрелки, имеющей возможность свободно вращаться вокруг своего центра тяжести.

Магнитное поле Земли очень мало (B = 35 – 65 мкТл) [1, с. 92]. Оно в сотни раз меньше, чем поле между подковами обычного школьного магнита. Однако земное магнитное поле занимает огромный объем, простираясь на десятки тысяч километров от поверхности Земли. А так как энергия магнитного поля пропорциональна объему, то влияние магнитного поля Земли на процессы в окрестностях планеты очень велико. Если бы Земля лишилась магнитного поля, она бы лишилась защиты от заряженных частиц, идущих из космоса и захватываемых этим полем в так называемые магнитные ловушки.

Подавляющая часть космических заряженных частиц (идущих прежде всего от Солнца), сталкиваясь с магнитным полем Земли, либо обтекает его и уходит в мировое пространство, либо захватывается им, образуя целую серию радиационных защитных поясов Земли [подробнее см.: 2, с. 322 – 347]. Внутренний экваториальный пояс с наибольшей плотностью частиц расположен на расстоянии 3 600 км от поверхности планеты. Он опоясывает Землю кольцом от 35° южной широты до 35° северной широты. Внешний пояс, состоящий в основном из электронов, распространяется до широты 65°. Положение в пространстве, объем и плотность частиц в нем сильно меняются, расстояние до поверхности Земли колеблется в пределах 25 – 50 тыс. км. Замечено, что если двигаться от экватора к полюсу, то число падающих на Землю заряженных частиц несколько возрастает (примерно на 10%).

Ионизированный верхний слой атмосферы Земли (от 150 – 1000 км) называют ионосферой, в этой зоне текут мощные электрические токи. Ионосфера в основном состоит из ионов азота, кислорода, водорода и электронов, оторванных при ионизации атомов.

Ионосфера и расположенный ниже слой озона сильно поглощают ультрафиолетовое излучение Солнца, которое, дойдя даже ослабленным до поверхности Земли, могло бы уничтожить на ней жизнь.

Установлено, что ось магнитного поля Земли наклонена к оси вращения планеты примерно на 11°, что приводит к различному положению на Земле географических и магнитных полюсов.

• Идея магнитного диполя Земли принадлежит французскому естествоиспытателю Жану Батисту Био (1774—1826). По всей видимости, она была высказана им в период с 1800 по 1806 гг. [3, с. 280]. Наиболее полно свои представления он излагает в опубликованном в 1816 г. «Трактате по экспериментальной физике и математике» («Traité de physique experimentale et mathematique». T. 3. Livre quatrinme. Chap. 10. P., 1816). Первоначально Ж. Б. Био предположил, что в центре Земли находится магнитный диполь и ось этого диполя не совпадает с осью Земли. Согласно Био, связь между углом наклонения i и магнитной широтой φ в конечном итоге может быть представлена простой формулой: $\operatorname{tg} i = 2\operatorname{tg} \varphi$. В последующем для объяснения реальных значений углов наклонения в Восточной Азии ему пришлось допустить существование второго эксцентрического диполя, а затем и множества других диполей. Все это привело ученого к вопросу, создается ли магнетизм Земли бесконечно малым ядром внутри планеты или же он является результатом действия всех магнитных частиц, рассеянных в Земле [3, с. 280].

Вектор индукции магнитного поля Земли обычно обозначают символом $B_т$, а его проекции — символами B_x, B_y, B_z соответственно. При этом B_x ориентируют на север, B_y — на восток, а B_z — по вертикали вниз. Проекцию вектора B_x на плоскость XY обозначают B_h. Плоскость, определяемая векторами $B_т$ и B_h, называется плоскостью магнитного меридиана.

Угол D между осью X и B_h (угол между географическим и магнитным меридианом) есть магнитное склонение. Тогда как угол J между вектором $B_т$ и горизонтальной плосскостью XY — магнитное наклонение. Углы D, J, а также векторы B_h, B_x, B_y, B_z называются составляющими земного магнетизма.

Достаточной силы магнит-диполь, размещенный в центре Земли, создает на ее поверхности магнитное поле, которое хорошо совпадает с наблюдаемым магнитным полем Земли, если такой магнит повернуть на угол 11,5° относительно оси вращения планеты, а еще более точно — при смещении его на 450 км в сторону Тихого океана.

Точки пересечения поверхности Земного шара с осью упомянутого выше смещенного относительно земного центра магнита-диполя названы геомагнитными полюсами. В Северном полушарии расположен Северный геомагнитный полюс, а в Южном — Южный геомагнитный полюс.

Проекции B_z и B_h индукции магнитного поля Земли можно найти с помощью простых формул:

$$B_z = \frac{\mu \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot R^3} \cdot \sin(a); \qquad B_h = \frac{\mu \cdot P}{4 \cdot \pi \cdot R^3} \cdot \cos(a),$$

где $\mu = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (Гн/м) — магнитная постоянная; $P = 8 \cdot 10^{22}$ (А·м^2) — магнитный момент земного шара; a — геомагнитная широта, отсчитываемая от геомагнитного экватора; R — средний радиус Земли, равный 6 371 032 м. С учетом указанных значений постоянных величин формулы могут быть дополнительно упрощены до вида:

$$B_z = 6{,}5 \cdot 10^{-5} \cdot \sin(a); \qquad B_h = 3{,}5 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(a).$$

Из приведенных двух формул легко найти модуль вектора индукции поля однородного намагничивания земного шара:

$$B_т = (B_z^2 + B_h^2) = \frac{\mu \cdot M}{4 \cdot \pi \cdot R^3} \cdot (1 + 3 \cdot \sin^2(a))^{1/2}.$$

Связь наклонения J рассматриваемого поля с геомагнитной широтой a легко находится из соотношения проекции B_z и B_h:

$$(B_z / B_h) = \operatorname{tg}(J) = 2 \cdot \operatorname{tg}(a).$$

Следует отметить, что приведенные упрощенные формулы выведены в предположении однородно распределенных в земном шаре магнитных пород, создающих поле B_o. При этом считается, что $B_т = B_o$, т. е. не учитывается влияние дополнительных полей, связанных с магнетизмом, например, материковых пород $B_м$, региональных $B_р$ или локальных $B_л$ аномалий. Поэтому в общем случае полная формула для нахождения магнитного поля в данной географической точке имеет вид:

$$B_т = B_o + B_м + B_р + B_л.$$

Именно эта сложная зависимость привела к необходимости составления подробных магнитных карт Земли с обозначением на них линий, очерчивающих зоны с одинаковыми значениями модуля вектора магнитной индукции и его проекций, называемых изодинамами (измеряемых обычно в мкТл).

Основное поле Земли в относительно малых объемах обладает высокой степенью однородности, и изменение его индукции по радиусу Земли и по меридиану (так называемые градиенты) не превышает 0,01 — 0,02 мкТл/км [1, с. 80]. На основное магнитное поле накладываются как мелкомасштабные аномалии, такие, как Курская магнитная аномалия, так и крупномасштабные (мировые) аномалии.

Наиболее крупные мировые магнитные аномалии расположены над территорией Сибири (здесь магнитное поле Земли значительно превышает среднее) и над Южной Америкой и Атлантикой (здесь поле аномально мало). Мировые аномалии оказывают большое влияние на движение заряженных

частиц в земной атмосфере и во многом определяют климатические особенности этих зон. Как правило, аномальное поле составляет 0,1 – 1% от основного [1, с. 82], его же градиенты на два порядка больше [1, с. 83]. Например, при залегании намагниченной породы на глубине 50 м при основном поле в 50 мкТл (что примерно соответствует магнитному полю в Екатеринбурге) градиент может достигать 3 мкТл/км.

Строгое описание палеомагнетизма и его аномалий можно найти в учебнике «Общая геофизика» под редакцией В. А. Магницкого [1, с. 84 – 96]. Здесь же мы ограничимся сведениями из беллетризованных источников.

В настоящее время предполагают, что магнитные полюса Земли могут менять свое положение с 26-тысячелетним циклом из-за прецессии Земли относительно перпендикуляра к плоскости земной орбиты. Интересные сведения были получены с помощью исследования магнитных полей обожженных в различные исторические периоды образцов глины. Это позволило оценить величину и изменение магнитного поля Земли за последние 5 – 6 тысяч лет. Оказалось, что с начала новой эры до наших дней магнитное поле уменьшилось в полтора раза. В период от 4 тысячелетия до н. э. до начала новой эры оно росло.

Исследование еще более древних предметов обнаружило, что в процессе осадконакопления Северный и Южный магнитные полюса менялись местами. Причем, по предварительным оценкам, последнее изменение магнитного поля на обратное могло произойти 500 – 800 тысяч лет назад. По существующей версии, в среднем поле одного знака существует около 500 тысяч лет. При этом возможный сценарий перемены полюсов поля может быть разбит на несколько этапов. На первом этапе происходит резкое и быстрое изменение наклона оси поля, вероятно сопровождающееся его небольшим изменением по величине. На втором этапе качание оси увеличивается, при этом величина поля меняется незначительно. На третьем этапе колебания направления поля приобретают упорядоченный характер, поле резко уменьшается (предположительно, в три раза от его исходного значения). Наконец, на четвертом этапе колебания становятся маленькими и начинают происходить вблизи новой оси поля. Величина поля быстро возрастает и возвращается к норме.

Таким образом, перед сменой ориентации поля его индукция уменьшается в три раза. При этом в три раза увеличивается проникновение заряженных частиц из космоса в атмосферу Земли, что органической жизнью планеты может восприниматься как грандиозная катастрофа. По всей видимости, в эволюции органического мира Земли эпохи перемены магнитных полюсов представляли собой своеобразное сито естественного отбора, сквозь которое проходило все живое на Земле. Не исключено, что это могло стать и одной из причин гибели динозавров.

Влияние современного магнитного поля Земли на живую природу изучалось до сих пор главным образом на птицах и насекомых. В частности, у насекомых было обнаружено собственное магнитное поле, так что их можно представить в виде плоских магнитиков с магнитной осью, ориентированной вдоль оси тела. Было также установлено, что в поле постоянного магнита, в сто раз превышающем по величине естественное магнитное поле Земли, насекомые сначала приходят в крайне возбужденное состояние, а затем располагаются параллельно или перпендикулярно магнитным силовым линиям.

При нарушениях естественного магниного поля Земли дополнительными магнитными полями у пчел происходит нарушение суточного ритма жизнедеятельности, причем ошибка в определении времени приема пищи достигает 10 — 14 часов. Птицы способны реагировать на возбуждаемое радиоантенной магнитное поле, составляющее лишь один процент по отношению к магнитному полю Земли. Некоторые ученые считают, что магнетизм Земли является одним из элементов ориентирования птиц при трансконтинентальных перелетах. Недавно были найдены и бактерии, которые перемещаются лишь в северном направлении. Исследование состава их клеток показало, что в них присутствует до 22 — 25 частиц магнитного железняка величиной около 0,05 микрона.

В последнее время появляются результаты, проливающие свет на механизм непосредственного влияния высотных колебаний магнитного поля на состояние живых организмов. Оказалось, что в верхних слоях атмосферы варьируемая магнитным полем составляющая солнечного излучения вызыва-

ет распад водяных паров на водород и кислород: кислород, как более тяжелый, опускается в нижние слои, где происходит увеличение его процентного содержания. Это, конечно же, отражается на «тонусе» живых организмов.

Таким образом, магнитное поле является важным фактором, влияющим на живую природу. Подробно о различных аспектах возможного многогранного воздействия магнитного поля на биологические объекты можно узнать из книги А. Л. Чижевского «Космический пульс жизни» [4].

Накопление данных о земном магнетизме шло в течение длительного исторического периода одновременно с развитием инструментарных средств его изучения и теоретических представлений о нем. С этих позиций рассмотрим ключевые моменты истории геомагнитных исследований и, в частности, «французскую линию» формирования таких исследований на Урале.

История магнитных исследований начинается с появлением компаса. Компас — один из древнейших измерительных приборов, которыми пользуется человек. Первое упоминание об аналоге современных компасов можно найти в одной из китайских летописей 2 тысячелетия до н. э., в которой рассказывается, что при переходе каравана через пустыню Гоби люди ориентировались в пути с помощью «камня, любящего железо», покоящегося на деревянном поплавке в сосуде с водой. Оказывается, уже тогда в Китае знали о магните, удивительном «особом камне», способном устанавливаться одним концом на север, а другим на юг. За 300—400 лет до н. э. прообраз современного компаса начал активно использоваться в мореплавании китайцами. Установлено, что они уже тогда пользовались румбами и имели представление о склонении. В энциклопедии, составленной китайскими учеными во II в., есть такое определение естественного магнита: «Магнит — это камень, который дает направление железной игле».

Происхождение слова «магнит» связано с городом Магнезия в Малой Азии, откуда камни, способные притягивать железо, попали в Европу (Фалес, ок. 625—ок. 547 гг. до н. э.).

Отметим, что европейцами намагниченная игла начнет использоваться с конца XII в. Первое упоминание об этом сделано в трактате английского монаха Александра Некэма. Он

пишет: «В пасмурные дни или темные ночи, когда не видно небесных светил, моряки намагничивают железную иглу, продевают ее сквозь соломинку, плавающую на воде, и таким образом определяют, где север».

В 1269 г. французский ученый и фортификатор Пьер де Мерикур, по прозвищу Перегрин, написал первый труд по магнетизму. При описании приборов, используемых для магнитных измерений, он упоминает не только плавающий магнит, но и «сухую» намагниченную систему, вращающуюся вместе с вертикальной осью. Примечательной особенностью второго типа компасов было наличие шкалы, имеющей 360 делений, и специальной линейки, служащей для измерения азимутов светил. В начале XIV в. конструкция компаса была значительно усовершенствована Флавио Жиойя (1302 г., г. Амальфи). И хотя имеются сведения, что на самом деле это имя вымышленное, считается, что именно он скрепил магнитную стрелку с бумажным кругом (картушкой) и по краю этого круга нанес градусные деления, а к центру провел лучи, соответствующие 32 направлениям — румбам, для более удобного наблюдения за показаниями прибора при определении направления ветра. На картушку мастер нанес также рисунок, получивший поэтическое название «роза ветров». С тех пор роза ветров стала символом путешественников.

До экспедиции Колумба в Европе существовало расхожее мнение, что магнитная стрелка всегда ориентирована на Полярную звезду. Во время плавания выяснилось, что стрелка может отклоняться от этого направления. Согласно современным представлениям данное явление объясняется несовпадением географического и магнитного полюсов Земли. Угол между географическим меридианом для данной точки местности и фактической ориентацией магнитной стрелки стали называть магнитным склонением. Магнитное склонение не остается постоянным, а меняется от места к месту. Это открытие, сыгравшее исключительную роль в развитии науки о земном магнетизме, едва не стоило Христофору Колумбу жизни. Склонению магнитного поля после экспедиции Колумба стали уделять большое внимание, так как достоверные сведения об этом угле определяли в значительной мере точность навигации кораблей.

Следующая характеристика, связанная с ориентацией магнитной стрелки, — наклонение геомагнитного поля. Открытие этого явления связано с именем Георга Гартмана из Нюрнберга (1544). Однажды он экспериментировал с длинной магнитной стрелкой, укрепленной на шпильке. До намагничивания она располагалась в строго горизонтальной плоскости относительно поверхности земли, но как только ее намагничивали, она тотчас же наклонялась вниз северным концом. Пользуясь современными физическими понятиями, наклонение магнитного поля Земли определяют как угол, на который отклоняется вектор геомагнитной индукции относительно горизонтальной плоскости на различных широтах.

С именем лондонского компасного мастера Нормана связано появление одного из основных приборов для изучения наклонения — стрелочного инклинатора (1576).

Первое измерение магнитного склонения в России было произведено 17 июля 1556 г. вблизи устья реки Печоры английским мореплавателем Стефаном Барроу (1525—1585) [5, с. 10]. Ему же принадлежит первое определение широт ряда прибрежных пунктов Баренцева и Белого морей. В 1580 г. во время экспедиции в Персию через Белое море и Россию Христофор Барроу определяет склонение в Астрахани, на Апшеронском полуострове и в Дербенте.

В 1600 г. английский ученый Уильям Гильберт (1544—1603) в сочинении «О магните, магнитных телах и большом магните — Земле ...» на основе изучения магнитных свойств намагниченного шара с помощью магнитной стрелки пришел к выводу, что они соответствуют магнитным свойствам Земли, т. е. что последняя является большим магнитом. Исходя из этого, он объяснил появление наклона магнитной стрелки [6, с. 84].

В 1634 г. математик Гиллебранд, производя измерения близ Лондона, на месте наблюдений Барроу и Нормана, нашел, что за 54 года склонение изменилось на 7° 9′ [5, с. 11]. Так появляются первые представления о вековых изменениях магнитного склонения. Учитывая это, Английское адмиралтейство в 1698 г. обращается к астроному Эдмунду Галлею (1656—1742) с просьбой произвести измерения магнитного склонения в Атлантическом и Тихом океанах. В 1701 г. им была составлена первая мировая карта магнитного склонения, а в

1701 – 1702 гг. он развил идею о том, что магнитное поле земного шара может быть смоделирован двумя магнитами, наклоненными под некоторым углом друг к другу [3, с. 279]. В 1722 г. английским мастером астрономических инструментов Джорджем Грэхемом (1674 – 1751) было открыто для Европы явление суточного хода магнитного склонения [5, с. 11].

Линии с одинаковыми значениями магнитного склонения на поверхности Земли были названы изогонами, а линии магнитного наклонения — изоклинами.

Первые измерения магнитного склонения в Екатеринбурге были выполнены французским астрономом Жаном Шапп д'Отрошем 15 сентября 1761 г., во время его пребывании в городе при возвращении из Тобольска [6; с. 8], где, как уже говорилось, он проводил наблюдения за прохождением Венеры по диску Солнца 5 июня (26 мая) 1761 г. (в Екатеринбург он прибыл в час ночи 4 сентября 1761 г.). Измерения оказались удачными, о чем свидетельствует книга Шапп д'Отроша «Путешествие по Сибири» («Voyage en Siberia, Fait par Ordre do Roi en 1761») [7], опубликованная в Париже в 1768 г. Значение склонения, определенного им, составило 0° 50′ к востоку от направления на географический полюс.

• Эти данные позднее приводит в своей работе «Магнитные наблюдения в Свердловске» Герман Федорович Абельс, сетуя на то, что измерения магнитного склонения Екатеринбурга проводились исследователями в разных точках города [5, с. 97 – 136].

Ознакомившись с книгой Ж. Шапп д'Отроша, мы нашли два значения долготы Екатеринбурга, указанные им: первое — 78°40′, определенное в полдень 9 сентября 1761 г., и второе — 78°40′45″, найденное в полдень 15 сентября при измерении величины магнитного склонения. С учетом эффективного радиуса Земли в 6371 км и широты города можно определить, что одной секунде долготы соответствует расстояние не более 17,8 м. Значит, расстояние между первой и второй точками измерения составляло примерно 800 м. С учетом расстояния между Западным и Восточным бастионами в 307 саженей (655 м) по первоначальному плану города можно предположить, что измерения проводились соответственно у Западных (Красных) ворот, находящихся рядом с Гостиным двором, и у Восточных, вдоль линии Большого Сибирского тракта [8].

Существование магнитного экватора впервые опытным путем установил в 1799 г. знаменитый немецкий натуралист Александр Гумбольдт.

Измерение магнитного поля Земли показало, что оно от-

носится к слабым магнитным полям и его индукция, Вт, изменяется в зависимости от широты в пределах от 24 мкТл у берегов Южной Америки до 69 мкТл у Южного магнитного полюса.

Горизонтальная составляющая B_h этого поля достигает у южной оконечности Азии 32 мкТл и уменьшается сравнительно монотонно к магнитным полюсам, где она становится равной нулю.

Вертикальная составляющая B_z рассматриваемого поля растет от 0 на магнитном экваторе до наибольшей по абсолютной величине (порядка 70 мкТл) на Южном магнитном полюсе. Склонение D изменяется от -180° до +180°, а наклонение J от Южного магнитного полюса до Северного — в пределах от -90° до +90°.

Северный магнитный полюс был открыт уже в следующем веке (1 июня 1831 г.) английским капитаном Джеймсом Кларком Россом [3, с. 315] в районе Канадского Арктического архипелага на расстоянии около 1000 км от Северного географического полюса (в точке с географическими координатами 70° 5′ северной широты и 263° 14′ восточной долготы). Через 10 лет экспедиция Джеймса Росса достигла района Южного магнитного полюса, расположенного вблизи побережья Антарктиды приблизительно в 800 км от Южного географического полюса. Его координаты составляли 75°5′ южной широты и 154°8′ восточной долготы [3, с. 315].

1.8. ОТКРЫТИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОЗДУХА И ВОДЫ. ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИРОДНЫХ ВОД УРАЛА: ВКЛАД ПЕТРА СИМОНА ПАЛЛАСА И ИОГАННА ГОТЛИБА ГЕОРГИ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОЗДУХА И ВОДЫ

Известно, что первые важные шаги в области химических исследований принадлежат Роберту Бойлю (1627 – 1691), который в 1661 г. ввел в химию понятие химического элемента [1, с. 1555]. Однако классические представления о воздухе и его химическом составе были сформированы благодаря работам знаменитого французского химика Антуана-Лорана Лавуазье (1743 – 1794). В частности, в 1777 г. он выполнил первые исследования компонентного состава воздуха [1, с. 1556].

Рассмотрим последовательно историю открытия главных химических компонентов, из которых состоит воздух и вода.

Химические компоненты воздуха

Азот

Открытие азота приписывают Даниэлю Резерфорду, который в 1772 г. в своей диссертации описал свойства газа, составляющего ту часть воздуха, которая не поддерживает дыхания и горения (в используемой им терминологии — «метифический воздух», что в переводе с греческого языка значит испорченный) [2, с. 97].

Независимо друг от друга и примерно в то же время этот газ также обнаруживают Карл Шееле, Джозеф Пристли и Генри Кавендиш [2, с. 98].

Однако ясность в то, что же было открыто, удалось внести только Антуану-Лорану Лавуазье, который доказал, что полученный газ является химическим элементом, и назвал его азотом (от греч. отрицания «а»- и «зоэ» — жизнь, т. е. «безжизненный») [2, с. 98].

В 1780 г. Джозеф Пристли устанавливает, что объем воздуха, заключенного в сосуде, перевернутом над водой, уменьшается при пропускании через него электрической искры. При этом вода приобретает свойства слабой кислоты [2, с. 105].

Так впервые был зафиксирован процесс, который, как выяснилось много позже, является природным способом связывания азота и играет важную роль в экологических проблемах [3, с. 102—114].

• Действительно [4, с. 44], в атмосфере Земли за год наблюдается три с лишним миллиарда молний. При мощности отдельных разрядов в 200 млн кВт локальный разогрев воздуха может достигать 20 000°С, что приводит к распаду молекул азота на атомы, которые, в свою очередь, могут образовывать непрочные соединения — окись азота:

$$N_2 + O_2 = 2 \cdot NO.$$

Благодаря быстрому охлаждению, окись азота не распадается, а доокисляется в атмосферном воздухе до более стабильной двуокиси азота:

$$2 \cdot NO + O_2 = 2 \cdot NO_2.$$

При наличии в воздухе атмосферной влаги и капель дождя двуокись азота окончательно превращается в азотную кислоту:

$$3 \cdot NO_2 + H_2O = 2 \cdot HNO^3 + NO.$$

В другой реакции при взаимодействии двуокиси азота с атмосферной влагой происходит одновременное образование азотистой и азотной кислот:

$$2 \cdot MO_2 + H_2O = HNO_2 + HNO_3.$$

Эти кислоты могут выпадать на поверхность Земли в виде дождя, внося таким естественным путем азот в почву в форме нитрат- и нитрит-анионов.

Кислород

Впервые выделил кислород голландский алхимик и изобретатель подводной лодки Корнелиус-Якобсон Дреббель (1572—1633) [2, с. 114]. Этого он добился нагреванием нитрата калия [5, 184]:

$$2 \cdot KNO_3 = 2 \cdot KNO_2 + O_2.$$

В ходе экспериментов он также установил, что в обнаруженном им газе тлеющий уголь вспыхивает, а человек спокойно дышит. Это открытие было использовано Дреббелем в 1615 г., когда он построил первое подводное судно. Наполнив его кислородом, Дреббель проводит свою знаменитую демонстрацию — на три часа опускает на дно Темзы подводную лодку, в которой находятся двенадцать человек. Предполагают, что в подводном судне находился король Англии — Джеймс I [5].

В 1772 г. шведский химик Карл-Вильгельм Шееле выделил кислород, используя реакцию диоксида марганца с серной кислотой:

$$2 \cdot MnO_2 + 2 \cdot H_2SO_4 = 2 \cdot MnSO_4 + H_2O + O_2.$$

Полученный газ он назвал «огненным воздухом».

В 1774 г. английский священник Джозеф Пристли независимо от других исследователей открывает кислород, нагревая оксид ртути:

$$2 \cdot HgO = 2 \cdot Hg + O_2.$$

Наконец, в том же году Антуан-Лоран Лавуазье независимо проводит тот же опыт и убеждается в том, что выделяющийся газ не является диоксидом углерода, который тогда называли «связанным воздухом», а представляет собой «чрезвычайно чистый воздух». Позднее он приходит к выводу, что обнаруженный газ является химическим элементом и называет его кислородом (oxigen) [5, с. 184–185].

Важно отметить, что в отличие от Пристли, считавшего воздух однородным веществом, Лавуазье полагал, что воздух является смесью газов, по крайней мере двух: кислорода и углекислого газа (в современной терминологии).

Озон

Упоминание о характерном запахе свежего послегрозового воздуха встречается во многих древних источниках. В частности, его можно найти в «Иллиаде» Гомера. Тем не менее выяснить природу этого явления удалось лишь в середине XIX в.

Как вещество озон O_3 был открыт лишь в 1840 г. работавшим в Швейцарии немецким химиком Кристианом Фридрихом Шенбейном (1799–1868) [6, с. 6]. Свое название он получил за специфический «хлорный» запах (в переводе с греческого ozon означает пахнущий).

В дальнейшем было установлено, что озон является видоизменением кислорода, а его молекулы состоят из трех атомов. Вместе с тем выяснилось, что образование озона происходит под действием ультрафиолетовых лучей.

• По современным представлениям [7, с. 143—144], этот процесс начинается с разложения молекул кислорода в дневные часы под действием ультрафиолетового излучения Солнца с длинами волн короче 175 нм:

$$O_2 + hv \rightarrow O + O.$$

Максимальная диссоциация атомов кислорода происходит на высоте 80—100 км. На более низких высотах атомарный кислород образуется при грозах в областях сильного разогрева воздуха под влиянием грозовых разрядов. Далее срабатывает так называемый радикально-цепной механизм:

$$O_2 \rightarrow 2O;\ N_2 + O \rightarrow NO;\ O_2 + N \rightarrow NO + O.$$

Затем атомы кислорода взаимодействуют с молекулярным кислородом и образуют озон:

$$O + O_2 = O_3.$$

Образование озона интенсивнее всего происходит в стратосферных слоях атмосферы, менее интенсивно, но в достаточной мере оно идет и на больших высотах. В результате образуется так называемая озоносфера, расположенная на высоте от 10 до 50 км с максимумом концентрации на высоте 20—35 км. Озоновый слой предохраняет живые организмы на Земле от вредного влияния коротковолновой радиации (менее 242 нм) Солнца, однако представляет собой довольно хрупкую оболочку, так как является весьма динамичным образованием.

Можно отметить также, что при нормальном давлении и температуре оболочку из чистого озона можно было бы сосредоточить в слое толщиной около 3 мм, соответствующем 300 так называемым единицам Добсона (1Д.Е.= = 2,14 мкг/м^3) [6, с. 10], тогда как при тех же условиях толщина оболочки из кислорода составила бы километры.

Наличие озона и атомарного кислорода в атмосфере Земли на высотах 80—100 км является одной из причин ее ночного свечения. На таких высотах из-за малой плотности воздуха становятся возможными следующие реакции:

$$H + O_3 \rightarrow OH + O_2 + 3{,}4эВ;\ O + ON \rightarrow NO_2 + 3{,}1эВ.$$

(Вот почему этот слой часто называют химической лабораторией атмосферы.) Наличие же оптимального соотношения между плотностью воздуха и интенсивностью ультрафиолетового излучения Солнца на этих высотах обеспечивает максимальную яркость свечения: 87% общего свечения при этом обеспечивает первая реакция и 10% — вторая.

На высотах 250—300 км, где находится максимум концентрации электронов и ионов в ионосфере, подобные реакции происходят с участием положительно заряженных ионов кислорода, окиси азота и других ионов.

При вторжении в атмосферу Земли мощных корпускулярных потоков протонов и электронов от Солнца на высотах от 80—100 км до 400 км возникают *полярные сияния.*

Во время полярных сияний на высотах, где происходит свечение, интенсивность протонного потока достигает более 300 млн частиц, а электронного потока — до 1 млрд частиц, проходящих через поперечное сечение в

1 см² за 1 секунду при энергии, соответственно, протонов в несколько сотен электронВольт, а электронов — до 20—30 тыс. эВ.

Эти потоки, помимо свечения, вызывают деформации магнитного поля Земли, так что на дневной стороне планеты магнитные силовые линии сгущаются, а на ночной — вытягиваются на миллионы километров и магнитосфера Земли становится похожей на комету с длинным хвостом.

Таким образом, полярные сияния всегда сопровождаются магнитными бурями и нарушением верхних ионизированных слоев атмосферы-магнитосферы.

В 1874 г. Моффа (Moffat) [8, с. 574] показал, что в годы усиления активности Солнца количество озона в атмосфере значительно больше, чем в годы ее падения, так как под действием окиси азота с его участием образуется двуокись азота:

$$NO + O_3 = NO_2 + O_2,$$

которая, в свою очередь, может взаимодействовать с атомарным кислородом и тем самым предотвращает его реакцию с молекулярным кислородом для регенерации озона.

С другой стороны, этому же способствует и двуокись азота, которая также вступает в реакцию с атомарным кислородом:

$$NO_2 + O = NO + O_2,$$

что выводит его из цикла образования озона.

Таким образом, оксиды азота выполняют функцию катализаторов в процессах разложения озона.

Водород и углекислый газ

Первые известные опыты, в ходе которых было обнаружено новое химическое вещество («горючий пар», или флогистон) — *водород*, относятся к 1745 г. и принадлежат Михаилу Васильевичу Ломоносову [5, с. 42].

Новый газ им был обнаружен при действии кислот на железо и другие металлы:

$$Fe + 2{\cdot}HCl + FeCl_2 + H_2.$$

Причем Ломоносов так и не понял, что водород («флогистон») входит в состав кислот, и был уверен, что он выделяется из металлов.

Спустя 21 год в реакции железа с серной кислотой получает водород и Генри Кавендиш:

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2.$$

Однако получение водорода в значительных количествах таким способом оказалось очень дорогим. Поэтому позднее французским военным инженером Жаном Менье (1754—1793) совместно с Лавуазье был предложен более эффективный способ получения водорода в больших (промышленных) количеств [5, с. 44]. Он заключался в пропускании водяного пара через раскаленный орудийный ствол:

$$3 \cdot Fe + 4 \cdot H_2O = 4H + (FeFe_2)O_4.$$

В дальнейшем стали использовать прохождение водяного пара через раскаленные железные опилки в специальных печах. В частности, такую установку в России, не зная работ французских химиков, создал в 1803 г. замечательный русский химик Яков Дмитриевич Захаров (1765—1805). Свою установку он использовал для наполнения водородом воздушного шара.

Наряду с открытием водорода, в 1766 г. Генри Кавендиш получает в чистом виде и углекислый газ. Ему также принадлежит приоритет измерения плотности этого газа [2, с. 13].

Инертные газы в атмосферном воздухе (аргон, гелий, неон, криптон)

Впервые на наличис в атмосферном воздухе неизвестного газа, на долю которого приходится сто двадцатая часть объема воздуха, было указано еще Генри Кавендишем (1785). Однако что это за газ, ему выяснить не удалось, и его опыты оставались без внимания более века. Лишь в 1892 г. лорду Релею (Джону Уильяму Стратту) удается обнаружить ту же примесь, а спустя два года совместно с Уильямом Рамзаем он устанавливает, что эта примесь представляет собой новое крайне химически инертное вещество. 13 августа 1894 г. оно получает название «аргон» (греч. «недеятельное») [2, с. 248].

19 августа 1868 г. французским ученым Пьер Жюлем Сезаром Жансеном (1824—1907) при астроспектроскопических наблюдениях в Индии в спектре Солнца были обнаружены линии неизвестного элемента. Эти линии обнаруживает 20 октября того же года и английский ученый Джозеф Норман Локьер (1836—1920). Их письма об открытии нового эле-

мента пришли в Париж в один и тот же день и были зачитаны 26 октября 1868 г. с интервалом в несколько минут в Парижской академии наук [2, с. 29]. Так был обнаружен гелий.

Спустя 13 лет итальянский ученый Пальмиери, исследуя вулканические породы, обнаруживает гелий и на Земле. Вторичное его обнаружение состоялось в 1895 г. в исследованиях Рамзая. Среднее его содержание в воздухе составляет 0,00052%.

В 1898 г. методом спектрального анализа Рамзай обнаруживает в воздухе присутствие еще одного газа, названного неоном (греч. «новый») [2, с. 153]. Наибольшая его объемная концентрация в атмосфере составляет 0, 00182% [2, с. 156].

В том же году Рамзай обнаруживает в спектре тяжелых фракций жидкого воздуха газ, получивший название «криптон» (греч. «скрытный») [2, 460], концентрация которого оказалась по весу равной 0,0004%. Тогда же совместно с Морисом Уильямом Траверсом он обнаруживает ксенон (греч. «чужой»), концентрация которого оказалась еще меньше (0,00008 л на 1 м^3 воздуха). В масштабах геологических эпох содержание этих газов в атмосфере очень медленно нарастает.

Своим происхождением инертные газы обязаны вероятнее всего радиоактивному распаду ныне существующих и некогда существовавших на Земле трансурановых элементов. Некоторые из инертных газов являются продуктами распада урана и тория.

Вероятнее всего вариации наименьших концентраций изотопов этих элементов являются ключами биоконтролирующего и защитного механизмов живых организмов.

В завершение обзора по определению компонентного состава воздуха следует отметить исследования Гей-Люссака и Гумбольдта. В 1798 г. они проводят наблюдения за изменением компонентного состава воздуха в зависимости от высоты места и погодных условий и довольно точно определяют в нем состав кислорода, азота и углекислого газа. Таким образом, можно считать, что приоритетные количественные исследования компонентного состава воздуха в природных условиях были выполнены этими учеными [9].

Не исключено, что количественный состав природного воз-

духа мог изучаться Александром фон Гумбольдтом и его спутниками во время их пребывания на Урале (1829). Однако в основные задачи экспедиции это не входило, поэтому данное предположение нуждается в доказательстве.

Сведения о наиболее ранних из известных автору уральских анализов воздуха датированы 1913 г. [10].

Химические компоненты воды

В 1781 г. Кавендиш устанавливает, что водород при горении на воздухе превращается в чистую воду [5, с. 45]:

$$2 \cdot H_2 + O_2 = 2 \cdot H_2O.$$

Годом позже (1782) знаменитый изобретатель Джеймс Уатт показал, что вода состоит из водорода («горючего воздуха») и кислорода («чрезвычайно чистого воздуха»). Тогда же опыты Кавендиша были проверены Лавуазье, который подтвердил, что «вода не есть вовсе простое тело... она может быть разложена и вновь соединена [5, с. 46].

Окончательным моментом в установлении компонентного состава воды принято считать 1789 г., когда Кавендиш устанавливает точный состав воды и воздуха [2, с. 13].

Таким образом, фундаментальные открытия в области химической природы воды и воздуха были сделаны к началу 90-х гг. XVIII в. К этому же времени были проведены и первые исследования их естественного состава.

В 1803 г. Джон Дальтон сформулировал закон кратных отношений (вещества реагируют между собой в весовых отношениях, кратных их химическим эквивалентам) и составил первую в истории химической науки таблицу атомных весов элементов, которые оказались приблизительно кратными наименьшему из известных атомных весов — атомному весу водорода.

В 1805 г. Гей-Люссак и Гумбольдт, занимаясь исследованиями компонентного состава воздуха, экспериментально показали, что вода образуется из водорода и кислорода в соответствии с формулой [11, с. 5]:

$$2 \cdot H_2 + O_2 = 2 \cdot H_2O.$$

Наконец, в 1842 г. французский химик Жан Батист Дюма (1800—1884) устанавливает весовое отношение водорода и кис-

лорода в воде как 2:16 [12, с. 12]. Успехи в дальнейшем раскрытии состава воды были достигнуты уже в XX в.

Биологические аспекты влияния компонентного состава воздуха, в частности углекислого газа, на животных и растения были достаточно серьезно исследованы Джозефом Пристли (1733 – 1804). Он установил, что животные в «испорченном воздухе» (так он называл углекислый газ) погибают, тогда как растения нет, и на основании этого открыл способность растений поглощать углекислый газ и выделять кислород.

• Известно, что Пристли экспериментировал с горшочными цветами, помещаемыми под стеклянный колпак [5, с. 347 – 348]. Размещая рядом с цветочным горшком под колпаком зажженную свечу, он «портил» воздух, так что свеча вскоре гасла из-за превращения кислорода в диоксид углерода:

$$C + O_2 = CO_2.$$

Затем он переносил колпак с цветком и потухшей свечой на окно и оставлял до следующего дня. Утром он видел, что цветок, не только не увядал, но зачастую давал новые бутоны.

История исследований природной воды. Первые исследования свойств уральских вод

Известно, что качество воды определяется ее органолептическими показателями (прозрачностью, цветностью, вкусом и запахом), а также ее химическим составом (минерализацией и органическими включениями).

Одним из важных критериев в оценке качеств воды издавна считается ее кислотность.

Определение кислотности воды стало возможно благодаря открытию во второй половине XVII в. выдающимся английским ученым Робертом Бойлем (1627 – 1691) необыкновенных свойств водного настоя лакмусового лишайника [5, с. 344].

Своему открытию он был обязан случаю. Как-то склянка, в которой Бойль хранил вышеупомянутый настой, потребовалась ему для соляной кислоты (HCl). Вылив настой, он залил в склянку соляную кислоту и с удивлением обнаружил, что кислота стала красной. Еще большее удивление вызвало то, что после добавления нескольких капель настоя лишайника в водный раствор гидроксида натрия (NaOH) тот становился синим. Так был открыт первый кислотно-основный хими-

ческий индикатор, названный лакмусом. Несколько позже Бойль, а затем и другие исследователи стали пользоваться высушенными бумажками, предварительно пропитанными настоем лакмусового лишайника. Лакмусовые бумажки становились синими в щелочной и красными в кислой среде.

• Из сказанного следует, что Робертом Бойлем лакмус использовался как индикатор, т. е. как качественный определитель кислотности или щелочности воды. Количественная же оценка кислотности стала возможна только в 1909 г., после введения в научный обиход датским химиком Сьереном Сьеренсеном (1868—1939) водородного показателя pH [1, с. 1559].

Первые качественные измерения кислотности воды на Урале вероятнее всего могли быть выполнены уже Иоганном Георгом Гмелиным в 1734 г. Это предположение основано на том, что по приезде в Россию он был назначен академиком по классу химии в Академии наук и вполне мог использовать такой удобный индикатор, как лакмусовые бумажки, для экспрессного анализа воды в своих путешествиях.

Предположительно водами, кислотно-щелочные свойства которых мог оценивать Гмелин на Урале, были воды источников Кунгурской пещеры. Основанием для такой версии служит обследование им этой пещеры и сделанные ученым соответствующие предписания по химической части.

Вне сомнения, Гмелин определял органолептические показатели уральских вод. Вполне вероятно, что весовым (выпаривание с последующим взвешиванием сухого остатка) или ареометрическим способом им могла оцениваться их минерализация или соленость.

Более определенно можно утверждать, что химические свойства, в частности соленость, уральских вод определялись Петром Симоном Палласом (1741—1811) и Иваном Ивановичем Лепехиным (1740—1802) во время их экспедиции, организованной Петербургской академией наук в 1768—1774 гг. Это вполне соответствовало долгосрочной программе развертывания академических экспедиций и смещению приоритета в них от географических и геодезических исследований к детальному изучению природных и минеральных богатств, в чем нетрудно убедиться при беглом обзоре российских академических экспедиций XVIII в.

Так, первая академическая экспедиция в Архангельск и на

Кольский полуостров была организована в 1727—1730 гг. Возглавил ее экстраординарный профессор Академии Людовик Делиль де ла Кройер. Ее задачи были преимущественно геодезические.

Такие же преимущественно задачи имели Первая (1725—1730) и Вторая (1733—1743) Камчатские экспедиции, а также Оренбургская экспедиция И. К. Кириллова (1735—1737). Затем последовали ботанические экспедиции в Поволжье, на Дон и Украину, астрономические экспедиции Иосифа Делиля в Березов (1740), А. Н. Гришова на остров Эзель (1752—1757), широкомасштабные астрономические экспедиции 1761 г. по наблюдению прохождения Венеры перед диском Солнца.

В ходе этих экспедиций был накоплен также обширный естественно-научный материал по потенциальным природным богатствам России. Далее для хозяйственного освоения природных и минеральных богатств страны требовалось более детальное исследование.

К выполнению такой задачи был привлечен талантливый берлинский зоолог Петр Симон Паллас, приглашенный в Россию в 1766 г. Екатериной II.

• П. С. Паллас родился в 1741 г. в семье профессора хирургии Берлинской медицинской академии. Первоначальное образование получил дома, а с тринадцати лет начал посещать лекции Берлинской медико-хирургической академии. В 1760 г. отправляется продолжать образование сначала в Галле, затем в Геттинген и, наконец, в Голландию, в Лейден, где защищает диссертацию под названием «О врагах, живущих в теле животных».

В 1767 г. Паллас приезжает в Россию, а в 1768 г. Петербургская академия наук направляет его в экспедицию по изучению природных ресурсов России и он становится руководителем одного из ее отрядов на Урале.

Двумя другими отрядами этой экспедиции, также работавшими на Урале, руководили Иван Иванович Лепехин и Иоганн Петер Фальк. С учетом целей данного исследования важно подчеркнуть, что последний был приглашен в Академию из Швеции по рекомендации знаменитого Карла Линнея. Спутником Фалька по экспедиции был Иоганн Готлиб Георги.

• К сожалению события, на фоне которых проходили экспедиционные академические исследования начала 70-х гг. XVIII в. в России, были край-

не неблагоприятными. В стране полыхало Пугачевское сосстание. Астроном Г. М. Ловиц, участвовавший в наблюдениях за прохождением Венеры по диску Солнца в 1769 г. вместе с П. Б. Иноходцевым, а затем занимавшийся астрономо-геодезическими измерениями в Поволжье, летом 1774 г. попал в Дмитриевске в руки к пугачевцам и был заколот рогатиной. Адъюнкт Иноходцев, находившийся рядом, успел скрыться.

Трагически сложилась и судьба племянника И. Г. Гмелина Самуэля Готлиба Гмелина (1745—1774), путешествовавшего в 1772—1774 гг. вдоль берегов Каспия. В феврале 1774 г. он был захвачен в плен около Дербента местным ханом и, не перенеся потрясений и условий плена, умер спустя полгода 27 (16) июля 1774 г. в Ахметкенте.

Видимо, российские «впечатления» отразились и на здоровье И. П. Фалька, который в припадке болезни застрелился в 1774 г. в Казани.

В июне 1769 г. Петр Симон Паллас приступает к изучению природы Оренбургской губернии. Среди прочих он описывает Елшанскую, Бузулукскую, Тоцкую, Сорочинскую, Новосергиевскую и другие крепости Самарской линии. Проследовав затем через Татищевскую (прототип пушкинской Белогорской крепости) и Чернореченскую крепости, 12 (1) июля 1769 г. ученый прибывает в Оренбург.

15 (4) июля 1769 г. Паллас оказывается в Илецкой Защите (ныне г. Соль-Илецк), где занимается описанием солевого рудника и делает его план-карту. Уникальность свойств горько-соленой воды в Илецкой Защите за несколько лет до него уже была отмечена Петром Ивановичем Рычковым. Он писал: «...купающийся в ней человек подлинно далее плеч в ней не грузнет, поддержавши ноги можно на ней сидеть, не касаясь дна...». 1 августа (21 июля) П. С. Паллас снова оказался в Оренбурге и, посетив его, направился вниз по правобережью реки Урала, отмечая выходы мела у села Чесноковка, а также описывая окрестности крепостей Нижнеозерной, Рассыпной и Илецкого городка (ныне г. Илецк).

• П. И. Рычков по причине преклонного возраста участия в этой экспедиции П. С. Палласа уже не принимал, однако направил в нее своего сына — Николая Петровича Рычкова [12].

В 1770 г. отряд Палласа изучает природу Среднего и Южного Урала (от Оренбурга до Денежкиного Камня, район нынешнего г. Североуральска). В ходе своих исследований Паллас открывает месторождение железных руд на горе Качканар. Аспекты научной деятельности Петра Симона Палласа на Урале были точно охарактеризованы Онисимом Егорови-

чем Клером. Он писал: «С полгода провел Паллас в Челябинском, Шадринском и Троицком уездах, занимаясь преимущественно исследованием тамошних озер; определил химический состав вод и влияние его на жизнь рыб...» [13]. (Упоминания об этом можно найти в книге самого П. С. Палласа «Путешествия по различным провинциям Российского государства» (т. 1–3; СПб., 1773–1788), а также в его труде «Флора России» (т. 1–2; СПб., 1784–1788). Большей частью он интересуется соленостью вод, используя для этого ареометрические измерения. Наличие соленых озер и солончаков на Урале Паллас связывал с усыханием некогда существовавшего здесь древнего моря.

Таким образом, П. С. Палласу принадлежат идея существования на Урале древнего моря и приоритетные исследования по выявлению здесь влияния химического состава воды в водоемах на видовой состав их водной флоры и фауны.

• О возможностях (скорости) перемещения в то время, а также о маршруте экспедиции из Екатеринбурга в Тобольск Паллас пишет в своей книге «Физическое путешествие по разным провинциям Российской империи, бывшее в 1770 г.». В частности, он сообщает, что в Тобольске прожил с 20 до 28 декабря (1770), после чего отправился до Тюмени, 29 декабря переночевал в Тюмени, а 30-го выехал в Екатеринбург в сопровождении доктора Лепехина. Далее он пишет: «Здесь можно ехать очень скоро, находя везде ямщиков и лошадей в готовности. По этой дороге станции: Мальдова (прогон – 35 верст), Демина (40 верст), Камышловская (44 версты), Новопышминская слобода (30 верст), Камышловская слобода (36 верст), Черная корова (32 версты), Грязнуха (30 верст), Косулина (40 верст), от которой до Екатеринбурга 23 версты.

В Екатеринбург мы приехали 1 января (1771 года. – *В. Л.*) и, не мешкая, я в тот же вечер выехал через Арамильскую слободу на Челябинск».

Из приведенного описания следует, что от Тобольска до Тюмени Паллас следовал не более двух дней, а из Тюмени до Екатеринбурга (310 верст) – не более трех дней, т. е. даже при самом наибольшем времени нахождения в пути в указанных рамках дистанция, покрываемая за сутки, составляла не менее ста верст.

В общей сложности в экспедиции П. С. Паллас пробыл до 1774 г. Материалы своих путешествий представил в книгах «Путешествия по различным провинциям Российского государства» (т. 1–3, 1773–1788) и во «Флоре России» (т. 1–2, 1784–1788).

В контексте данного исследования надо подчеркнуть, что

при определении солености воды в водоемах Паллас пользовался весовым и ареометрическим методом, а при измерениях температуры — термометром Делиля (см. выше). О деталях весового способа определения солености П. С. Палласом и И. И. Лепехиным исчерпывающую информацию можно найти в работе профессора А. И. Дзенс-Литовского «История геологического изучения минеральных озер СССР» [14, с. 59–65].

Согласно этому источнику, Лепехин измерял плотность рапы Эльтона (насыщенного соляного раствора) простым взвешиванием в дорожном котелке: «Сосудец, — пишет он, — который с отварною волжскою водою весил 1,5 унции (44,79 г), 1,5 скрупул (1,866 г), Ельтонскою рапою наполненный, потянул 1,5 унц 2 драхмы (3,732 г) и 2 скрупула»... Он же для определения сухого остатка выварил в дорожном котелке 15 фунтов (речь идет об аптекарских фунтах, 1 фунт = 0,37324177 кг) озерной воды и получил сухой соли 2 унца, 1 драхму и 15 гран». Судя по этому описанию, в современных единицах измерения из 5,6 кг эльтонской воды Лепехин получил 64 г сухой соли.

Тем не менее первые попытки классификации природных вод были предприняты только в 1798 г. — другим участником уральских академических экспедиций 1768–1774 гг., Иоганном Готлибом Георги (1729–1802) [15]. В его труде «Geographische, Physikalische und naturhistorische Beschreibung des Russischen Reiches» («Географическое, физическое и естественно-историческое описание Российской империи», 1797–1802) классифицируются как простые (не обладающие вкусом), так и минеральные воды (обладающие вкусом). Он выделяет также воздушные и земляные воды — 10 разновидностей, с учетом дополнительных признаков. В целом классификация природных вод осуществлялась по их физико-химической и геолого-географической принадлежности. Среди химических свойств вод учитывались соленость, щелочность, купоросность, сернистость, углекислотность и т. д. Всего было выделено 47 различных видов вод.

Таким образом, первые качественные химические исследования уральских вод были выполнены Петром Симоном Палласом, а их оригинальную классификацию дал Иоганн Готлиб Георги.

Еще одним экологически значимым событием, которое произошло в России тех лет, стало открытие Товием Егоровичем Ловицем (1757 – 1804) 16 (5) июня 1785 г. явления адсорбции из растворов и газов [16, с. 61 – 63, 70]. В частности, предложенная им очистка виннокаменной соли и хлебной водки с помощью активированного (хорошо прожженного без доступа воздуха) угля была им использована и для очистки воды (небезынтересно отметить, что с открытием Т. Е. Ловица связано появление понятия «русская водка», подробнее см. [17]). Это открытие сразу же нашло широкое применение. Так, оно активно использовалось во время русско-турецкой войны 1787 – 1791 гг. для очистки речной воды и позволяло превращать даже гнилую воду в хорошую [16, с. 62].

Во время Первой мировой войны активированный уголь как адсорбент был использован Николаем Дмитриевичем Зелинским (1861 – 1953) для его всемирно известного противогаза. С небольшими модификациями активированный уголь используется для очистки воды и сегодня в различных бытовых и производственных фильтрах.

1.9. МАНГЕЙМСКОЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ПАЛАТИНСКОЕ ОБЩЕСТВО И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРВОГО СТАНДАРТИЗИРОВАННОГО ФОРПОСТА НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ НА УРАЛЕ

Организация первого естественно-научного форпоста на Урале неразрывно связана с идеей организации международной сети метеорологических станций [1, с. 56–60]. Одной из первых попыток реализации этой идеи можно считать создание международной сети метеостанций в 1724–1735 гг. по инициативе Лондонского королевского общества, которое в 1723 г. обратилось к ученым разных стран с предложением вести метеорологические наблюдения по общей инструкции и с соблюдением единой формы записи.

В экологическом аспекте более важной представляется попытка организации международных метеорологических наблюдений Французским королевским медицинским обществом, которое разослало циркуляр с просьбой прислать ему наблюдений за погодой и распространением болезней. Возглавил эту работу метеоролог и священник из Монморанси (близ Парижа) Луи Котт (1740–1815). Данные, сведенные Луи Коттом к единой форме, ежегодно печатались с 1776 по 1786 г. в журнале Королевского медицинского общества «Histoire de la Societe Royale de Medicine» («История Королевского медицинского общества») [1, 57]. В 1786 г. количество пунктов наблюдения достигло 65. Они были расположены на обширном пространстве от Санкт-Петербурга до Сан-Доминго (о. Гаити).

Тем не менее различия в типах используемых приборов, их установке, методиках, различная квалификация наблюдателей не позволили добиться должных результатов ни той, ни другой международной сети метеонаблюдений.

Впервые по-настоящему организовать унифицированную метеорологическую сеть удалось так называемому Мангеймскому метеорологическому Палатинскому обществу, идея создания которого принадлежит Стефану Штенгелю. Это общество (Societas Meteorologica Palatina) было учреждено 26 (15) сентября 1780 г. [1, с. 58].

В его задачи входило:

— поиск и подбор достаточно квалифицированных наблюдателей;

— изобретение, испытание и модернизация метеоприборов;

— предоставление пунктам метеонаблюдений унифицированного оборудования и методических средств (средства на покупку приборов давал меценат курфюрст Карл-Теодор Пфальцский);

— ведение переписки, обобщение и перевод на латинский язык полученных данных;

— публикация «Эфемерид» (журнала Общества) и распространение результатов наблюдений в научных и заинтересованных общественных кругах.

Общество составило специальную инструкцию для наблюдателей. В нем в качестве единых (международных) часов наблюдений были установлены часы (7, 11, 14 и 21 час), которых на протяжении предшествующих полутора веков придерживалась немецкая метеорологическая служба.

Каждая станция получила от Общества:

— барометр со шкалой в парижских дюймах и линиях с термометром для определения температурных поправок;

— термометр Реомюра;

— гигрометр Делюка;

— дождемер и испаритель;

— флюгер;

— прибор для измерения атмосферного электричества (какой — выяснить не удалось) [1, с. 58].

Были введены специальные символы для компактного предоставления метеорологической информации. Число станций в разные годы менялось от 14 до 39. Сеть охватывала пространство от Кембриджа (штат Массачусетс, США) до Урала. В России действовало три станции: в Санкт-Петербурге, Москве и Пышминском заводе, расположенном поблизости от Екатеринбурга (ныне г. Верхняя Пышма).

К сожалению, геофизические исследования на Пышминском заводе оказались непродолжительными. Они проводились чуть более полутора лет: с мая 1790 г. по декабрь 1791 г. [2, с. 22; 3, с. 12].

Наблюдения станций, собранные Мангеймским обществом за годы его работы, в полном объеме были опубликованы в «Эфемеридах» за 1781 — 1792 гг. Их последний том вышел в 1795 г. В 1799 г. из-за финансовых проблем Общество прекратило свое существование.

В истории уральских естественно-научных исследований период деятельности Мангеймского общества можно считать первым этапом системного изучения состояния окружающей среды на уровне международных стандартов.

Вклад Мангеймского общества в дело координации международных научных усилий по изучению окружающей среды имел громадное значение и далеко обогнал свой век. Наблюдения, полученные Обществом, стали отправной точкой для дальнейших исследований. Так, климатологические изыскания Александра Гумбольдта основывались на данных «Эфемерид». В частности, сравнение наблюдений в Лондоне, Регенсбурге и Санкт-Петербурге показало, что минимум давления распространяется с запада на восток. Эти результаты предвосхитили более поздние работы Брандеса и Дове. В 1783 г. Общество активно занималось вопросом помутнения атмосферы Европы и Америки, что оказалось в прямой связи с извержением вулкана Геклю в Исландии. Примеры можно продолжить.

В историческом смысле Общество стало прообразом будущих институтов по изучению окружающей среды, возникших лишь спустя полвека после его создания.

Следует отметить, что обеспечение метеорологического наблюдательного пункта при Пышминском заводе стандартизированным оборудованием и полученные на нем данные, увековеченные в «Эфемеридах», позволили впоследствии, при организации в Екатеринбурге обсерватории, ссылаться на этот город, как на признанную точку международного мониторинга.

ЧАСТЬ 2

2.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ЕКАТЕРИНБУРГСКОЙ МАГНИТНОЙ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ КАК ЦЕНТРА ИЗУЧЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА УРАЛЕ: ДОМИНИК ФРАНСУА АРАГО, АЛЕКСАНДР ФОН ГУМБОЛЬДТ И АДОЛЬФ КУПФЕР

Следующий этап развития геомагнитных измерений на Урале связан с именем французского ученого и политического деятеля Доминика Франсуа Араго. В 1810 г. он приступил к изучению результатов многолетних магнитных измерений Парижской обсерватории. Оказалось, что с 1580 г. магнитное склонение год от года увеличивалось к западу. В 1814 г. Араго обнаружил, что вековое движение склонения к западу остановилось, а с 1817 г. начало обратное движение. В 1819 г. с целью выяснения аналогии в изменениях векового хода склонения в других точках земного шара Араго организует одновременные наблюдения в нескольких европейских точках. В 1823 г. он предлагает принять участие в наблюдениях молодому профессору физики и химии Казанского университета Адольфу Яковлевичу Купферу. Результатом их совместных наблюдений явилось установление одновременности движений магнитной стрелки в Париже и Казани, удаленных друг от друга почти на 47° долготы [1, с. 12—13]. В ходе этих работ стало ясно, что необходимо распространить подобные исследования и на азиатскую часть России, в связи с чем особое значение приобретает создание наблюдательного форпоста на границе Европы и Азии.

Ввиду принципиальной важности идей Араго для развития геофизических знаний в первой трети XIX в. остановимся на нем и его открытиях более подробно.

Биография знаменитого французского ученого Доминика Франсуа Араго (1786—1853), действительного члена Париж-

ской академии наук (с 1809 г.), иностранного почетного члена Петербургской академии наук (с 1829 г.), «неустанного делателя открытий», в полной мере может служить образцом биографии романтического героя первой половины XIX в.

Доминик Франсуа Араго родился 26 февраля 1786 г. в Эстажеле, близ Перпиньяна [2]. Восемнадцати лет он поступил в знаменитую Политехническую школу, основанную в 1794 г. выдающимся геометром и якобинцем Гаспаром Монжем (1746—1818). Среди первых преподавателей школы были Лаплас и Лагранж, а затем Бертолле, Лежандр, Фурье, Ампер и др. [3, с. 296]. В 1805 г. Араго получает место секретаря в Бюро долгот (Bureau des longitudes) и,состоя в этой должности, отправляется для измерения меридиана от Барселоны до острова Форментера, начатого Деламбром и Мешеном. Оказавшись на острове Майорка во время восстания в Испании против Наполеона, он был арестован и провел несколько месяцев в Беловерской цитадели близ Пальмы. После освобождения Араго делает попытку переправиться в Алжир, чтобы затем добраться до Марселя. Однако алжирский корабль, на котором он отправился в путь, был захвачен испанским крейсером и Доминик Араго вместе с другими пленниками оказывается в форте Розас.

Спустя некоторое время по ходатайству правителя Алжира он получает свободу и снова пытается возвратиться в Марсель. Однако вскоре после отплытия поднимается буря, и корабль, на котором находился Араго, прибивается к итальянскому острову Сардиния. Снова приходится спасаться и возвращаться в Алжир. К тому времени прежний правитель Алжира был убит, а новый внес Араго в список рабов и стал использовать его в качестве переводчика на судах корсаров. Только в 1809 г., после неоднократных ходатайств французского консула, Араго получает свободу и достигает Марселя, причем корабль, на котором он находился, едва спасается от преследования английского фрегата.

Результаты своих научных наблюдений Доменик Араго представляет в книге «Сборник геодезических, астрономических и физических наблюдений» («Recueil d'observation geodesiquees, astronomiques et physiques»). Вскоре, будучи 23 лет от роду, он занимает в Академии наук место ученика Делиля — Жозефа

Жерома Франсуа Лаланда и назначается Наполеоном профессором Политехнической школы. Здесь до 1831 г. он преподает математический анализ и геодезию. Позднее Араго все больше внимания начинает уделять астрономии, физике (особенно поляризации света, гальванизму и магнетизму), а также метеорологии и физической географии. С 1813 по 1846 г. Араго являлся одновременно членом Парижской обсерватории.

В каждой из названных научных областей заслуги Араго огромны. Особой чертой его исследований являлась простота экспериментальных методов и широта теоретических обобщений.

Так, например, живя уединенно на своих геодезических станциях в Испании, ученый заметил, что его зрения достаточно, чтобы рассмотреть морское дно. Это навело его на мысль о взаимодействии лучей, отражающихся от поверхности воды. и лучей, отражающихся от морского дна (явление интерференции света).

Другим блистательным примером являются его работы в области поляризации света, выполненные с помощью изобретенной им полярископной трубки. Этот интереснейший прибор, сконструированный Араго в 1811 г. и носящий его имя, — пример гениального сочетания простоты устройства и широты научного применения.

• Полярископная трубка была описана в одной из статей Араго, датированной 11 августа 1811 г. Она представляет собой зачерненную изнутри зрительную трубку диаметром 25 мм и длиной 25 см. Объектив трубки сделан из горного хрусталя (кварца) с плоскопараллельными поверхностями, отшлифованными перпендикулярно ребрам шестисторонней призмы, в форме которой существуют кристаллы этого минерала. Толщина объектива 10—12 мм.

Окуляр состоит из кристалла исландского шпата толщиной около 15 мм. Кристалл такой толщины обеспечивает двулучепреломление, при котором получаются два изображения, отделенные одно от другого промежутком около одного миллиметра.

Араго писал: «Смотря сквозь эту трубку на ясное небо, я убедился, что цвета изображений, рисующихся на небесной лазури, имеют различную степень яркости в зависимости от времени дня и от положения относительно Солнца, той части атмосферы, которая посылает лучи на пластину слюды.

Я также заметил, что при совершенно закрытом (ненастном) небе, изображения не представляют даже малейших следов окрашивания.

Если сквозь такую трубку смотреть прямо на Солнце, то мы увидим два изображения одинаковой яркости и одинакового света.

Предположим теперь, что солнечные лучи были предварительно поляризованы и что мы смотрим не прямо на Солнце, а, например, на его изображение, отраженное поверхностью воды или стеклянным зеркалом: тогда увидим два изображения, окрашенные самыми яркими цветами, однако видимая форма светила нисколько не изменяется.

Если одно изображение будет красное, то другое будет зеленое; если первое — желтое, то второе — фиолетовое и т. д., оба цвета будут всегда дополнительные, т. е. такие, смесь которых производит белый цвет. Каким бы образом ни был поляризован прямой свет, его цвет будет оставаться совершенно одинаковым на обоих изображениях, даваемых полярископною трубкой.

Следовательно, такая трубка представляет весьма простое средство различать естественный и поляризованный свет.

Из опытов над явлениями, наблюдаемыми в нашей атмосфере с помощью моей трубы, необходимо заключить, что так как во время совершенно облачной погоды оба изображения не дают окрашивания, то световые лучи, идущие от атмосферы, совершенно сходны с естественным светом.

Напротив в ясное время эти лучи по всякому направлению более или менее поляризованы, смотря по положению Солнца.

... Я нашел также, что свет, выходящий под достаточно малым углом с поверхности твердого или жидкого раскаленного тела, даже если поверхность не гладкая, представляет следы поляризации, так что, попадая в трубку, они распадаются на два цветных пучка.

Свет же из горящего газа бывает всегда естественным, под каким бы углом он ни выходил. Откуда можно сделать вывод, в какой агрегатной форме находится вещество Солнца...» (Араго Д. Популярная астрономия. СПб., 1861. Т. 2).

Далее Араго делает вывод о газообразном состоянии вещества Солнца.

Приведенный фрагмент свидетельствует об умении Араго с помощью минимальных исследовательских средств извлекать обширную научную информацию и делать глубокие обобщения. В этом заключался его талант, талант настоящего ученого — пример для подражания будущим исследователям.

Самым плодотворным периодом деятельности Доминика Араго принято считать период с 1811 по 1824 г., хотя и после этого он не переставал делать открытия.

В области метеорологии Араго занимался как практическими, так и теоретическими проблемами. В частности, он оспаривал теорию температурной компенсации, согласно которой наступление холодных полярных потоков воздуха в одной области, должно было соответствовать их отступлению в других областях. Подтверждением данной теории считали, например, холодную зиму в Европе и соответственно теплую зиму в Америке в 1794/95 г., а также в ряде других годов. Араго же считал, что на аномалии температур прежде всего

оказывают влияние местные условия, что впоследствии и подтвердилось [3, с. 177].

В прикладной области Араго занимался дождемерными исследованиями осадков, выпадающих из атмосферы на разных горизонтах, и выяснением причин различных показаний дождемеров, а позднее занялся исследованием термического режима почвы [3, с. 29].

Для оценки величины солнечной радиации им был разработан актинометр, получивший впоследствии его имя. Актинометр представлял собой термометр с зачерненным шариком, помещенный в особую стеклянную оболочку вместе с аналогичным термометром, но с незачерненным шариком. К сожалению, этот прибор допускал значительные погрешности, и желаемых научных результатов не дал [3, с. 320].

В области физики Д. Араго принадлежит ряд открытий по оптике и электромагнетизму. В частности, в 1811 г. независимо от Жана Био и Дэвида Брюстера он открывает хроматическую поляризацию света и впервые наблюдает вращение плоскости поляризации света в кварце. Обнаруживает исследователь и частичную поляризацию света при его отражении и преломлении [4, с. 18].

Араго принадлежат точные наблюдения за перемещением цветных полос на экране, образующихся в результате интерференции прямых лучей и лучей, проходящих через прозрачную пластинку. В теоретических вопросах он придерживался волновой теории света.

В 1820 г. при проведении опыта Эрстеда Араго обнаруживает намагничивание железных опилок вблизи проводника с электрическим током, ставшее впоследствии классикой учебных демонстраций по магнетизму. Находясь в 1820 г. в Гринвиче, в ходе «показательной демонстрации» он обнаружил действие вращающейся металлической пластинки на магнитную стрелку, так называемый магнетизм вращения, который, по сути дела, стал фундаментальным для развития электротехники. В 1825 г., наблюдая с Гумбольдтом относительную силу земного магнетизма при качании стрелки магнитного наклонения, Араго обратил внимание своего сотрудника на то, что эти качания прекращаются, если возле стрелки находятся металлические или неметаллические тела. Это наблюдение Араго приме-

нил позднее для объяснения явлений, возникающих при вращении ледяных или стеклянных кружков над магнитной стрелкой, находящейся в покое.

В области геофизики Д. Ф. Араго принадлежит установление связи между полярными сияниями и магнитными бурями [4, с. 20]. Но для возникновения и становления уральской естественно-научной школы самыми важными геофизическими исследованиями Араго стали предпринятые им в 1810 г. исследования вековых изменений магнитного склонения, о которых упоминалось выше.

Из наиболее известных обобщений, сделанных Араго, которые можно отнести к разряду экологических, следует отметить теорию влияния химических агентов воздушной среды на возникновение холерных эпидемий. В качестве причин изменения влияния химических агентов не исключались атмосферное электричество и магнетизм. Не случайно во время холерной эпидемии 1837 – 1838 гг. многие врачи придерживались именно такой точки зрения [5, с. 194].

Немаловажными в экологическом отношении оказались исследования Араго по изучению поляризации света. Вскоре после открытия Этьеном Луи Малюсом (1775 – 1812) в 1808 г. поляризации света при его отражении были обнаружены связанные с нею интересные и красивые оптические явления. Одно из них открыл Араго [6, с. 11]. В 1809 г. им было установлено, что отраженный атмосферой солнечный свет, исходящий от разных точек небосвода, оказывается частично поляризованным, за исключением одного участка, где поляризация света отсутствует. Этот участок (точка), находящийся несколько выше точки противоположной Солнцу, и получил его имя — точка Араго [6, 27 – 29]. Другой участок с таким же свойством был открыт в 1840 г. Жаном Бабине и получил его имя. Располагается он несколько выше Солнца.

Важно отметить, что лунный свет — это солнечный свет, отраженный от поверхности Луны, а, стало быть, также поляризованный. Это обстоятельство может оказывать на людей и биологические системы определенное воздействие. Этот эффект был отмечен Араго (он указывал на то, что многие люди, умные и отдающие себе отчет в своих поступках, доходят под влиянием лунного света до сильнейшей экзальтации и неве-

роятных странностей), хотя объяснение физического механизма подобной связи осталось за пределами научных возможностей того времени [5, с. 536].

Явление красных зорь, наблюдаемое после сильных извержений вулканов и вызванное появлением в атмосфере пыли, связано с так называемой хроматической поляризацией, также установленной Араго [6, с. 27 – 29].

Несомненна заслуга Араго в поддержке и объединении деятельности талантливых исследователей. В этом отношении он выступал как достойный преемник Жозефа Никола Делиля. Материалами архива последнего он активно пользовался, будучи секретарем Бюро долгот, созданного, как известно, по образцу делилевского Географического департамента России. Известно, что в свое время Араго принял из Архива военно-морского флота «астрономическую часть» коллекции Делиля, а позднее добился ее передачи Парижской обсерватории, директором которой стал с 1830 г. Именно он познакомил с трудами Делиля по дифракции Томаса Юнга и Огюстена Жана Френеля [7, с. 7]. Последний был обязан Араго своим становлением как оптик и являлся соавтором Араго в ряде его оптических экспериментов [8, с. 163 – 171]. К сожалению, преждевременная смерть Френеля (1788 – 1827) прервала это сотрудничество.

Как было упомянуто выше, вовлечение в сферу своих научных интересов А. Я. Купфера позволило Араго надолго определить вектор российских (в том числе и екатеринбургских) геофизических исследований.

В 1844 г., когда архивом Делиля заинтересовался Василий Яковлевич Струве и в Париж для ознакомления с ним приехал сын Струве, Отто Васильевич, Доменик Франсуа Араго оказывает ему максимальное содействие. А в 1847 г., несмотря на ясное представление о мировом значении архива Делиля, он передает его «российскую часть» в Петербург на неопределенное время. Тем самым Араго продемонстрировал свое служении высшим научным интересам [7, с. 7 – 8].

В 1850 г., после того как у Араго сильно ослабло зрение и он сам уже не мог проводить оптические эксперименты, по его указаниям молодые французские физики Арман Физо и Жан Фуко экспериментально измерили скорость света, а аст-

роном Урбен Жан Жозеф Леверье выполнил теоретические расчеты и открыл планету Нептун [4, с. 18].

Высочайшие человеческие качества Доменика Франсуа Араго сделали его ученым не только одним из самых уважаемых в научном мире, но и одним из самых популярных в народе [8].

• Популярность Араго в народе была обусловлена, с одной стороны, его заслугами в популяризации астрономии, а с другой — его смелыми гражданскими поступками [8]. Так, в декабре 1851 г., во время государственного переворота, осуществленного Луи-Бонапартом, он не побоялся отказать в присяге новому главе государства и потерять место директора Парижской обсерватории. Александр Гумбольдт называл Араго, своего лучшего в течение полувека и преданнейшего друга, «одной из самых благородных человеческих натур, в которых мудрость идеально сочетается с добротой» [8].

Многочисленные работы Араго были разделены Гумбольдтом (для которого Араго во многом являлся научно-методологическим идеологом) на 5 частей [2]. Большая часть этих работ была опубликована в журналах «Memoires», «Comtes rendus», «Annales de chimie et de physique» (более 80 статей), издаваемых Араго совместно с Гей-Люссаком. Начиная с 1824 г. он помещает серию научно-популярных статей в журнале «Annuaire des longitudes», часть из них была переведена на другие языки.

К числу наиболее известных работ Араго относится четырехтомник «Astronomie populaire par Francsois Arago, secretaire perpet de l'Academy des Sciences, publ. d'apres son ordre sous la direct. de M. J.-A. Barral, (P., 1857 – 1860). В 1861 г. в Санкт-Петербурге был издан трехтомный перевод этого труда под названием «Общепонятная астрономия».

Кроме того, на русский язык были переведены следующие работы Араго: «Гром и молния» (СПб., 1859), «Историческая записка о паровых машинах» (СПб., 1861), «Избранные статьи о научных предметах» в двух томах (СПб., 1866), «Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров» в трех томах (СПб., 1859 – 1961)

За заслуги перед наукой 21 сентября 1879 г. в городе Перпиньяне Доменику Франсуа Араго был открыт памятник.

Александр Гумбольдт в последующем, когда у него завязались тесные связи с Россией, активно использовал научно-

теоретические и экспериментальные подходы Араго для формирования русских исследований окружающей среды.

Следующий пласт исторических событий, предопределивших развитие уральских естественно-научных исследований, тесно связан с именем Александра фон Гумбольдта

Сведения, приведенные об этом ученом в «Советском энциклопедическом словаре», практически ничего не говорят о масштабе и обаянии его личности, тем более в интересующем нас аспекте.

• Гумбольдт Александр фон (Humboldt, 1769—1859) — немецкий естествоиспытатель, географ и путешественник. Иностранный почетный член Петербургской академии наук. Исследовал природу различных стран Европы, Центральной и Южной Америки («Путешествие в равноденственные области Нового Света», т. 1—30, 1807—1834), Урала и Сибири.

Один из основателей географии растений и учения о жизненных формах. Обосновал идею вертикальной зональности, заложил основы общего земледелия и климатологии. Произведения Гумбольдта оказали большое влияние на развитие эволюционных идей и сравнительного метода в естествознании [9, с. 350].

Поэтому, по мере возможности, затронем интересующие нас фрагменты его биографии и деятельности более подробно.

Барон Александр фон Гумбольдт происходил из мелкопоместной немецкой дворянской семьи. В 1788 г., оказавшись в Геттингенском университете, знакомится со спутником Кука Георгом Форстером, у которого навсегда перенимает страсть к путешествиям и к распространению научных идей [3, с. 173].

• Форстер Георг (Forster Georg, 1754—1794) — немецкий естествоиспытатель. В 1772—1775 гг. участвовал в экспедиции Джеймса Кука (1728—1778). Был известен своими демократическими взглядами. Принимал участие во Французской революции и погиб за нее на эшафоте. В 1793 г. был членом правительства первой демократической республики в Германии в Мейнце.

В 1750 г. написал книгу»Reise um die Welt», перевод которой на русский язык был издан в Москве в 1985 г. под заглавием «Путешествие вокруг света».

Известно также [10, с. 550—567], что сам Форстер еще в одиннадцатилетнем возрасте побывал в России, куда весной 1765 г. правительство Екатерины II пригласило его отца для выяснения перспектив заселения немецкими колонистами Поволжья. Последний не ограничивался исполнением возложенного на него поручения и тщательно изучал фауну и флору Нижнего Поволжья, памятники старины, культуру, проводил метеорологические наблюдения. Георг при этом не только помогал отцу, но и самостоятельно собирал растения для гербария [10, с. 551]. Покинув Россию осенью того же года, Форстер-

младший никогда не забывал о ней впоследствии и при общении с Гумбольдтом пробуждал в нем интерес к этой стране.

Весной 1798 г. Гумбольдт перебирается в Париж, где в то время Национальным музеем готовилась экспедиция в Южное полушарие. Он предлагает свои услуги в качестве естествоиспытателя и получает положительный ответ. Для углубления своих познаний он проводит вместе с Гей-Люссаком ряд опытов для уточнения состава воздуха в зависимости от высоты места и погодных условий. Довольно точно им удается определить содержание азота, кислорода и углекислого газа. К сожалению, экспедиция не состоялась в связи с политическим ухудшением обстановки в Средиземноморском регионе.

В 1798 г. Гумбольдту удается выехать из Марселя в Мадрид, где он получает монаршее разрешение посетить испанские колонии в Южной Америке. В 1799 г. на свои средства Гумбольдт организует экспедицию в Южную Америку, где проводит обширные геологические, ботанические, метеорологические и магнитные наблюдения и обнаруживает магнитный экватор [1, с. 13]. Через несколько лет после возвращения из экспедиции (1804) Гумбольдт поселяется в Париже. Обрабатывать материалы его исследований ему помогают великие ученые того времени: по астрономии — Лаплас; по метеорологии и магнитным исследованиям — Гей-Люссак и начинающий Араго; по зоологии — Кювье, Ламарк и Сент-Илер; по ботанике — Кунт; по минералогии — Вокален и Клапрот. Блестящий и ироничный ум обеспечивает Гумбольдту достойное место в этой плеяде ученых. Лаплас отозвался о нем следующим образом: «Гумбольдт — это целая академия». Франция стала для ученого вторым домом, ее язык он предпочитал всю жизнь другим языкам [3, с. 173—174].

В Париже он прожил более 20 лет. Именно здесь, анализируя результаты своих исследований, ему удается найти основные критерии для систематизации климатов Земли.

«Гумбольдт... был счастливым ученым, ибо система климатов земного шара только одна и открыть ее можно только один раз» [3, с. 174]. Следует отметить, что главной его заслугой при этом явилось не то, что он построил первую карту изотерм на поверхности Земли (1817), а то, что при этом он

заинтересовался ее биологическим содержанием [3, 174]. Экспедиция в Новый Свет дала возможность Гумбольдту качественно сравнить климат умеренных и «равноденственных» широт; увидеть распределение поясов растительности по высоте; обратить внимание на сходство распределения растительности в этих поясах с распределением ее в зависимости от широты при смещении от экватора к полюсам.

Укажем также на то, что методология изолиний была уже разработана (линии магнитных склонений были построены Галлеем в 1701 г.), однако метеорологи его времени ими еще не пользовались.

Через несколько лет после успешного завершения экспедиции Гумбольдта правительство России приглашает его для географических исследований Российской империи, а также пограничных ей азиатских стран. В 1808 г. министр торговли Н. П. Румянцев при встече с Гумбольдтом в Париже обратился к нему с предложением сопровождать русское посольство в Кандагар и Тибет. Предложение было с радостью принято, однако реализовать его не удалось из-за развертывания военных действий в Европе [11].

О научных взглядах Гумбольдта на путешествие в Россию можно судить по его письму, написанному в 1812 г. Александру Ренненкампфу.

• Александр Ренненкампф (1783—1854) — переводчик Генштаба. В 1811 г. поступил на русскую службу в Петербурге. Впоследствии уехал в герцогство Ольденбург, где стал обер-камергером.

Гумбольдт пишет: «Чтобы предварительно охватить всю область предстоящей мне работы, я желал бы получить разрешение проехать через всю Азию по 58° и 60° широты от Екатеринбурга, Тобольска, Енисейска, Якутска до вулканов Камчатки и побережья Южного моря.

Поскольку страна имеет наклон к северу, можно будет увидеть выходы более новых формаций; затем нужно пройти с востока на запад по 48° широты через озеро Байкал и заняться изысканиями возле этой параллели, которые продлятся четыре—пять лет. Эти поездки не будут самыми дорогими, хотя придется пользоваться приборами самой современной конструкции, но малых размеров. Мне хотелось бы, чтобы большинство ученых были русскими; они способны более муже-

ственно переносить все невзгоды в пути и не так сильно будут стремиться вернуться домой.

Я не знаю ни слова по-русски, но я стану русским, как стал испанцем.

Это путешествие позволит разрешить сразу несколько важных задач:

1) содействовать развитию точных наук, общей физики, геологии, ботаники и всех других областей описательной естественно-научной истории, теории магнита, истории атмосферы и т. п. и т. п.;

2) исправить карты при помощи астрономических наблюдений без применения триангуляций, требующих слишком долгого времени; произвести барометрическое нивелирование, дать разрезы или профили как в моем Мексиканском Атласе;

<...>

5) обогатить естественно-исторические коллекции его величества: в особенности — собрать в геологической последовательности по провинциям единственные в своем роде коллекции пород с территории, протяженностью более 1800 лье.

Как бы превосходны ни были труды Гмелина, Палласа, Крашенинникова, Германа и др., наши работы будут более плодотворными в силу более общих и широких точек зрения, с каких сейчас рассматривается природа» [12].

Из приведенного текста можно сделать вывод, что Гумбольдт ставил задачу комплексного изучения окружающей среды экспресс-методами, разработанными преимущественно французской школой естествоиспытателей.

Следующим важным этапом в развитии уральских естественно-научных исследованийй стало объединение творческих планов двух выдающихся российских ученых Ивана Михайловича Симонова и Адольфа Яковлевича Купфера с научными интересами Доменика Франсуа Араго и Александра фон Гумбольдта.

• Симонов Иван Михайлович (1794—1855) — профессор астрономии Казанского университета, участник Первой русской антарктической (кругосветной) экспедиции Ф. Ф. Беллинсгаузена (1819—1821), участвовал в определении координат Антарктиды. С 1847 г. ректор Казанского университета. С 1829 г. член-корреспондент Петербургской академии наук. Основатель астрономической обсерватории в Казани, с 1844 г. директор магнитной обсерватории того же университета. С Гумбольдтом познакомился в Париже по возвращении из антарктической кругосветной экспедиции.

А. Я. Купфера, без преувеличения, можно считать отцом уральского естествознания. Поэтому расскажем о нем несколько подробнее.

Адольф Яковлевич Купфер (Adolph Theodor Kupffer, 1799 – 1865) был выходцем из митавских немцев (г. Митава, современный г. Елгава (Латвия), – бывшая столица Курляндского герцогства). В 1821 г. Купфер поступает в Берлинский университет, где занимается преимущественно минералогией. Затем продолжает учебу в Париже и Геттингене, где получает степень доктора философии [2].

Во время учебы в Геттингене Купфер посещает лекции Карла Фридриха Гаусса (лекции по сферической, практической и теоретической астрономии, записанные Купфером, были позднее переведены А. Н. Крыловым на русский язык и изданы в шестом томе его трудов).

Прибыв в Санкт-Петербург, Купфер сразу же рекомендуется в Казань на заведование кафедрой химии, а затем и кафедрой физики. Однако предварительно вместе с профессором Иваном Михайловичем Симоновым он отправляется за границу закупать физические инструменты.

Находясь в Европе (1823 – 1824), Симонов, по всей видимости, вводит Купфера в научные круги, связанные с Араго и Гумбольдтом. В итоге Купфер получает от Араго заманчивое предложение о проведении в России синхронных с измерениями Араго геомагнитных исследований, а Симонов, благодаря Гумбольдту, посещает с научными целями Италию (см. переписку Гумбольдта с Симоновым, лето 1824 г. [12]).

Очевидно, в ходе своей поездки российские ученые узнают о том, что Гумбольдт не оставил надежды побывать в России. Не исключено, что это обстоятельство могло ускорить повторное приглашение Гумбольдта в Россию, которое и последует от русского правительства в декабре 1827 г., формально – с целью выяснения целесообразности изготовления монет из уральской платины.

В 1824 г. Купфер приезжает в Казань и вступает в заведование кафедрами химии и физики. Вместе с тем в контексте исследований Араго он пытается организовать несколько пунктов для проведения магнитных измерений, в том числе и в Екатеринбурге. Об этом есть свидетельство Гумбольдта в

его переписке с министром финансов Егором Францевичем Канкриным (письмо от 26 февраля 1828 г. [12]).

Весной 1827 г. из-за материальных трудностей Александр Гумбольдт перебирается из Парижа в Берлин. После этого переезда его переписка с Е. Ф. Канкриным становится наиболее интенсивной. Помимо вопроса, интересовавшего Канкрина, Гумбольдт обсуждает с министром проблемы предстоящего путешествия, а также ходатайствует перед ним о содействии экспедиции Кристофера Ганстеена и Георга Адольфа Эрмана, решивших предпринять в 1828—1829 гг. на средства шведского правительства путешествие по России с целью определения элементов земного магнетизма. Из переписки Канкрина и Гумбольдта можно понять, что Ганстеен предполагал добраться сухим путем до Камчатки и также возвратиться обратно.

• Ганстеен Кристофер (Hansteen Christopher, 1784—1873) — норвежский астроном. С 1830 г. член-корреспондент Петербургской академии наук. В 1828—1829 гг. предпринимает путешествие по России, чтобы определить элементы земного магнетизма.

• Эрман Георг Адольф (Erman Georg Adolf, 1806—1877) — немецкий физик и путешественник. Как участник экспедиции Ганстеена проехал всю Сибирь до Камчатки и после этого присоединился в 1829 г. к кругосветной экспедиции Л. А. Гагенмейстера (1828—1830). С 1834 г. профессор Берлинского университета. Издатель «Archiv fur Wissenschaften Kunde von Russland» («Архив научных известий из России»).

Ганстеену, Эрману и Дуэ Екатеринбург обязан первыми измерениями магнитного наклонения (69° 33′) и горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля (H = 0,18552 Эрстед; 1828 г.) [1; 99, с. 126]. (В современных единицах измерения напряженности магнитного поля это значение соответствует 14,76 А/м, или в единицах индукции магнитного поля 18,552 мкТл.) Им же принадлежит заслуга обнаружения в Екатеринбурге магнитной аномалии (при сопоставлении результатов исследований, проведенных учеными в разных точках города, обнаружилась разность в склонении на целый градус, а в наклонении — на 18 минут [там же]. К сожалению, места измерений остались неизвестными, поэтому полученные исследователями результаты представляют лишь исторический интерес.

В меньшей степени известно, что свои исследования на Урале Ганстеен и Эрман проводили, путешествуя вместе с Купфером [13].

Предыстория этого путешествия такова.

В 1828 г. Купфера избирают членом Петербургской академии наук по минералогии и приглашают преподавать в Институт Корпуса инженеров путей сообщения. Однако в преддверии экспедиции по России Александра Гумбольдта Адольф Яковлевич Купфер по приглашению Мусина-Пушкина, куратора Казанского университета, совершает путешествие на Урал, где объезжает ряд заводов и, по всей видимости, выясняет особенности будущего маршрута прославленного ученого. В свои спутники он приглашает казанского аптекаря, знатока приволжской флоры и прекрасного рисовальщика Карла Карловича Клауса. Впоследствии Купфер описал свое путешествие по Уралу в книге «Voyage dans l'Oural», изданной на француз-ском языке в 1833 г. в Париже [13] и, к сожалению, до сих пор лишь частично переведенной на русский язык [14, с. 75—83]. Третья и четвертая главы этой книги посвящены уральской части путешествия. Объемное приложение содержит результаты и методики проведенных научных исследований [13, с. 230—428].

• Клаус Карл Карлович (1796—1864) родился в Дерпте (ныне г. Тарту) в семье художника. Потеряв в раннем детстве отца и мать, он не смог окончить какой-либо гимназии. Тем не менее в двадцатилетнем возрасте сдает в Петербургской медико-хирургической академии экзамен на право заниматься аптекарской деятельностью и в 1821 г. получает в Казани в заведование аптеку. В 1828 г. вместе с Купфером совершает поездку по Уралу, а весной 1829 г. вместе с профессором ботаники Казанского университета Эдуардом Эверсманном (1794—1860) исследует Индерские горы, низовья рек Большой и Малой Узени, горы Бестау, Чапчачи и низовья Волги. После этих путешествий (уже будучи отцом трех детей) решает начать учебу в Дерптском университете. С 1829 г. вместе с семьей Клаус переезжает в Дерпт, где для се содержания вынужден дополнительно работать лаборантом в химическом кабинете. В 1835 г. он оканчивает университет и защищает диссертацию на степень магистра философии. После этого снова возвращается в Казань, где избирается профессором по кафедре химии Казанского университета. Исследуя здесь уральскую самородную платину, в 1844 г. он открывает новый химический элемент — рутений. Это открытие сделало Клауса всемирно известным. В том же году его заслуги перед наукой отмечены Демидовской премией (5000 руб.).

К. К. Клаус был известен также как ботаник. В 1851 г. он одним из первых применил количественные методы в сравнительной флористике.

В первой половине 50-х гг. переехал в Дерпт, где и прошли последние годы его жизни.

В настоящее время в Екатеринбургском краеведческом музее хранятся

замечательные рисунки К. К. Клауса с видами старого Екатеринбурга [14, с. 73].

Путешествие Купфера по Уралу началось в июле 1828 г. в Казани и длилось шесть месяцев. Маршрут был следующим: Казань — Бугульма — Уфа — Златоуст — Миасс — Сысерть — Екатеринбург — Невьянск — Нижний Тагил — Кушва — Верхотурье — Богословск (завод) и обратно.

Собственно уральская часть путешествия началась 16—17 (4—5) августа, после выезда из Уфы вечером 15 (3) августа. В Златоуст исследователи прибыли, вероятно, 17—18 (5—6) августа, где задержались на несколько дней для знакомства с заводом и для экскурсии на Таганай. Здесь они имели беседу со знаменитым инспектором оружейных заводов Павлом Петровичем Аносовым, который прославился тем, что раскрыл утерянный в средние века секрет изготовления булатной стали. Здесь же Купфер проводит необходимые измерения для оценки высоты Таганая.

Барометрическое определение высоты Таганая, проведенное 24 (12) августа по формуле Лапласа, дало цифры: 1067 м над уровнем моря и 703 м над средним уровнем Златоуста. За барометрическую высоту уровня моря принималось значение, найденное Араго (760,9 мм рт. ст.). Измерения проводились ртутным барометром собственной конструкции (барометр Гей-Люссака вышел из строя). Для измерения температуры использовался термометр Реомюра.

Несколько дней спустя Купфер посещает золотые прииски и цирконовые шахты в Миассе и далее едет на Ильменские горы, в Челябинск, Сысерть, Екатеринбург. В своих путевых заметках он приводит любопытные описания уральских городов того времени: «Челяба — это маленький уральский уездный городок посреди пути между Миассом и Екатеринбургом... Самые богатые из заводов (мимо которых мы проехали) — Сысертские... принадлежат наследникам Турчанинова. Здесь также добывают золото. Рудники Полевского, около Сысерти, являющиеся собственностью той же семьи, дают сибирский малахит... Только в этих двух местах добывают ежегодно до пятидесяти пудов золота.

Екатеринбург — это местонахождение центральной администрации и резиденция главного начальника уральских за-

водов. Несмотря на то, что этот город является уездным, относясь также к пермской губернской администрации, он превосходит столицу губернии по величине и богатству. В Екатеринбурге много красивых каменных домов, которые еще более выделяются своей величиной и архитектурой, будучи окруженные жалкими домишками. Все высшие чиновники, заводовладельцы и наиболее богатые купцы живут в каменных домах... Улицы не замощены, но широки и прямы... Почти все чиновники получают образование в Горном училище Санкт-Петербурга. Зимой они часто собираются потанцевать и повеселиться в специально предназначенном для этого помещении, а чтобы оплатить все расходы, устраивают складчину» [14, с. 76—77].

«Верх-Исетский завод, принадлежащий г. Яковлеву, находится в трех верстах от Екатеринбурга. Туда ведет по приятной местности очень красивый бульвар (теперь ВИЗ-бульвар. — *В. Л.*), ограниченный с обеих сторон двойной аллеей для пешеходов. Здания, расположенные на территории этого огромного завода, имеют превосходную архитектуру; их главный фасад предлагает удивленному взгляду все украшения, которые современная архитектура заимствовала у древней Италии: купола, колонны, галереи» [там же, с. 80].

«Недалеко отсюда, в прекрасном месте, виднеется красивое здание... служащее для приема гостей, а позади него — довольно обширный парк. Этот дом был построен для приема императора Александра, который посетил Урал в 1824 году» [там же].

В Екатеринбурге путешественники оказались скорее всего в конце августа—начале сентября. Находясь здесь, они совершают экскурсию на Березовские золотые промыслы, по возвращении с которой узнают о приезде в Екатеринбург профессора Ганстеена из Христиании (Осло, Норвегия) и его спутников Эрмана и Дуэ. Ганстеен до своей поездки в Тобольск хотел совершить поездку до Нижнего Тагила. Купфер был рад попутешествовать вместе с известным ученым и разрешил ему сопроводить себя до Богословска (ныне г. Карпинск), который находится севернее Екатеринбурга и удален от него на 420 верст [14, с. 82]. Таким образом, по маршруту Екатеринбург — Невьянск — Нижний Тагил — Кушва —

Богословск и обратно Купфер проследовал вместе с Ганстееном и его спутниками и, следовательно, был свидетелем (а вероятнее всего и участником) проводимых ими магнитных измерений. Так, он пишет: «По дороге из Екатеринбурга в Невьянск (95 верст) не было ничего замечательного, за исключением нескольких магнитных наблюдений, выполненных г. Ганстееном» [13, гл. 4]. С учетом того, что Нижний Тагил расположен в 150 верстах от Екатеринбурга, Кушва — в 50 верстах к северу от Нижнего Тагила, копи Нижнетуринска — в 30 верстах от Кушвы и что в Верхотурье путешественники оказались 23 (11) сентября, можно предположить, что из Екатеринбурга они выехали 13 (1) сентября.

Сам Купфер в ходе этой поездки занимался измерением высоты местности относительно уровня моря и термометрическими измерениями. В частности, он установил, что разница барометрических высот Златоуста и Богословска составляет 11,8 мм рт. ст., и определил, что относительно уровня моря Богословск (571 м) находится ниже Златоуста (703 м) на 132 м [13, с. 255 —304].

Из проведенных термометрических исследований наиболее интересны измерения температуры почвы в сравнении с температурой воздуха и глубинные термометрические измерения. Это были первые известные системные измерения такого рода на Урале. Так, исследования в Турьинских шахтах, расположенных недалеко от Богословска, показали, что с увеличением глубины в среднем на 1 м температура недр возрастает на 0,04° Реомюра (0,05°С). В названных системных исследованиях деятельное участие принял и Георг Адольф Эрман.

• Примечательно, что в ходе исследований в России при измерении влажности воздуха Эрман использовал новейший для того времени психрометр Августа, созданный в 1827 г. [3, с. 63]. Следует отметить, что в последующем, путешествуя по Сибири, Эрман встречался со ссыльными декабристами и пытался вовлечь их в сферу своих научных интересов. В дальнейшем то же самое попытается сделать и Купфер (см. гл. 2.2).

Но вернемся к экспедиции барона Александра фон Гумбольдта в России. Как уже было сказано, приглашение возглавить ее Гумбольдт получил на самом высоком уровне — от российского правительства. Оно же взяло на себя финан-

сирование путешествия. Гумбольдту было выделено 20 тысяч рублей ассигнациями на саму экспедицию и 1200 дукатов (дукат — золотая монета весом 3, 4 г) — для проезда из Берлина в Петербург и обратно. Причем таможенные ограничения для него были сняты. Гумбольдту предоставили два экипажа: коляску с откидным верхом на четыре человека и рессорную польскую коляску для горного чиновника и слуги, а также для приборов и вещей. В экипажи впрягалось по 15 почтовых лошадей.

12 апреля (31 марта) 1829 г. Александр фон Гумбольдт вместе с двумя берлинскими учеными, профессором-минералогом Густавом Розе и профессором Христианом Эренбергом, известным своими исследованиями микроскопических организмов, выехали из Берлина.

• Розе Густав (1798—1873) — немецкий минералог и кристаллограф, иностранный член-корреспондент Петербургской академии наук (1829). Известен как автор кристаллохимической классификации минералов, а также исследованиями метеоритов. Его родной брат Генрих (1795—1864), также известный ученый, иностранный член-корреспондент Петербургской академии наук (1829), прославился тем, что разработал сероводородный метод качественного анализа и ряд весового анализа химических веществ. В 1844 г. открыл ниобий.

• Эренберг Христиан Готфрид (Ehrenberg Christian Gottfried, 1795—1876) — немецкий естествоиспытатель, зоолог, профессор медицины Берлинского университета. До поездки в Россию осуществил научное путешествие по Нубии, Палестине и Абиссинии. С 1845 г. член Берлинской академии наук.

1 мая (19 апреля) 1829 г. они прибывают в Санкт-Петербург, где для них был устроен торжественный прием. 11 мая (29 апреля) на торжестенном заседании Академии наук Гумбольдту вручают медаль и диплом почетного члена Академии. В своей речи Гумбольдт подробно разъясняет значение геомагнитных наблюдений и указывает на необходимость расширения геомагнитных измерений в России (подобных тем, что вели Араго и Купфер), которые целесообразно проводить ежечасно в особые, международные дни по согласованию с другими европейскими обсерваториями.

Предложение это было одобрено, и академику Купферу, ранее занимавшемуся такими наблюдениями, Академия поручила подготовить перечень мероприятий по осуществлению предложений Александра фон Гумбольдта. Представивший-

ся случай открывал Купферу возможность реализовать более грандиозную идею — развертывания на территории России геофизических обсерваторий с широким кругом задач по комплексному изучению окружающей среды.

Для практической реализации этого проекта на первый план была выдвинута идея организации стандартизированных магнитных измерений, на которые Горный департамент готов был выделить необходимые средства и которые уже частично велись по международному плану. Не очень популярной, но понятной могла оказаться и идея совместных метеорологических наблюдений, которые, по мысли Купфера, должны были способствовать установлению границ произрастания зерновых на территории России (т. е. представляли прикладной аспект развитой ранее Гумбольдтом теории температурного распределения растительных зон). Таким образом, генеральная идея изначально включала экологический аспект, но формально была представлена в виде идеи организации сети магнитно-метеорологических обсерваторий со стандартизированными измерениями.

Популяризации выдвинутой идеи содействовали совместные астрономические и магнитные наблюдения, проведенные в Казани 7 июня (26 мая) 1819 г. Александром фон Гумбольдтом, ректором Казанского университета Николаем Ивановичем Лобачевским и Иваном Михайловичем Симоновым.

Из Казани через Пермь и Кунгур Гумбольдт направился в Екатеринбург.

13 (1) июня он достигает Бисертской слободы и оказывается у подножия Урала. К сожалению, попасть в знаменитую Кунгурскую пещеру путешественникам не удалось, и они ограничились лишь осмотром близрасположенных гипсовых гор.

15 (3) июня Александр фон Гумбольдт со своими спутниками прибывает в Екатеринбург. Здесь также заблаговременно были сделаны все необходимые распоряжения и подготовлены к приезду исследователей местные маршруты, места пребывания, описания, карты, образцы местных минералов, горных пород и т. п. На рудниках и заводах ученым путешественникам была предоставлена возможность отбирать из местных коллекций штуфы, какие окажутся пригодными для научных исследований. С разрешения правительства Гум-

больдт получил право взять на каждом из посещенных им казенных рудников и приисков от двух до четырех золотников золота (1 золотник = 4,266 г).

• В книге В. А. Весновского «Весь Екатеринбург. Справочник-ежегодник» (Екатеринбург, 1903) приводятся, в частности, замечания Розе об их обустройстве в Екатеринбурге. Отмечается, что дом, в котором они жили, принадлежал купцу. Последний, следуя русскому обычаю, носил длинный синий сюртук, подпоясанный кушаком, и бороду. Гостям он отдал лучшие комнаты во втором этаже — с белыми оштукатуренными стенами, с карнизом, украшенным лепниной из гипса, и со вкусом меблированные.

Было организовано соответствующее сопровождение: горный чиновник Дмитрий Степанович Меньшенин, автор ряда статей в «Горном журнале» того времени; горный инженер Федор Иванович Фелькнер (1802—1877), с 1828 г. бывший бергмейстером Березовских золотых приисков; горный инженер-минералог Фотий Ильич Шведов, давний знакомый Гумбольдта по Парижу (окончил Парижскую горную школу) и работавший на Нижнетагильских заводах Демидова.

Для сбора коллекции минералов и горных пород Урала была выделена офицерская экспедиция под общим руководством Федора Ивановича Фелькнера.

17 (5) июня путешественники осматривают Шабровский прииск, соляные россыпи, ломки родонита и мрамора, 18 (6-го) — едут на Березовский завод, 19 (7-го) — возвращаются в Екатеринбург. 20 (8-го) — осматривают Верх-Исетский завод; 22 (10-го) — посещают Горнощитский мраморный завод, а также Николаевские золотоносные россыпи и Полевской завод, 23 (11-го) — знакомятся с Железинскими золотоносными россыпями и Гумешевским медным рудником.

29 (17) июня они наконец-то добираются до места, ради которого, собственно, правительство и организовывало поездку, — до платиновых россыпей на европейском склоне Урала, вблизи границы Европы и Азии. Здесь в 1819 г. в виде примеси к самородному золоту была найдена платина. В 1824 г. была открыта платиновая россыпь на реке Орулихе (приток реки Баранчи) Гороблагодатского округа. С 1825 г. Демидов начинает промышленную добычу уральской платины, намереваясь намывать ее не менее 50 пудов в год. Гумбольдту предлагалось оценить технологичность такого производства для изготовления платиновых монет, а также определить це-

лесообразность и эффективность использования различных золотоносных месторождений, технологичность производства золота.

В тот же день путешественники осматривают платиновые россыпи и определяют высоту горы Белой. 30 (18) июня они выезжают из Нижнего Тагила и едут на Кушвинский завод. 1 июля (19 июня) осматривают магнитную гору Благодать и посещают Верхне- и Нижнетурьинские заводы. 3 июля (21 июня) они добираются до Богословского завода (ныне г. Карпинск). Посетив принадлежащие этому заводу Туринские медные рудники и находящийся вблизи них богатый золотой прииск, 6 июля (24 июня) через Верхотурье, Алапаевск и Реж отправляются в Екатеринбург. Обозрев частные Алапаевский и Режевской заводы, а также ломку камней на Точильной горе и Мурзинские копи цветных камней, 11 июля (29 июня) они возвращаются в Екатеринбург.

По возвращении путешественников в Екатеринбург горный начальник Екатеринбургских заводов генерал-майор А. А. Богуславский преподносит Гумбольдту описание округа Екатеринбургских заводов на немецком языке [15], в котором большое внимание уделено месторождениям руд, способам их добычи, отдельным заводам, золотым приискам и их оборудованию. Из этого описания следовало, что наиболее важную статью дохода в округе составляли добыча золота и железа. Так, в 1828 г. было промыто 381 200 пудов золотоносных руд и 6 564 453 пуда золотоносного песка. При этом получили 27 пудов 33 фунта 18,5 золотника чистого золота.

На осмотр Екатеринбурга и его окрестностей путешественники уделили еще 7 дней. При этом они осмотрели золотые россыпи близ Шарташского озера и Монетный двор, а также наблюдали процесс плавки золота в плавильной лаборатории. В целом Александр фон Гумбольдт и его коллеги потратили на знакомство с Екатеринбургом и его окрестностями 16 дней.

18 (6) июля ученые покинули город и по Сибирскому тракту отправились в Тобольск, куда прибыли 20 (8) июля. Оттуда 24 (12) июля они направляются в Алтайский горный округ. 2 сентября (21 августа) путешественники возвращаются на Урал (в Троицк). 3 сентября (22 августа) они оказываются в Миас-

се и на следующий день осматривают Миасские золотоносные россыпи, а 7 сентября (26 августа) едут в Златоуст.

• Следует отметить, что А. Гумбольдт в Сибири путешествовал по только что введенному участку Большого Сибирского тракта (1824), который проходил через Тобольск, а южнее шел от Тюмени на Ялуторовск, Ишим, Омск. От Омска тракт шел через Барабинскую степь на Томск, Красноярск, Иркутск.

• В Миассе Гумбольдту представили двух молодых геологов Эрнста Карловича Гофмана (1801—1871) и Григория Петровича Гельмерсена (1803—1885), впоследствии известных уральских исследователей, которым предстояло сопровождать его до Оренбурга [16, с. 68].

8 сентября (27 августа) Гумбольдт совершает подъем на гору Большой Таганай.

• Известно, что из-за дождя восхождение Гумбольдта на Таганай было неудачным: при восхождении он упал в болото и разбил свой последний барометр. Для дальнейшего пользования свой барометр ему предоставил Э. К. Гофман.

10 сентября (29 августа) ученые едут на Кыштымские заводы (где Гумбольдт проводит магнитные измерения), 11—12 сентября (30—31 августа) осматривают Соймоновские золотоносные промыслы и 13 (1) сентября возвращаются в Миасс.

Всего от горных заводов Гумбольдту было выделено в зернах и самородках 54 золотника 72 доли золота и 80 золотников 40 долей платины. Помимо этого, из разных мест отправлялись ящики с минералами и образцами руд. Так, только из Екатеринбурга в Петербург было отправлено 14 таких ящиков.

14 (2) сентября в Миассе было устроено празднование 60-летия Александра Гумбольдта. В знак уважения к заслугам ученого ему преподнесли саблю из дамасской стали.

16 (4) сентября экспедиция покидает Миасс, а 18 (6-го) прибывает в Верхнеуральск. Далее через Орск она следует к Оренбургу (20 (8) сентября) и к Соль-Илецким соляным копям (22 (10) сентября). 27 (14) сентября Гумбольдт отбывает из Оренбурга.

• В Верхнеуральске начиналась Оренбургская линия, дорога, шедшая правым берегом Урала через крепости и редуты до Каспийского моря. Для обеспечения безопасности путешественников их сопровождали казаки. Как отмечает Александр Гумбольдт в книге «Центральная Азия», «казаки гарцевали впереди и сзади длинного ряда экипажей» [12]. Эти меры не были

лишними, так как здесь случались набеги малоордынцев, были известны случаи захвата местных жителей в хивинский плен, где пленников-бедняков использовали для прокладки арыков, а за богатых требовали выкуп.

Во время путешествия Гумбольдт был одет во фрак, темно-коричневый или черный, с белым галстуком, на голове неизменно находилась круглая шляпа. Поверх фрака он носил длинное пальто темного цвета. При необходимости двигаться узкими тропами, например при подъемах в гору, верховой ездой никогда не пользовался и, если было нужно, шел пешком. На его фоне Густав Розе выглядел комично: среднего роста, худой, рыжеватый, да еще одетый во фрак и панталоны также рыжеватого цвета.

В Оренбурге у Гумбольдта возникает желание побывать в Астрахани и на Каспийском море. Миновав Татищевскую крепость (ныне с. Татищево; 26 (14) сентября) и Илецкий городок (ныне с. Илек; 27 (14) сентября), 28 (15) сентября экспедиция прибывает в Уральск. Отсюда она следует к Саратову и далее в Астрахань, где оказывается 12 октября (30 сентября). В Москву экспедиция прибыла 3 ноября (22 октября). Ее обратный путь от Уральска проходил через Бузулук, Самару и Сызрань. 7 ноября (26 октября) Александр Гумбольдт делает сообщение о поездке в Азию на заседании Московского общества испытателей природы [17], а 12 ноября (31 октября) прибывает в Петербург.

На основе анализа методик, применявшихся Гумбольдтом в Новом Свете, а также при его совместных работах с Араго, можно заключить, что в России из геофизических исследований и наблюдений он мог проводить следующие:

— астрономически определять широту и долготу наиболее важных для исследований точек, причем для определения долготы мог использовать метод хронометра;

— ипсометрически и барометрически определять высоту гор (им определены и сопоставлены высочайшие вершины в Америке (в Андах) и Западной Европе (на что ссылается Араго в своей «Популярной астрономии»);

• Ипсометрия — способ определения высоты горы, основанный на измерении двух углов, под которыми наблюдается вершина горы с горизонтальной площадки, и известном расстоянии между точками наблюдения.

— проводить термометрические и барометрические наблюдения;

— определять влажность воздуха;

— определять облачность и направление ветра;

— вести наблюдения над склонением и наклонением маг-

нитной стрелки, а также над относительной величиной силы земного магнетизма (по количеству качаний магнитной стрелки в горизонтальной плоскости), так как абсолютные измерения стали возможны позднее (Карл Гаусс, 1832).

Действительно, сведения, приведенные в книге Гумбольдта «Центральная Азия», подтверждают эти предположения. В частности, в ней указывается на хронометрическое определение долгот по разности времени восхождения Луны и звезд с соответствующими значениями для пунктов с известными координатами, например Тобольска (т. е. по методике Ж. Н. Делиля).

Таким образом Гумбольдтом были определены долготы Екатеринбурга (58°15′33″), Нижнего Тагила (57°40′6″), Богословска (59°44′36″) и других городов.

Из геодезических измерений можно упомянуть также измерение Гумбольдтом с помощью секстанта ширины Волги (близ Козьмодемьянска).

Ипсометрически и барометрически определялись высоты над уровнем моря ряда горных вершин и населенных пунктов. Эти исследования носили принципиальный характер, так как Гумбольдту было важно найти глобальные поднятия в центре Евразии и уяснить характер земных деформаций, что дополнительно фиксировалось измерениями температуры вод из подземных источников, ключей, а также внутришахтных температур. Так, Гумбольдтом были определены средние высоты над уровнем моря Екатеринбуга (126 туаз = 246 м) и Оренбурга (39 туаз = 76 м), вершины Большой Таганай (547 туаз = 1066 м) и горы Благодати (191 туаз = 374 м). Была им определена и высота над уровнем моря озера Шарташ.

О других измерениях позволяют судить взятые Гумбольдтом в экспедицию приборы [12].

Для определения высоты над уровнем моря он пользовался барометрами Фортэна, Бунтана и Паррота (Fortin, Bunten, Parrot).

Для определения температуры воды ключей и т. п. использовались термометры Бесселя и Гей-Люссака. (Последний распорядился с особой тщательностью изготовить шкалу большого спиртового термометра, который впоследствии был оставлен Гумбольдтом в Тобольске для определения минимальных зимних температур.)

Влажность воздуха измерялась психрометром Августа со шкалой Реомюра, который всегда смачивался колодезной водой и в отдельных населенных пунктах Азии показал наибольшую сухость воздуха из того, что Гумбольдту где-либо удавалось измерять.

Для определения магнитного наклонения служил большой инклинатор Гамбея, полюса двух стрелок которого при каждом наблюдении менялись.

Измерения напряженности магнитного поля проводились с помощью хронометра Эршоу (Earnshow) по методу Ганстеена.

Магнитные измерения Гумбольдт проводил в специально устроенной палатке, в которой отсутствовали железные предметы. Место для наблюдений выбиралось вдали от каких-либо строений.

В Екатеринбурге Гумбольдт измеряет только магнитное наклонение (69° 09′).

Во время своего пребывания здесь он высказывает мнение, что наилучшим местом для обсерватории могла бы стать Плешивая горка [18] (нынешнее название — Обсерваторская горка).

Из пребывания Гумбольдта в России Купфер извлекает с максимальную пользу. Он строит магнитный павильон в Петербурге, завершает строительство такого же павильона при Казанском университете, занимается исследованиями свободной атмосферы.

В июле 1829 г. совместно с Э. Х. Ленцем и Э. Менетрие Купфер предпринимает путешествие по Кавказу и пытается подняться на Эльбрус [3; см. также: *Рыкачев М. А.* Исторический очерк Главной физической обсерватории. Б. м., 1899].

21 июля Купфер достиг высоты 4723 м, однако дальше подняться не смог. Его спутник, Эмилий Христианович Ленц, «...с барометром, с двумя черкесами и казаком поднялся выше к выдающимся здесь скалам, пока не достиг еще одной ступени, на которой пелена снега отделяла его от вершины. Ввиду рыхлости снега он не мог перейти это пространство и здесь произвел отсчет барометра, по которому нетрудно было определить высоту Эльбруса» [3, с. 219]. Вершины достиг только казак, отделившись от своих спутников, пока Ленц делал наблюдения. Впоследствии оказалось, что Ленц не дошел 197 м до вершины горы (5630 м). Это были первые метеорологичес-

кие наблюдения на высочайшей точке Европы — блестящий подвиг во имя науки.

• Менетрие (Ménétrier) Эдуард — известный энтомолог, родился в 1802 г., занимался медициной, потом естествознанием. Работал в Париже, в Ботаническом саду (Jardin des Plantes), под руководством Кювье и Латрейля. В 1821 г. участвовал в Бразильской экспедиции под руководством Григория Ивановича (Георга Генриха фон) Лангсдорфа, а в 1829 г. — в названной экспедиции по Кавказу. После первой из этих экспедиций получил место хранителя зоологических коллекций в музее Академии наук в Петербурге. Умер в 1861 г., оставив после себя около 30 научных работ.

В то же время Купфером была предпринята попытка организовать наблюдения в Пекине и даже в Новоархангельске, на Аляске.

28 (16) ноября 1829 г. на Чрезвычайном заседании Петербургской академии наук, созванном по случаю возвращения из экспедиции в Сибирь Александра Гумбольдта, Купфер заявляет, что магнитная обсерватория почти готова и что на ней уже проведены первые ежечасные измерения магнитного склонения, соответствующие измерениям в Берлине и Париже.

3 декабря (21 ноября) Купфер письменно излагает Александру Гумбольдту свое видение проблемы организации геофизических исследований в России:

«Господин барон...

Я пришел к убеждению, что поставленной цели можно достигнуть способом, соответствующим современному состоянию науки и достойным моей родины только при условии организации обсерватории, специально предназначенной для исследования магнитных и метеорологических явлений. Мне не приходится повторять, что Вы уже так хорошо изложили в Вашей речи, именно, что громадное протяжение Российской империи обещает метеорологии выяснение интереснейших вопросов в отношении распределения температуры на поверхности земного шара, а теория земного магнетизма — драгоценнейшие данные о вековых колебаниях магнитного склонения и наклонения, об отступании линий нулевого склонения и т. п. Мы старались уже давно собрать наблюдения небольшого числа самых интересных пунктов моей обширной родины; мы решили, что лучше удовлетворяться несовершенными данными, чем вовсе их не иметь; путешествуя по России во всех направлениях, иностранные ученые сумели использовать для науки преиму-

щества ее положения, которых мы, нужно признать к нашему стыду, использовать не сумели.

Не нужно также говорить о полезности такого учреждения, о тех огромных преимуществах, какие получили бы от него мореплавание и земледелие. Я поэтому только изложу Вам подробно сведения о различных функциях магнитно-метеорологической обсерватории...

<...>

3. Будут проводиться следующие метеорологические наблюдения:

a) термометрические: термометр будет отсчитываться не менее трех раз в сутки, а кроме того, будут отмечаться максимум и минимум температуры за каждый день;

b) время от времени в течение одного-двух дней будут производиться ежечасные наблюдения и наблюдаться температура почвы посредством длинного термометра, погруженного в почву;

c) барометрические наблюдения: часы наблюдений должны быть распределены так, чтобы можно было вывести из них не только абсолютную барическую высоту места, но в то же время и ее изменения;

d) наблюдения над направлением ветра;

e) наблюдения над количеством дождя и снега, выпавшего за год, над состоянием влажности воздуха и т. п.

Кроме того, необходимо производить различные новые опыты в области метеорологии как для выяснения физических процессов, вызывающих эти явления, так и для изобретения новых приборов, которые смогут придать наблюдениям большую точность.

4. Магнитные наблюдения будут охватывать:

a) абсолютное наклонение и склонение магнитной стрелки;

b) часовые и годовые колебания склонения и наклонения, их непериодические колебания (имеются в виду магнитные бури. — *В. Л.*);

c) колебания интенсивности земных и магнитных сил;

d) будут выбраны отдельные дни в году, когда, по договоренности, колебания склонения и наклонения будут наблюдаться в одни и те же дни и часы в различных важных пунктах как в России, так и за границей;

e) будут производиться опыты для освещения теории земного магнетизма;

f) будет точно определяться ход проходящих через Россию линий нулевого склонения и выяснен закон, по которому склонение возрастает в обе стороны от этой линии; чтобы можно было определить перемещение этих линий, эта операция будет повторяться через каждые 10 лет (т. е. вестись работы будут по программе Араго. — *В. Л.*).

5. Метеорологические и магнитные приборы, распределенные внутри страны, должны быть тщательно выверены с приборами Санкт-Петербургской магнитной обсерватории.

6. Если Правительство организует какую-либо научную экспедицию внутри страны или в отдаленные страны, Обсерватория может предоставить приборы в распоряжение такой экспедиции...

Прошу Ваше превосходительство исключить из этого проекта или добавить в него все, что Вы найдете нужным; надеюсь, что я выразил ваши желания, и прошу быть уверенным, что я хочу привести в исполнение Ваши мысли.

Имею честь оставаться, г. барон, Ваш преданный слуга А. Я. Купфер» [12].

В ответном письме от 5 декабря (23 ноября) 1829 г. Гумбольдт полностью одобрил подход Купфера к задачам магнитно-метеорологической обсерватории:

«Европа приветствовала бы осуществление такого проекта. Единство методов, единообразие приборов, сообщения между самыми отдаленными точками — все было бы облегчено, если бы существовало учреждение устойчивое и постоянное, где Вы могли бы продолжать регулярным образом то, что было Вами начато с таким успехом...» (имеются в виду магнитные исследования Купфера в Казани и Араго в Париже. — *В. Л.*) [12].

В дальнейшем для этих и других исследований Купфер будет увеличивать количество пунктов, что будет встречать неизменную поддержку со стороны Гумбольдта.

В процитированном письме и в других посланиях можно обнаружить важную деталь: Гумбольдт постоянно использует свой научный авторитет для ретрансляции идей Араго, с мнением которого он считался и которому был обязан целым рядом геофизических исследований. (В частности, совместно с Араго, по его программе, Гумбольдт проводил наблюдения

над годовыми изменениями склонения, измерение скорости звука в воздухе (1822) и др.)

Известно, что все трое участников экспедиции работали над книгой о путешествии в Россию. Предполагалось, что Гумбольдт сделает первую часть, включающую географическую и геологическую характеристику страны, наблюдения над земным магнетизмом и результаты астрономических наблюдений. Розе должен был подготовить часть, куда войдут минералогические исследования, результаты химических анализов и исторический обзор. Эренбергу предстояло выполнить обработку ботанических и зоологических наблюдений. К сожалению, Гумбольдт так и не написал свой раздел.

Тем не менее большая часть этого плана была выполнена. Так, Эренберг опубликовал результаты своих исследований в виде отдельных статей, которые затем вошли в монографию о живущих и ископаемых микроорганизмах.

Розе в двухтомном труде «Путешествия на Урал, Алтай и Каспийское море» («Reise nach dem Ural, dem Altai und dem Kaspischen Meere, von Gustav Rose». Berlin, 1837 — 1842) обобщил материалы экспедиции по минералогии и геологии. Им также описано путешествие по России, в частности, первый том посвящен поездке по Северному и Центральному Уралу. В этом же томе опубликованы отрывки путевого дневника Александра фон Гумбольдта, который, как пишет в предисловии к своей книге Розе, передал ему «все карты, книги и рукописи, полученные им во время путешествия... и сообщил ... множество заметок для самостоятельного использования» [12].

Второй том содержит описание путешествия на Южный Урал и Каспийское море, в нем же дан обзор минералов и горных пород Урала.

К наиболее значительным отдельным работам Гумбольдта, опубликованным по материалам поездки на Урал и Сибирь, относятся: «Исследования о климатах Азии» (Московский телеграф. 1832. Ч. 46, № 13. С. 1 — 26; 412 — 417); «О причинах изменений в линиях разной годичной теплоты» (Ученые записки Московского университета. 1835. Ч. 7, № 9. С. 411 — 439); трехтомное сочинение о Центральной Азии «Asie Central. Recherches sur les chaines des montagnes et la climatologie comparee» (P., 1843).

2.2. РУССКАЯ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНАЯ ЭКСПАНСИЯ В НОВЫЙ СВЕТ. ДЕКАБРИСТЫ И АДОЛЬФ КУПФЕР

Известно, что после спутников Чирикова следующими ступили на землю Аляски охотники на бобров, посланные в Новый Свет иркутским купцом Бичевиным, и провели на Аляске зиму 1761/62 г. [1, с. 216]. Известно также, что их плавание проходило на боте «Гавриил» и что в 1762 г. они первыми после Беринга посетили Шумагинские острова, но тот ли это «Гавриил», на котором в 1732 г. к Америке плавал Михаил Спиридонович Гвоздев, участник Первой Камчатской экспедиции Беринга, до сих пор неизвестно [там же].

В 1775 г. русский купец Григорий Иванович Шелихов (1747—1795) создает компанию для пушного и зверобойного промысла на северных островах Тихого океана и Аляске, где основывает первые русские поселения. Им же начаты первые географические исследования так называемой Русской Америки. В 1783 г. он приступает к сочинению «Именитого гражданина Григория Шелихова первого странствования с 1783 по 1787 г. из Охотска по Восточному океану к американским берегам» [2, с. 364—165]. А в 1790 г. своего сподвижника Александра Андреевича Баранова (1746—1819) он оставляет на Аляске фактически в качестве правителя русских поселений в Америке [1, с. 232]. Благодаря Баранову, за время его правления с 1790 по 1818 г. Русской Америке удается завязать обширные торговые связи с Калифорнией, Гавайскими островами и Китаем.

В 1787 г. при поездке в Крым в поле зрения императрицы Екатерины II попадает начальник ее личного конвоя красавец гвардии поручик Николай Иванович Резанов, который в 1793 г. становится ее личным докладчиком по сенатским делам. В результате в 1793 г. Екатерина II издает указ о колонизации Русской Америки [2, с. 365].

• К этому времени интерес к Америке возникает и на государственном уровне, чему способствовало появление «Продолжения странствования по Восточному океану к американским берегам» Григория Шелихова (1792). Н. И. Резанов как лицо особо приближенное к императрице всячески «лоббирует» идею расширения интересов России в Америке.

В 1796 г. на западном берегу острова Ситха (варианты: Ситхэ, Ситка; архипелаг Александра, Северная Америка)), была облюбована гавань, способная вместить чуть ли не целый флот и свободная зимой ото льдов. Вечный снег на горах, зелень хвойных лесов и живописные острова предопределили выбор именно здесь места для строительства будущей столицы русских колоний в Северной Америке [1, с. 244].

В 1797 г. на корабле «Орел» сюда прибывает отважный шелиховский передовщик Василий Медведников и приступает к строительству города, получившего название Новоархангельск [1, с. 245]. В июле 1799 г. здесь оказывается и сам Баранов. При нем на пустынном берегу вырастают дом для начальника, двухэтажная казарма с двумя будками для пушек, рыбные сушилки, баня и часть крепостной стены. Живя в черной бане, он начинает заниматься сбором первых сведений о крае и его жителях, в частности, Баранов собрал коллекцию «игрушек», как он их называет, которые использовали воины племени Ворона (на местном наречии — ситха) для своих плясок [1, с. 246].

В 1794 г. Резанова в результате интриг фаворита Екатерины II Зубова отсылают для ревизии в Сибирь, где он встречается с Шелиховым и женится на его падчерице. В том же году Резанова назначают обер-секретарем Сената и он приступает к организации Российско-Американской компании, знаменитой РАК, занимавшегося торговлей и освоением природных богатств [2, с. 365].

В 1799 г. указ Павла I утверждает РАК, и Резанов становится ее главой. Директором Компании назначается другой зять Шелихова, просвещенный купец из Великого Устюга Михаил Матвеевич Булдаков. Вместе с тем высокие провозные цены при доставке товаров из Якутска и Охотска в Санкт-Петербург побуждают министра коммерции и руководство Компании искать более выгодные рынки сбыта товаров. РАК, заручившись государственной поддержкой, в 1802 г. начинает подготовку экспедиции и решает приобрести необходимые корабли за границей. Для этого с помощью министра морских сил адмирала Мордвинова привлекаются морские офицеры капитан-лейтенант Крузенштерн и капитан-лейтенант Лисянский [2, с. 41]. Второй из них и был отправлен за гра-

ницу закупать корабли. В Лондоне Лисянским были куплены по стоимости новых кораблей два подержанных судна «Леандра» и «Темза», которые переименовали в «Надежду» и «Неву» соответственно. Уже в плавании это обстоятельство вскрылось [2, с. 250].

После смерти жены в 1803 г. как имперский уполномоченный Русской Америки и чрезвычайный посол в Японии Резанов идет в плавание. В цели экспедиции входило выяснение экономической целесообразности морской транспортировки к Тихоокеанскому побережью России купнотоннажных грузов, устновление торговых отношений с Мексикой, Бразилией, Южным Китаем и Японией, укрепление культурных связей с этими странами, а также присутствия России в Америке, сбор естественно-научной, этнографической и другой информации. Академия наук снабжает Резанова естественно-научными инструкциями, утвержденными Александром I. Она же назначает в его экспедицию для астрономических наблюдений доктора Горнера и для знакомства с натуральной историей — доктора Тилезиуса. Для культурной миссии в Америке от Академии и частных лиц Резанову были переданы книги, включая и основательные труды по Уралу, а также приборы и карты [2, с. 15].

• Вильгельм Готлиб Тилезиус фон Тиленау (Wilhelm Gottlib Nilesius von Tilenau, 1769–1857) — немецкий ботаник, член Петербургской академии наук. В экспедиции участвовал как врач и естествоиспытатель.

• Из записок 1803–1807 гг. участника экспедиции естествоспытателя Георга Генриха фон Лангсдорфа [3, с. 185] известно, что на острове Кадьяке Резанов основал высшую школу, где обязал священников и моряков обучать подростков русскому и французскому языкам, математике, географии и другим предметам. Там же он размещает привезенную на корабле «Нева» из Санкт-Петербурга библиотеку, состоящую из нескольких тысяч томов. В этом собрании книг, среди книг по химии, физике, минералогии, математике, географии, медицине, ботаники и коммерции были и книги Гмелина, Крашенинникова, Палласа, Лепехина, Рычкова, 27 томов «Всемирного путешествия», а также книги по истории Сибири Миллера и Фишера и 4 генеральные карты России, составленные Делилем.

Здесь же по распоряжению Резанова создается музей, чтобы облегчить воспитанникам школы изучение естественной истории. Сразу же после этого Лангсдорф обучает искусству изготовления чучел двух молодых людей. По его словам, музею было передано все, что только было под рукой, даже электрическая (электрофорная) машина, которую везли в подарок японскому императору.

Резанову предписывалось в ходе путешествия собрать образцы пород камней, почв, окаменелостей, солей, металлов, растений и т. д., вести с помощью термометров и барометров метеорологические наблюдения, а также описывать северные сияния и прочие достойные внимания явления природы. Кроме того, рекомендовалось усовершенствовать журнал астрономическими наблюдениями, для чего следовало надзирать за точностью в поверке хронометров и верными определениями долготы [2, с. 26 —27].

Инклинатор, астрономические часы, был приобретен экспедицией в Лондоне (видимо, у Рамсдена), где ее участники также посетили Гринвичскую обсерваторию и знаменитого астронома Уильяма Гершеля.

Ведение морских записей и астрономические наблюдения Резанов поручает Крузенштерну, на корабле которого под названием «Надежда» находился сам Резанов [2, с. 44]. Однако в плаванье Крузенштерн превысил свои полномочия. По сути дела, он попытался возложить на себя функции командора, которые принадлежали Резанову. Вскрылась также неприглядная история с ветхостью кораблей, на что ему было указано Резановым. Возникла ссора. Амбициозность и невоспитанность Крузенштерна довели дело до прямого неподчинения с его стороны, за что по возвращении в Россию его ждал трибунал. Тем не менее по прибытии «Надежды» в Петропавловск Резанов не стал отдавать Крузенштерна под трибунал, а удовлетворился его извинениями. Но и в последующих событиях, связанных с плаваньем Резанова в Японию, где ему предстояло выполнить сложную дипломатическую миссию, Крузенштерн проявил себя не лучшим образом. В результате (во избежание новых интриг Крузенштерна) Резанов отправил его в обратный путь через Кантон в Конштадт. Дальнейшее плаванье через Индийский океан к Африке и через Атлантический океан в Европу для Крузенштерна было омрачено предстоящими служебными разбирательствами. Лишь преждевременная смерть Резанова позволила ему избежать позора. Корабль Лисянского «Нева» расстался с «Надеждой» на Сандвичевых островах, в Тихом океане, где они оказались в июле 1804 г. после совместного огибания Южной Америки. С Сандвичевых островов «Нева»

отправилась в русские владения на Аляску, к острову Кадьяк, откуда по причине бойни на острове Ситха была вынуждена отправиться на помощь в Новоархангельск.

• Ненависть к Резанову Крузенштерн, обязанный первому своим именем в истории путешествий, хранил всю жизнь и по мере возможности всячески избегал разговоров о подлинном руководителе и организаторе кругосветного похода кораблей «Нева» и «Надежда» [подробнее см.: 2, с. 100—108]. К сожалению, из-за ранней смерти имя Резанова было быстро забыто. Лишь в 1995 г. в Красноярске выходит первая обширная монография с дневниковыми записями и письмами самого Николая Петровича Резанова, а также с материалами о его роли в освоении Русской Америки. Эта книга появилась на свет стараниями Юрия Павловича Авдюкова, Натальи Серафимовны Ольховой и Анны Петровны Сурник [2].

7 сентября (26 августа) 1805 г. на судне «Святая Мария», принадлежавшем РАК, на остров Ситха прибывает Резанов [2, с. 282]. На турах крепости Новоархангельска он обнаруживает 20 пушек, а чуть поодаль — башню с маяком и величественную гору Эджекумб с ее могучими кратерами, — «Нева» с Лисянским во избежание встречи с командором покинула порт всего за несколько дней до его прибытия 2 или 3 сентября (21 или 21 августа) [2, с. 292]. В сентябре же Резанов отдает приказ на постройку здесь тендера «Авось», ставшего впоследствии легендарным. Увидев бедственное положение переселенцев, в феврале 1806 г. на корабле «Юнона» он сам плывет в испанскую Калифорнию, с которой устанавливает добрососедские отношения и откуда доставляет в Новоархангельск спасительный хлеб. 8 августа (27 июля) 1806 г. Резанов возвращается в Охотск.

• Прекрасно образованный и воспитанный мальтийский командор сумел очаровать в Монтерее и Сан-Франциско всех испанцев и особенно дочь коменданта Сан-Франциско прекрасную Консепсию де Агруэлло [1, с. 253]. Эта история легла в основу многих литературных произведений, в том числе «Юноны и Авось» Андрея Вознесенского.

В Якутске Резанов знакомится с будущим декабристом мичманом Владимиром Штейнгелем, которого на обратном пути он намеревался взять в Америку. Однако в Иркутске Резанов неожиданно умирает. Для Штейнгеля же свидание с Америкой становится мечтой жизни.

• Любопытные сведения сообщаются в книге С. С. Агеева и В. П. Микитюка «Рязановы — купцы екатеринбургские»: известный екатеринбург-

ский купец Яким Меркурьевич Рязанов, имевший «богатые рыбные ловли», «принимал значительное участие в делах Российско-Американской компании». Последний факт наводит на мысль о родственных связях екатеринбургских Рязановых с родом камергера Николая Петровича Резанова» [4, с. 45].

После Лисянского и Резанова новоархангельская гавань видела еще много прославленных кораблей. В 1810 г. в ней развевались флаги «Дианы», на которой сюда пришел Василий Михайлович Головнин. В конце 1814 г. на корабле «Суворов» здесь останавливается Михаил Петрович Лазарев. 11 января 1818 г. в Новоархангельск прибывает капитан Леонтий Андрианович Гагемейстер, на 11 месяцев назначенный правителем Русской Америки.

• Гагемейстер Леонтий Андрианович (1780—1834) — русский военный моряк, дважды во время кругосветных плаваний обогнул земной шар, вел исследования в Тихом океане. В одном из этих кругостеных плаваний принимал участие Георг Адольф Эрман.

Несколько позже в Новоархангельске вместе с кораблем «Кутузов» побывал будущий декабрист лейтенант Владимир Романов и составил проект экспедиции от реки Медной до Ледовитого океана и Гудзонова залива.

В октябре 1822 г. с трапа 28-пушечного шлюпа «Аполлон» на землю Новоархангельска сойдет еще один будущий декабрист — морской лейтенант Михаил Кюхельбекер, который примет непосредственное участие в описи западного побережья острова Королевы Шарлотты [1, с. 265]. Осенью 1823 г. на смену «Аполлону» в Русскую Америку пришел фрегат «Крейсер», на борту которого находились, помимо адмирала Лазарева, будущий прославленный адмирал Павел Нахимов и будущий декабрист Дмитрий Завалишин [1, с. 267].

• Позднее Завалишин окажется в Сан-Франциско и встретится с прекрасной Консепсией, ждущей возвращения Резанова. Представляясь «великим магистром» таинственного Ордена Восстановления», он называет Калифорнию солнечной Землей Свободы.

Немного спустя в РАК Завалишина предлагают назначить начальником форта Росс, а Рылеев подписывает распоряжение Компании о строительстве в Русской Америке новых крепостей, которые, к сожалению, по известным причинам так и не будут построены. Можно отметить также, что в доме ди-

ректора Компании купца Прокофьева неоднократно собирались и другие декабристы: Бестужевы, Батеньков, Торсон, Якубович и др.

10 августа 1824 г. в Новоархангельск приходит шлюп «Предприятие» под управлением Отто Евстафьевича Коцебу (1788—1846). На его борту находились два студента Дерптского университета: впоследствии знаменитый физик Эмилий Христианович Ленц (1804—1865) и будущий выдающийся исследователь Урала Эрнст Карлович Гофман (1801—1871) [5, с. 38]. Отсюда шлюп направился в Северную Калифорнию, а затем на Гавайские острова. В ходе этого путешествия Э. Х. Ленц занимался геофизическими измерениями, а Э. К. Гофман изучал с географической и геологической точки зрения берега обширного залива Сан-Франциско — вплоть до устья крупнейшей реки этих мест Сакраменто. Путешественники посещают также и самую южную точку русских владений в Америке — форт Росс [5, с. 35—36].

В 1825 г. в кругосветное плавание на корабле Компании собирались отправиться М. Кюхельбекер, Н. Бестужев и А. Арбузов. К сожалению, осуществиться этому уже было не суждено.

К 1826 г. в верхней крепости Новоархангельска выросла новая башня с шестью орудиями, а в сторону моря глядела батарея с восемью орудиями. Появился свечной завод. Был построен и арсенал, где, кроме обычного оружия, хранились булатные клинки, персидские ятаганы, сабли с дорогими эфесами, отделанные серебром пистолеты и прочие редкости. На полках библиотеки стояло 1500 книг на русском, французском и английском языках. Население города составило 813 человек, из которых 319 человек были русские [1, с. 276—277].

В то время у берегов Новоархангельска не переставали появляться именитые гости. На его рейде можно было видеть транспорт «Кроткий» с лицейским другом Пушкина Федором Федоровичем Матюшкиным, одним из главных участников экспедиции Врангеля, шлюп «Сенявин», на борту которого находился Федор Петрович Литке и др. Офицерам шлюпа «Сенявин» выпала честь проведения первых комплексных астрономических и метеорологических наблюдений на острове Ситха [1, с. 278].

*Экипаж шлюпа и члены экспедиции не миновали заведенного в Новоархангельске ритуала, когда воины индейского племени ситха после церемониальной речи вождя устраивали пляски с кинжалами на шканцах судна, а затем следовало угощение индейцев рисовой кашей и ромом.

Шлюп «Сенявин» вошел на ситхинский рейд и встал на якорь 12 июня 1827 г. [5, с. 144]. В соответствии с предписаниями Ф. П. Литке занялся здесь проведением астрономо-геодезических, магнитных и гравиметрических измерений (наблюдениями за качанием постоянного маятника). В научном составе экспедиции работали также натуралист А. Ф. Постельц и художник-орнитолог Ф. Г. Киттлиц. Им также было предписано оказывать содействие начальнику русской экспедиции в Бразилии Г. И. Лангсдорфу. В частности, благодаря их стараниям были собраны обширные коллекции горных пород, фауны (прежде всего насекомых и птиц), собран гербарий, сделаны зарисовки природы, жилищ, орудий производства аборигенов и т. п.

В Новоархангельске все предписания были выполнены, и 19 июля «Сенявин» направился к острову Уналашка, где также были выполнены соответствующие исследования. Во время этого перехода руководителя экспедиции Ф. П. Литке сопровождал в качестве проводника выдающийся деятель Русской Америки священник и ученый И. Е. Вениаминов (см. ниже).

Фундаментальным научным итогом экспедиции «Сенявина» стали гравиметрические измерения в 52 пунктах, на основе которых Э. Х. Ленц в 1836 г. показал, что Земля представляет собой неправильный эллипсоид вращения.

В 1826 г. новоархангельские исследователи закончили опись побережья Америки от горы Святого Ильи до пролива между Ситхой и материком.

В своих записках о климате Ситхи Ф. П. Литке пишет: «Свидетельство г. Хлебникова, многолетними наблюдениями узнавшего тот край во всей подробности, почитаю я несомненным: оно опровергает преимущества Кадьяка пред Ситхою со стороны климата» [3, с. 155]. Из этого следует, что первыми систематическими метеорологическими измерениями в Русской Америке начал заниматься Кирилл Трофимович Хлебников (1776 –1838) [7; 8]. В его «Записках об Америке»

можно найти упоминание и о приборах того времени, имевшихся в его распоряжении: «...при музеуме в Ситхе имеется много математических, физических и других инструментов богатой английской работы. Кроме того, чем снабжены все суда (секстантами, октанами, трубами, хронометрами и полухронометрами), хранятся здесь для берегового употребления теодолит и окружной инструмент работы Троутона; астролябия, пендуль очень верный Юргенсонов [Гиргенсона], телескопы, хорошие трубы, микроскоп большой, электрическая машина, натуральные и искусственные магниты, барометры, термометры, чертежи, карты, атласы и прочее» [3, с. 116—123].

В 1830 г. в Новоархангельске появляется новый правитель Русской Америки Фердинанд Петрович Врангель, который пробыл в этой должности в течение пяти лет. При нем начались активные хождения русских в глубь материка и был проложен путь с Аляски в Мексику.

Начало русской экспансии в Новый Свет совпало с еще одним примечательным событием. В 1810 г. выдающийся деятель русского просвещения, основатель Харьковского университета Василий Назарович Каразин (1773—1842) предложил организовать сеть метеорологических станций от Кольского полуострова до Камчатки, что позволило бы в научном отношении вывести правила метеопрогнозов, а в практическом — дало бы возможность предсказывать урожайность и заблаговременно реагировать на недороды. Безусловно, в центре его внимания оказались многие исследователи Нового Света, в том числе и будущие декабристы.

К сожалению, предложения В. Н. Каразина о создании в Росиии масштабной сети метеорологических наблюдений получили развитие лишь спустя двадцать лет, благодаря подвижнической деятельности Александра Гумбольдта и искусной дипломатии Адольфа Яковлевича Купфера.

Несомненно, что оказавшиеся в Сибири декабристы представляли собой очень подходящий контингент для этой цели. Тем более, что многие из них были связаны родственными и дружескими отношениями с влиятельными государственными сановниками и негласно пользовались их поддержкой. Одним из таких высокопоставленных чиновников был начальник штаба Корпуса горных инженеров Константин Вла-

димирович Чевкин, который в молодости тоже не избежал посещения декабристских кружков. Он с готовностью поддержал идею А. Я. Купфера, увидев в ней, кроме прочего, возможность скрасить быт ссыльных декабристов, в числе которых были и его родственники. В связи с этим обойти вниманием декабристов А. Я. Купфер уже просто не мог. Объективных причин для этого было также немало.

• Декабристов отличал высокий общекультурный уровень, предрасположенность к естественно-научным исследованиям, а в ряде случаев и профессиональная подготовленность. Некоторые из них, кроме того, переписывались с отечественными и иностранными учеными, что также укрепляло реноме Купфера в глазах научной элиты и обеспечивало ему их поддержку. Не использовать это Купферу для дела и для себя лично было бы неразумно.

Спутник Купфера по уральскому путешествию Георг Адольф Эрман, продолжая свой путь по Сибири, встречается со ссыльными декабристами и пытается привлечь их к своим научным исследованиям.

Наиболее тесная дружба установилась у него с Александром Бестужевым-Марлинским [9]. Известно, что, находясь в ссылке, Бестужев-Марлинский изучал труды многих известных естествоиспытателей и творчески переосмысливал их содержание. В частности, он был не согласен с гипотезами о природе полярных сияний, выдвинутыми российскими академиками Ф. И. Шубертом и Е. И. Парротом, пытался проверять открытие А. Гумбольдта о влиянии северных сияний на магнитную стрелку, имел оригинальные взгляды на отдельные выводы Араго и т. д.

С Эрманом Бестужев-Марлинский встретился в начале 1829 г. в Якутске и пытался обсудить с ним упомянутую выше проблему «влияния северного сияния на магнитную стрелку, которая колеблется, дрожит и прыгает, когда северное сияние так любезно освещает полярные страны» [9]. Судя по всему, собеседники были взаимно удовлетворены результатами разговора, поскольку в последующем Бестужев сделал Эрману метеорологическую таблицу для сравнения высот мест, а сам находился под впечатлением продемонстрированных ему магнитных наблюдений. К сожалению, судьба таблиц с термометрическими и барометрическими данными, позднее отправ-

ленными Александром Бестужевым-Марлинским Эрману в Пруссию, неизвестна (скорее всего они не дошли до адресата).

С декабристом Константином Торсоном был лично знаком сподвижник и давний знакомый Купфера астроном Иван Михайлович Симонов. Ранее вместе с Торсоном он участвовал в экспедиции Беллинсгаузена и, находясь на шлюпе «Восток», они сделали не одно астрономическое, магнитное и метеорологическое наблюдение. Естественно, не привлечь к своим задачам Торсона было бы для Купфера в высшей степени неразумно.

О том, что декабристы по своей инициативе приступили в Сибири к метеонаблюдениям, Купфер мог узнать и от профессора Горного института И. И. Свиязева, вместе с которым он работал в этом институте и состоявшего в переписке с Николаем Бестужевым [9]. В частности, Гаврила Батеньков, оказавшись к Сибири, предлагал развернуть там шесть астрономо-геодезических обсерваторий. В программу их работ должны были входить измерения широт и долгот, альтиметрические, барометрические и термометрические наблюдения, а также определение локальных геомагнитных характеристик. Возможно, эти предложения сформировались у Батенькова под влиянием его личных бесед еще в 1820 г. с Фердинандом Врангелем, Федором Матюшкиным и Петром Анжу. Вполне вероятно, что предложения Батенькова были известны и Купферу.

Серьезным образом с первых месяцев заточения в Читинском остроге (с октября 1827 г.) подошел к метеорологическим наблюдениям и Петр Иванович Борисов: он вел их здесь почти 12 лет (до августа 1839 г.). По воспоминаниям Завалишина, позднее эти наблюдения были посланы декабристами в Берлинскую академию.

Выйдя на поселение, с 1 января 1838 г. к десятилетнему циклу метеонаблюдений приступает в Красноярске бывший полковник лейб-гвардейского Финляндского полка Михаил Фотиевич Митьков. Как отмечает в своей работе В. М. Пасецкий [9], вероятнее всего эти наблюдения были начаты по переданной через енисейского губернатора просьбе А. Я. Купфера, впоследствии лично обработавшего их и подготовившего для печати.

Известно также, что в 1841 г., во время инспекции сети своих обсерваторий, Купфер посетил не только Урал (Екатеринбург, Златоуст, Богословск), но и Сибирь (Барнаул и Нерчинск), где по пути следования (в том числе в Красноярске и Иркутске) во многих гимназиях, училищах и отдельным частным лицам раздавал метеорологические приборы. При этом он собирал уже имевшиеся на местах метеонаблюдения. Таким образом, находясь в Чите и Петровском заводе (Петропавловске), Купфер мог скопировать записи декабриста Петра Борисова. К сожалению, документальных подтверждений его личных встреч с декабристами до сих пор не обнаружено, и были ли они, доподлинно неизвестно.

На ближних подступах к Екатеринбургу, в Ялуторовске, с 1836 г. начинает вести наблюдения декабрист Иван Дмитриевич Якушкин. По его заказу местный умелец сделал ему пружинный термометр, рекомендованный к использованию Академией. Вскоре после прибытия в Ялуторовск Иван Дмитриевич во дворе своего дома на башне в несколько сажень устраивает ветромер. Сила ветра в нем определялась с помощью специальной стрелки, перемещавшейся по циферблату и связанной с флюгером системой колес. Этот ветромер, исправно работавший все двадцать лет пребывания Якушкина в Ялуторовске, был также сделан согласно наставлениям академика Купфера.

С 18 октября 1839 г. на поселении в Туринске оказывается Иван Иванович Пущин. Здесь по просьбе первого директора Царскосельского лицея Е. А. Энгельгардта он переводит научные труды Блеза Паскаля и Бенджамина Франклина. 19 июля 1843 г. Пущин перебирается в Ялуторовск, где вокруг Якушкина собирается к тому времени целая колония декабристов.

Таким образом, в естественно-научном отношении декабристы оказались тем бумерангом, который, будучи нацеленым на Новый Свет, прошелся по всей Сибири и, растратив свой энергетический запас, на обратном пути сумел достичь только Туринска.

В отличие от декабристов «бумеранг» Купфера достиг своей цели, в том числе и в Новом Свете. Действительно, открыв в 1836 г. главный стационарный евроазиатский научный фор-

пост в Екатеринбурге — Екатеринбургскую магнитно-метеорологическую обсерваторию (ЕММО), он приступает к созданию обсерватории в Новоархангельске.

К 1837 г. Русской Америкой управляет Иван Купреянов, бывший спутник декабриста Завалишина по кругосветному плаванию. Осенью 1837 г. в Новоархангельске оказывается английский капитан Эдвард Бельчер (Belcher, 1799—1877) и выполняет здесь измерения магнитного склонения, наклонения, а также напряженности местного магнитного поля. Результаты этих наблюдений вместе с результатами магнитных наблюдений, проведенных им на Кадьяке, в Монтерее, Санта-Барбаре, форте Ванкувер и в других местах, сыграли значительную роль в уяснении закономерностей геомагнетизма и были использованы Гауссом в его знаменитой работе «Общая теория земного магнетизма».

По свидетельству сэра Эдварда Бельчера (в 1848 г. в Лондоне было опубликовано его двухтомное сочинение «Описание кругосветного путешествия» — «Narrative of a voyage round the world»), в Новоархангельске уже было адмиралтейство, на берегу возвышалось деревянное сооружение со стапелем для закладки и строительства судов, а в двенадцати корабельных мастерских делали шлюпки, паруса, мачты и отливали медные части и орудия. Тонкие работы, как-то: изготовление точных инструментов и измерительных приборов от башенных часов до барометров — выполнял священник Иннокентий Вениаминов [1, с. 290], который прославился впоследствии как этнограф и историк Русской Америки.

• Вениаминов Иван Евсеевич (отец Иннокентий; 1797—1879) — выдающийся русский этнограф и деятель православной русской церкви. С 1823 по 1838 г. священник на Алеутских островах и Аляске. С 1840 по 1867 г. епископ Камчатский, Курильский и Алеутский, позднее — митрополит Московский. Автор трехтомных «Записок об островах Уналашкинского отдела» (1840).

Как пишет капитан Бельчер, он застал Вениаминова у телескопов, а также других точнейших приборов, связанных с наблюдениями за небесными светилами. Такая картина резко контрастировала с тем, что в двух шагах от обсерватории бродили люди с раскрашенными киноварью лицами и длинными копьями в руках.

Вероятнее всего Иннокентий Вениаминов и был привлечен Адольфом Яковлевичем Купфером к организации магнитно-метеорологических наблюдений на острове Ситха.

Еще одним человеком, которого Купфер мог привлечь к делам обсерватории на Ситхе, был выдающийся исследователь Русской Америки Лаврентий Алексеевич Загоскин (1808—1890). Известно, что в 1842—1844 гг. Загоскин провел обширные исследования материковых районов Северной Америки, определил широты и долготы большого числа географических пунктов, а также собрал о них ценные метеорологические сведения. Начав свое путешествие в Петербурге в декабре 1838 г., он вполне мог выполнить ряд поручений Купфера, в том числе предназначенных для организации работ в обсерватории не только Новоархангельска, но и Екатеринбурга, а также для интересующих Купфера сибирских наблюдательных форпостов.

• В Екатеринбург Л. А. Загоскин прибыл в 4 часа по полудни 20 февраля 1839 г. За время своего пребывания здесь, помимо обсерватории, он посетил Верх-Исетский завод, Монетный двор, гранильную фабрику и, судя по всему, встретился с представителем Российско-Американской компании Якимом Меркурьевичем Рязановым. 28 февраля 1839 г. Загоскин покинул город [10, с. 332]. Примечательно, что во время своего пути по Сибири он встречался с декабристами, для которых вез письма и вещи. В Новоархангельск Загоскин прибыл только 6 октября 1839 г.

Приблизительно в конце 30-х—начале 40-х гг. директор Компании Гудзонова залива Томас Симпсон (от него Консепсии стало известно спустя тридцать лет о смерти Резанова), делясь своими впечатлениями о Ситхе, упоминает магнитную обсерваторию, располагавшуюся на острове Японском, близ Новоархангельска [1, с. 300]. Ее координаты даны в работе К. Ф. Гаусса «Интенсивность земной магнитной силы, приведенной к абсолютной мере» [11, с. 122—123]. Относительно Гринвича они составляли 57° 3′ северной широты и 224° 35′ восточной долготы. Магнитное склонение в тот период составляло 28° 19′, наклонение — 70° 28′, а напряженность магнитного поля в привычных нам единицах равнялась 0,550 Эрстед (43,78 А/м), что по индукции соответствовало 55 мкТл.

• Эдвард Бельчер измерял напряженность в условных единицах, кото-

рые связаны с Гауссовой системой единиц соотношением: 1 усл. ед. = = 0,0003494.

Любопытно отметить, что эти данные Бельчера для Новоархангельска, использованные Гауссом, уже были не новыми, о чем свидетельствует сам Гаусс в том же труде.

Таким образом, можно констатировать, что эти измерения впервые были выполнены участниками русских кругосветных экспедиций, а отчасти — сотрудниками магнитно-метеорологической обсерватории, не исключено, что и Иннокентием Вениаминовым. В 1841 г. английский ученый Себайн, в свое время опубликовавший данные Бельчера, за материалами русских станций, в том числе и обсерватории в Ситхе, обращается уже к Купферу.

Известно также, что в 1840 г. вышел научный труд Иннокентия Вениаминова «Записки об островах Уналашкинского отдела», который с большим вниманием в творческих целях изучал будущий классик русской литературы Николай Алексеевич Некрасов.

В энциклопедическом словаре Брокгауза и Эфрона о климате Ситхи приводится следующая информация: «Климат умеренный и чрезвычайно влажный. Средняя температура года — 5,7°С; января — 1,0°С; июля — 12,5°С. Осадков 2254 мм в год: более всего в октябре — 307 мм. 239 дней с осадками в году». Это также дань памяти многолетним наблюдениям в Новоархангельской магнитно-метеорологической обсерватории, созданной по инициативе Купфера и на средства РАК.

В течение последующих лет в Новоархангельске формируется богатый архив, в котором хранились обширные и разнообразные сведения о Русской Америке, карты, словари, дневники путешествий.

Однако 18 октября 1867 г. Новоархангельск переходит под юрисдикцию Соединенных Штатов Америки и «русский этап» в деятельности детища Купфера прекращается.

В отличие от созданной практически одновременно Екатеринбургской магнитно-метеорологической обсерватории, действующей до сих пор, обсерватория Купфера на Ситхе после его смерти в 1865 г.просуществовала всего два года. Так завершилась русская естественно-научная экспансия в Новый Свет.

О судьбе материалов и приборов магнитно-метеорологической обсерватории на Ситхе автору практически ничего неизвестно. Как отмечается в работе С. Н. Маркова «Юконский ворон. Летопись Аляски» — основном источнике, по которому подготовлен данный материал, известно только, что библиотека Иннокентия Вениаминова еще некоторое время хранилась на колокольне ситхинского православного собора архистратига Михаила [1, с. 343]. Не исключено, что часть материалов, если они были отправлены в Россию, могла осесть и в Екатеринбургской обсерватории. Такое предположение небеспочвенно, так как, во-первых, сеть обсерваторий только в 1866 г. перешла от Горного ведомства к Академии наук и оно могло воспользоваться своим правом на данные материалы; во-вторых, в 1870 г. Академия приступила к коренной реформе методов метеорологических наблюдений и не соответствующие международным стандартам методики, приборы и материалы утрачивали для нее какое-либо значение.

«Следы» естественно-научных изысканий в Русской Америке могут найтись и в личном фонде уроженца города Кунгура Кирилла Хлебникова (Кунгурский краеведческий музей) — члена-корреспондента Российской академии наук, выдающегося деятеля Русской Америки, коллекционера, друга декабриста Завалишина. Выяснение загадочной судьбы архивов и приборов из ситхинской обсерватории еще ждет своих исследователей.

2.3. РАЗВИТИЕ УРАЛЬСКИХ ГЕОМАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ. ВКЛАД НЕМЕЦКОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ: КАРЛ ГАУСС И ИОГАНН ЛАМОН

После переезда Адольфа Яковлевича Купфера из Казани в Петербург его усилия были направлены на развертывание стандартизированной сети геофизических исследований.

В 1830 г. в Китай отправляется духовная миссия, к которой дополнительно был прикомандирован астроном Егор Николаевич Фусс. Путешествуя в составе миссии по Уралу, Сибири, Монголии и Китаю (1830 – 1832), он выполняет ряд геофизических наблюдений в русле исследований Гумбольдта и Купфера.

• Фусс Егор Николаевич (1806 – 1854) – астроном, директор академической обсерватории в Вильно (ныне г. Вильнюс). Родился в Санкт-Петербурге 13 декабря 1806 г. в семье академика Петербургской академии наук, известного математика, швейцарца по происхождению Николая Ивановича Фусса. Был принят в число воспитанников Академии наук, изучал астрономию под руководством академика Вишневского, а затем совершенствовал свои знания в Дерптском (Юрьевском) университете (1828 – 1629) у Василия Яковлевича Струве.

В 1830 – 1832 гг. по заданию Академии наук совершает путешествие в Сибирь, Монголию и Китай, где выполняет метеорологические, высотомерные (ипсометрические), магнитные и астрономические измерения.

По возвращении в Россию временно читает астрономию в Петербургском университете (1833 – 1834), а в 1835 г. едет в Германию, Францию и Англию знакомиться с лучшими обсерваториями. В 1836 г. совместно с А. Н. Савичем участвует в экспедиции по определению разности высот уровней Черного и Каспийского морей. С 1839 по 1847 г. один из помощников В. Я. Струве в Пулковской обсерватории. С 1847 г. становится директором Вильнюсской обсерватории. Скончался в Вильнюсе 6 января 1854 г.

Находясь во время путешествия в Екатеринбурге (1830), Е. Н. Фусс определяет здесь величину магнитного наклонения (69° 19′) [1; с. 126, 133]. Им были определены склонения и наклонения в Нижнем Новгороде, Казани, Тобольске, Красноярске, Томске, Иркутске (дважды – в 1830 и 1832 гг.), Троицкосавске (Кяхта), Урге (Улан-Батор). Фусс положил начало магнитно-метеорологическим наблюдениям в Пекине [подробно см.: 2; 3].

В 1832 г. по ходатайству Купфера были открыты магнитные обсерватории в Нерчинске и Колывани. В 1834 – 1835 гг.

начались подготовительные работы для открытия магнитно-метеорологической обсерватории в Екатеринбурге, которая по оснащению и перечню решаемых задач должна была стать второй в Российской империи (после обсерватории в Петербурге). К разработке ее архитектурного проекта привлекаются выдающиеся уральские архитекторы И. И. Свиязев и М. П. Малахов.

26 августа 1835 г. унтершихтмейстер Нерчинских горных заводов Занадворов доставил в Екатеринбург два запечатанных ящика с инструментами и аппаратами весом 22 пуда 12 фунтов, которые были приобретены у мастеров Гамбея (Париж), Гаута (Берлин) и Гиргенсона (Санкт-Петербург) [4].

Первое приборное оснащение Обсерватории включало:

1. Психрометр из Берлина.
2. Два плювиметра (один для дождя, другой для снега).
3. Флюгер для ветра.
4. Один термометр от мастера Гиргенсона.
5. Один минимальный термометр.
6. Один барометр от мастера Гиргенсона.
7. Один компас для измерения наклонения от мастера Гамбея.
8. Один компас для измерения наклонения от мастера Гиргенсона.
9. Одни астрономические часы от мастера Гаута
10. Астрономический теодолит с прибавочным аппаратом от мастера Гиргенсона [5, с. 29].

Обсерватория открылась в Екатеринбурге 1 января 1836 г. Так на Урале были возобновлены стандартизированные по международной системе геофизические наблюдения [5, 30].

Летом 1837 г. под редакцией А. Я. Купфера вышел первый том «Метеорологических и магнитных наблюдений, произведенных в Российской империи» [5, с. 31]. В нем были представлены и материалы наблюдений Екатеринбургской обсерватории за 1836 г. Впоследствии такие результаты магнитных и метеорологических наблюдений издавались под редакцией академика Купфера ежегодно.

Первым заведующим (смотрителем) обсерватории стал поручик Петербургского горного института Ю. М. Рейнке [6, с. 68]. Обсерватория была размещена в деревянной постройке на вер-

шине Плешивой горки (место, рекомендованное Александром Гумбольдтом). Координаты обсерватории, приведенные Араго в его «Популярной астрономии» [7], относительно Парижского меридиана, проходящего через Парижскую обсерваторию, составили 56° 48′57″ северной широты и 58° 15′30″ восточной долготы (разница по времени 3 ч 53 мин 2 с). В настоящее время метеорологическая площадка расположена в 2,5 км к юго-востоку от центра города на вершине холма (Обсерваторская горка), который занимает доминирующее положение над окружающей местностью (высота 282 м над уровнем моря) [8, с. 13].

Метеорологические наблюдения проводились восемь раз с 8 до 22 часов местного времени в четные часы [там же].

В 1837 г. Николай I, чтобы ознакомить сына, будущего Александра II, с населением и жизнью государства, которым тому придется управлять, отправляет наследника в продолжительное (около 7 месяцев) путешествие по России. Во время пребывания в Екатеринбурге будущий царь посетил и обсерваторию, откуда любовался красивой панорамой города и Исети. В преддверии визита наследника через Исеть по Сибирскому тракту (ныне ул. Декабристов) был построен каменный мост, получивший название «Царского».

Следует отметить, что, побывав в Сибири и увидев там ссыльных декабристов, царевич обратился к императору с письмом, прося смягчить ссыльным наказание. Ходатайство это было удовлетворено — сроки наказания декабристам были сокращены. Кстати, с подобным ходатайством к царю обращался и Гумбольдт, однако его прошение не возымело желаемого результата.

Визит наследника в обсерваторию имел не только ознакомительную цель: будущий царь должен был воочию убедиться в целесообразности расходования средств, выделяемых государственной казной. Дальнейшее развитие событий показывает, что впечатление, произведенное увиденной обсерваторией, было благоприятным.

Можно отметить также, что, взойдя на престол в 1855 г., Александр II достаточно много внимания стал уделять развитию просвещения. При нем по всей России открывались народные школы для детей и воскресные школы для взрослых, было учреждено множество специальных учебных заве-

дений; открылись три новых университета; появились библиотеки, читальни, музеи и пр. Число издававшихся в стране газет и журналов за годы царствования Александра II с 20 было доведено до 700 [9]. Не исключено, что всему этому дали толчок впечатления о несоответствии количества очагов культуры масштабам империи, вынесенные царем в юности из поездки в Сибирь.

Сейчас следует сделать небольшое историческое отступление для того, чтобы очертить принципиальные достижения в физике магнитных явлений 20—30-х гг. прошлого века.

В 1781 г. Шарль Огюстен Кулон (1736—1806), исследуя кручение шелковых и металлических нитей, устанавливает закон упругого кручения, согласно которому сила закручивания нити зависит от ее материала, пропорциональна углу закручивания, четвертой степени диаметра нити и обратно пропорциональна ее длине. В 1784 г. он создает свои знаменитые крутильные весы — универсальный прибор для абсолютного измерения сил различной природы [10, с. 157].

В 1785 г. с их помощью Кулон устанавливает основной закон электростатики и в том же году конструирует магнитометр — прибор для измерения силы взаимодействия магнитных тел (с конца 20-х гг. XVIII в. — напряженности магнитного поля и т. п.).

Благодаря этому в 1788 г. он убеждается в пригодности основного закона электростатики для описания взаимодействия точечных магнитных полюсов («магнитных масс») [11, с. 147]. Кулон применяет метод определения числа колебаний за данное время точечного магнита, размещенного на конце стержня, который горизонтально подвешен на тонкой нити. При приближении в плоскости качания этого магнита другого точечного магнита период колебаний первого изменялся, что и давало возможность выявить закон взаимодействия точечных магнитных масс.

Описанный метод качания магнита нашел применение и для определения относительной силы земного магнетизма [5, с. 13]. В частности, определять ее по числу качаний стрелки наклонения начал в ходе тихоокеанской экспедиции Лаперуза молодой французский естествоиспытатель Поль де Ламанон [5, с. 13] (по Гумбольдту — Робер, 1752—1787). К сожа-

лению, как известно, вся экспедиция погибла, сам исследователь был убит на островах Самоа, и лишь в одном из его писем, адресованном Парижской академии наук, есть упоминание о том, что магнитная сила в тропиках меньше, нежели в высоких широтах [5, с. 13].

Подобные исследования провел во время своей экспедиции в Южную Америку и Александр фон Гумбольдт. Наблюдения над числом колебаний магнитной стрелки наклонения были выполнены им в 124 пунктах. Гумбольдт первый привел систематизированные данные об увеличении силы земного магнетизма с возрастанием широты к югу и северу от магнитного экватора и всегда считал этот вывод важнейшим результатом своей работы.

По инициативе Гумбольдта был создан Союз наблюдений над земным магнетизмом, охвативший своей деятельностью почти весь мир. Многие путешественники и мореплаватели, в том числе и русские — Крузенштерн, Лисянский, Литке и др., — начали проводить полные магнитные наблюдения, включающие определение магнитных склонения и наклонения, относительной силы земного магнетизма.

В 1820 г. в физике магнитных явлений было сделано несколько важнейших открытий, а именно:

— Х. Эрстед открывает магнитное действие тока на магнит и тем самым закладывает основы электромагнетизма.

— А. Ампер открывает взаимодействие электрических токов и закон такого взаимодействия, а также высказывает гипотезу молекулярных токов и идею эквивалентности токов и магнитов (теорема Ампера), в которых впервые дается обоснованная версия происхождения магнетизма;

— Ж. Био и Ф. Савар открывают закон, определяющий напряженность магнитного поля прямого тока (закон Био—Савара) [10, с. 359].

Все это создает необходимые предпосылки для теоретического и экспериментального определения абсолютных значений напряженности магнитного поля Земли. Исследованиями подобного рода занимались также Ганстеен, Эрман, Симонов и др. Однако принципиально изменить положение дел удалось знаменитому немецкому ученому Карлу Фридриху Гауссу (1777—1855).

В 1828 г. происходит встреча Гаусса с Гумбольдтом, который просит его заняться серьезной математической обработкой накопленного материала и развить математическую теорию магнитных измерений и явлений. Гаусс проявляет к предложению должный интерес [12, с. 272].

В 1831 г. в Геттингенский университет, где работал Гаусс, был приглашен молодой физик Вильгельм Вебер. Вместе с Вебером Гаусс начал проводить исследования по земному магнетизму. Гауссу в то время было 54 года, Веберу — 27 лет.

18 февраля 1832 г. Гаусс пишет Ольберсу: «Я занимаюсь земным магнетизмом, именно — абсолютным определением его напряженности. Мой друг Вебер производит опыты по моим указаниям... (далее указывается способ абсолютного определения горизонтальной составляющей магнитного поля. — *В. Л.*)» [12].

2 августа 1832 г. он сообщает Ольберсу о результатах своей работы и о готовности двух высокоточных приборов, с помощью которых можно измерять абсолютное склонение, его изменения, время колебаний и т. д.

Гаусс при этом не только создает метод абсолютного определения напряженности, но и доводит точность магнитных измерений до уровня астрономических исследований. Им впервые было предложено прикрепить к подвешенному магниту зеркало и измерять малые углы отклонения магнита при помощи зрительной трубы (теодолита) и шкалы, установленной на расстоянии нескольких метров от зеркала. Предложенный Гауссом метод определения напряженности магнитного поля оказался настолько эффективен, что с незначительными изменениями применяется и поныне (метод Гаусса — Ламона).

15 декабря 1832 г. на заседании Королевского ученого общества в Геттингене Гаусс представляет свой труд «Интенсивность земной магнитной силы, приведенная к абсолютной мере» («Jntensitas vis magneticae terrestris ad mensuram absolutam revocata»). Полностью труд был опубликован в 1841 г. в сборнике «Новые сведения Общества королевских ученых Геттингена» («Commentationes societatis regiae scientiarum Gottingensis recentiores», т. 8).

В 1833 г. Гаусс и Вебер создают Геттингенскую магнит-

ную обсерваторию, оснащенную приборами Гаусса. Измерения в ней проводились не ежечасно, а каждые 10 минут.

В 1834 г. по предложению Александра Гумбольдта Гауссом был организован Магнитный союз физиков, проживающих в Германии и за границей [12, с. 272]. Цель заключалась в проведении наблюдений вариаций и бурь магнитного склонения, выяснении зависимости суточного хода склонения и магнитных бурь от географического положения пунктов.

В том же году для повышения точности измерений и их стандартизации приборами Гауссовой конструкции обеспечивается ряд городов Западной Европы (один из них — Мюнхен), а также Петербург и Казань.

В 1836 г. приборы Гаусса получает и Екатеринбургская магнитно-метеорологическая обсерватория. С их помощью определялись абсолютные значения магнитного склонения, его вариации, а также абсолютные значения горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля. Магнитное наклонение измерялось с помощью стрелочного инклинатора Гамбея [1, с. 100].

• Гамбей Анри Прюданс (Gambey Henry Prudence, 1747—1847) — парижский механик и конструктор точных приборов. С 1831 г. член Бюро долгот, с 1837 г. член Парижской академии наук.

С 1837 по 1843 год выходил журнал «Результаты наблюдений Магнитного союза». Именно в «Результатах» за 1838 г. была впервые опубликована работа Гаусса «Общая теория земного магнетизма» («Resultate aus den Beobachtung des magnetischen Vereins, 1838», Gottingen, 1839). В ней он сопоставил свои расчетные значения элементов земного магнетизма с данными различных наблюдателей для 91 пункта земного шара.

Треть использованных Гауссом экспериментальных данных относилась к России [12, с. 122—127]. В основном они были взяты из материалов исследований Ганстеена и Эрмана (1828), Гумбольдта (1829), Фусса (1830), Фритше (1832, 1833) и Федорова (1833). В списке географических пунктов оказался и Екатеринбург.

В отношении Екатеринбурга обрабатывались значения склонения, полученные не только Ганстееном и Эрманом, но и поручиком Ю. М. Рейнке (декабрь 1836 г. — первые магнитные

наблюдения ЕММО) [12, с. 118]. Всего по Екатеринбургу усреднялось три значения склонения и четыре — наклонения (помимо значений Ганстеена и Эрмана, принимались в расчет значения, полученные Гумбольдтом и Федоровым). В более поздних дополнениях к «Результатам» Гаусс приводит сопоставление своих расчетов с данными измерений Ганстеена (1828) для Богословска. Соответствие теоретических данных экспериментальным для всех географических пунктов оказалось блестящим. Даже для Среднего Урала с его сложным местным магнетизмом результаты были вполне приемлемыми. В частности, по напряженности магнитного поля расхождение данных для Екатеринбурга составило 0, 0006 Эрстед (при теоретическом значении H = 0,1613 Э и экспериментальном H = 0,1619 Э); для Богословска — 0,0032 Э (при теоретическом H = 0,1556 Э и экспериментальном H = 0,1524 Э) [12, с. 123].

• 1 Гаусс = 0,0001 Тл; 1 Эрстед = 79,58 (А/м). Индукции магнитного поля в 1 Гаусс в вакууме или воздухе соответствует напряженность поля в 1 Эрстед.

Наблюдения Магнитного союза позволили обнаружить факт одновременного появления магнитных бурь во всех пунктах наблюдений и уменьшение их интенсивности в северном полушарии к югу. Однако делать соответствующие заключения Гаусс не стал, хотя связь магнитных бурь и полярных сияний к тому времени была уже известна.

В октябре 1839 г. в Геттингене собирается Международный магнитный конгресс под председательством Гаусса. От России на конгрессе присутствовал А. Я. Купфер. В решениях конгресса была, в частности, отмечена необходимость оборудовать магнитные обсерватории в Екатеринбурге, Барнауле и Нерчинске так, чтобы они могли проводить магнитные наблюдения в том же объеме, что и английские обсерватории (через каждые 2 часа ежесуточно) [5, с. 32].

Для организации системы таких наблюдений и инспекции технического уровня производимых измерений Купфер предпринимает поездку по вверенным ему обсерваториям.

В 1841 г. он посещает Екатеринбург, и, как отмечено в статье Б. Ширмана «У истоков магнитных наблюдений в России. (К 150-летию Свердловской магнитуо-метеорологической обсерватории)» [13], с того же года в обсерватории начи-

нают проводиться вполне надежные ежечасные наблюдения. По мнению Гаусса, здесь была достигнута высокая степень точности, отвечающая требованиям науки. В целом же роль наблюдательных пунктов, подобных ЕММО, ученый оценил так: каждый из них «представл [яет] тем большую важность для общей теории, чем далее расположен [такой пункт] от имеющихся» [13].

В 1843 г. Купфер был избран ординарным академиком и занялся вопросами русских мер и весов, в чем ему содействовал талантливый механик Академии Гиргенсон.

Годом раньше не без участия Александра Гумбольдта на Урале побывали два выдающихся геолога, иследования которых оказались крайне важными для уяснения возраста и особенностей залегания уральских горных пород. Свидетельством внимания Гумбольдта к этой экспедиции является его письмо от 27 мая 1840 г., адресованное Купферу, в котором он ходатайствует о содействии в путешествии по России двум геологам, «...столь же талантливым, сколь и симпатичным, гг. Мурчисону и де Вернелю...» [14].

• Мурчисон Родерик Импей (Murchison sir Roderic Impey,1792—1871) — английский геолог, член Лондонского геологического общества, директор геологической службы Великобритании и геологического музея. Неоднократно избирался президентом Королевского географического общества. С 1845 г. действительный член Петербургской академии наук (единственный из иностранцев за всю историю Академии). Путешествовал по России в 1840—1841 гг.

• Вернель Филипп Эдуард (Verneuil Philippe Edouard,1805—1873) — геолог, палеонтолог, путешественник, президент Французского геологического общества, член Парижской академии наук. Путешествовал по России в 1840—1841 гг.

Их целью было посетить север Европейской России и изучить палеозойские, в частности силурийские, отложения. Мурчисон хотел также проследить распространение этих отложений на возможно больших площадях. Так же, как и экспедиция Гумбольдта, эта экспедиция была поддержана и профинансирована правительством России. Помимо Мурчисона и Вернеля, в нее входили российские геологи Л. А. Кейзерлинг и Н. И. Кокшаров. По особому распоряжению из столицы горные службы на местах обязывались предоставлять ученым все имеющиеся материалы.

Экспедиция длилась около полугода. Исследователи осмотрели почти весь Урал от Перми до Оренбурга и пересекли горы в широтном направлении несколько раз. В частности, из Перми их путь лежал в Соликамск и Екатеринбург, далее они посетили Богословск и исследовали долины Чусовой, Исети и Миасса. В Ильменах была сделана продолжительная остановка, откуда через Орск экспедиция проследовала в Оренбург и далее в Верхнеуральск и Стерлитамак.

В ходе экспедиции был собран богатейший полевой материал, который существенно дополнили материалы местных горных служб. Это позволило Мурчисону составить фундаментальное описание Уральского хребта объемом в 1700 страниц, которое получило название «Геологическое строение Европейской России и хребта Уральского» («The Geology of Russia in Europe and the Ural»). На английском языке обширный труд Мурчисона вышел в 1846 г., в том же году появилось и французское издание, русский перевод вышел в Петербурге в 1849 г.

В Предуралье Мурчисон выделил неизвестную ранее толщу пород, которую назвал Пермской системой. Геологический период ее образования был назван Пермским. С тех пор этот термин прочно вошел в мировой научный лексикон. Им же было составлено описание Полярного Урала, в котором исследователь одним из первых обратил внимание на наличие здесь ледников. С помощью русских ученых Мурчисон также составил две геологические карты — европейской части России и Урала. Они имели не только большое научное, но и перспективное прикладное значение, так как могли быть использованы для оптимальной оценки природных ресурсов и правильного размещения производственно-хозяйственной инфраструктуры.

Интересно отметить, что примерно в это же время в мировой научный лексикон вошло еще одно название с уральской «родословной» — химический элемент самарий. Его появление стало отголоском пребывания на Урале экспедиции Гумбольдта. Согласно легенде [15, с. 138—139], «в середине прошлого века на Алтае и Урале смотрителем горного округа был инженер В. Е. Самарский-Быховец. Особыми талантами он не отличался. Однажды рабочие принесли ему найден-

ный в Ильменских горах неизвестный минерал очень красивого бархатно-черного цвета. Присутствовавший при этом чиновник предложил назвать минерал в честь смотрителя горного округа самарскитом. Находчивость чиновника была одобрена, минерал «окрещен» и вошел в коллекцию. По названию минерала, в котором был открыт новый элемент, Лекок де Буабодран назвал его самарием. Так было увековечено имя инженера Самарского, ничем не заслужившего такой чести» [15].

На самом деле история эта выдумана с начала до конца. В действительности Густаву Розе во время пребывания экспедиции Гумбольдта на Урале начальником штаба Корпуса горных инженеров Василием Евграфовичем Самарским-Быховцом (1803—1870) была передана коллекция, включающая и описанный выше минерал, добытый в Ильменских горах. В 1839 г. Густав Розе назвал его уранотанталом. В 1846 г. московский химик Р. И. Герман переименовал этот минерал в иттроильменит, так как, по его мнению, в нем присутствовал новый элемент ильмений. Несколько позже Генрих Розе, брат Густава Розе, доказал, что новый элемент всего лишь смесь уже известных элементов и в 1847 г. (Горный журнал. 1847. Ч. 2, кн. 4. С. 118) Густав Розе предлагает: «...изменить название уранотантал в самарскит, в честь полковника Самарского по благосклонности которого я был в состоянии производить над этим минералом все изложенные наблюдения».

С появлением спектрального анализа (Г. Кирхгоф и Р. Бунзен, 1859) в 1878 г. французский химик Делафонтен выделил из самарскита окись, в спектре которой оказались голубые линии неизвестного доселе элемента. В 1879 г. Лекок де Буабодран подтвердил это открытие и назвал новый элемент самарием.

В начале 1849 г. Купфер посылает в Екатеринбургскую обсерваторию новые приборы для наблюдений склонения и горизонтальной составляющей напряженности, при этом особые приборы для абсолютных измерений, а также однонитный и двунитный магнитометры для наблюдения вариаций, конструкции Иоганна Ламона [1, с. 100].

• Иоганн Ламон (Johann Lamont, 1805—1879) — немецкий геофизик и астроном (шотландец по происхождению). Сын управляющего имениями

графа Файфа, близ Бальмораля. В 1817 г. родители отправили Ламона в Регенсбургский бенедиктинский монастырь для поддержания католичества в Шотландии. Однако его стремление к научным знаниям взяло верх над религиозной карьерой, и в Шотландию Ламон не вернулся. В 1827 г. он переезжает в Мюнхен, где устраивается в Богенгаузенскую обсерваторию на должность ассистента, а впоследствии становится ее директором и занимает этот пост до конца своей жизни.

Родственников в Германии Ламон не имел и в частной жизни был совершенным отшельником. Будучи крайне бережливым, он еще при жизни накопил из своего скудного жалованья 50 тысяч марок и пожертвовал их на выдачу стипендий студентам Мюнхенского университета, посвятившим себя астрономии, математике и физике. В завещании к этой сумме он добавил еще 100 тысяч марок. Ламон был членом многих иностранных академий и ученых обществ [16].

В Мюнхенской обсерватории И. Ламон проводил астрономические, метеорологические и магнитные наблюдения. Им, в частности, было определено положение Нептуна (до того, как эта планета была открыта Леверье).

В области метеорологии Ламон разработал (1839) весьма простой, но эффективный способ приведения суммарных значений какого-либо из метеорологических элементов (например, количества осадков) к соответствующим суммам, полученным за тот же срок в течение многолетнего периода наблюдений.

Серьезное внимание он уделял проблеме измерения почвенных температур и пришел к выводу, что земное излучение имеет постоянную величину в каждом конккретном месте земной поверхности, что должно определяться средней температурой почвы за многолетний период.

Ламон также предпринял попытку на основе неодинаковых притоков солнечного тепла на разные широты рассчитывать средние температуры для той или иной параллели. Однако без знания законов теплового излучения, определяющих тепловой баланс (закон Стефана был открыт только в 1879 г.) в то время сделать это было невозможно.

В области земного магнетизма Ламон пользовался исключительным авторитетом. Ему принадлежит изобретение нескольких магнитных приборов и способов наблюдения магнитного склонения, наклонения и напряженности магнитного поля. В период с 1852 по 1855 г. он лично провел наблюдения в 420 пунктах баварской территории, а позднее во многих пунктах за ее пределами. Его труд «Руководство по земному

магнетизму» («Handbuch des Erdmagnetismuss», 1849) стал классической работой в этой области.

Из других примечательных наблюдений по земному магнетизму, проведенных на Урале в XIX в., следует выделить исследования Алексея Андреевича Тилло. Их итогом стал капитальный труд «Земной магнетизм в Оренбургском крае» (60-е гг.).

• Алексей Андреевич Тилло (1839—1899) происходил из французского дворянского рода. Его дед, придерживавшийся ортодоксальных религиозных взглядов, покинул Францию и обосновался в Киеве, так что отец Алексея Андреевича был уже российским подданным. Окончив Киевский кадетский корпус, А. А. Тилло поступает в 1861 г. в Михайловскую артиллерийскую академию, откуда переходит на геодезическое отделение Академии Генерального штаба. После этого еще два года стажируется в Пулкове, а затем начинает самостоятельную научную деятельность. По службе оказывается сначала в Оренбургском военном округе, затем командует Каспийским полком с последующим производством в генеральский чин. Основные научные интересы А. А. Тилло были связаны с проблемами практического нивелирования территорий, находящихся между Каспийским и Аральским морями, а также с измерением земного магнетизма. Самая выдающаяся заслуга А. А. Тилло — создание гипсометрической карты России. Другой его труд — упомянутая выше книга «Земной магнетизм в Оренбургском крае», написанная в годы службы в Оренбурге. А. А. Тилло принадлежит первая сводка всех магнитных определений в России и исследование Курской и Харьковской магнитных аномалий.

В последующем были выполнены интересные геомагнитные измерения в ходе Хивинских походов: в 1873 г. — сотрудником Оренбургского отдела Русского географического общества А. Оводовым* [17], а в 1886 г. — Ф. Шварцем [18].

Из примечательных достижения в области изучения магнетизма в 70—80-е гг. в Екатеринбурге следует отметить исследования по доказательству собственного магнетизма Плешивой горки, на которой находилась обсерватория, выполненные Германом Александровичем Фритше (1839—1913) [20].

---

* О невероятных тяготах хивинского похода 1873 г. рассказывают дневниковые записи одного из пионеров отечественной экологической науки Модеста Николаевича Богданова [19].

2.4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА УРАЛЕ В XIX ВЕКЕ. ВКЛАД ФРАНЦУЗСКИХ ИНЖЕНЕРОВ-ТОПОГРАФОВ АЛЛОРИ И БЕРЖЬЕ

Важным этапом геодезических работ, проводимых в XIX в. на территории нынешней Свердловской области, стали работы, проведенные французскими инженерами-топографами Аллори и Бержье в 1854 – 1865 гг. Эти работы положили начало топографической съемке области с использованием точного (триангуляционного) метода [1, с. 248].

Мысль о проведении триангуляционной съемки в России впервые была высказана, как уже отмечалось выше, Жозефом Никола Делилем в 1737 г. В том же году он приступил к триангуляционным измерениям на льду Финского залива между Кронштадтом и Петергофом. Здесь из деревянных шестов он создает исходный 13,5-верстовой базис, который позднее (в 1739 г.) соединяет треугольниками с несколькими соседними пунктами. К сожалению, осуществить свой проект в то время ученому не удалось. Об этом замысле Делиля вспомнили лишь 80 лет спустя, когда во Франции соответствующими измерениями занялись его последователи Лакайль, Деламбр, Био, Араго и др. [1, с. 65]. Возобновляются же тригонометрические съемки в Петербурге только в 1809 г., и происходит это благодаря стараниям коллежского асессора Нансера, поручика Теннера и подпоручика Диста из Военно-топографического депо. В 1836 г. такие съемки стали вестись между Черным и Каспийским морями (Савич, Фусс и Саблер). Затем в рамках градусного измерения по 52-й параллели, предложенного В. Я. Струве, начинаются тригонометрические измерения в Оренбургском крае, а в 1850 г. их проведение было запланировано и в Уральских казенных заводах на территории нынешней Свердловской области [1, с. 248].

Согласно «Отчету генерал-лейтенанта Гельмерсена о геологических исследованиях, произведенных по Высочайшему повелению на Урале в 1865 году» [2, с. 290 – 315], инициатором этих исследований выступило Тагильское управление заводов, которое и выделило на них значительные средства.

Для выполнения этого важного задания были приглашены два французских инженера-топографа – ученик Лапласа

Бержье (Bergier) и Аллори (Allori). Они приступили к делу в 1854 г. Результатами работы топографов в Тагиле остались очень довольны. Гельмерсен отмечает: «Я видел составленную ими карту ... и могу сказать, что она удовлетворяет даже строгим требованиям» [2, с. 299]. Однако условия, в которых пришлось работать Бержье и Аллори, были не самыми благоприятными. К примеру, помощники инженеров беспрестанно менялись: им мало платили, и люди, едва успев обучиться, увольнялись.

Как следует из архивных материалов [3], топографические работы велись пятью партиями, каждая из которых насчитывала в среднем 24 рабочих и 4 начальника групп, включая начальника партии. Рапорты о ходе съемок начальники партий переправляли Бержье и Аллори, которые с помощью астрономических инструментов проводили прецизионное определение координат, так называемых астрономических пунктов — узлов триангуляционной сетки.

Углы треугольников измерялись десяти-дюймовыми универсальными инструментами работы пулковского механика Брауэра четырьмя приемами, но не оборачивая трубы через зенит [1, с. 248—267].

Судя по всему, непоследовательность и непредсказуемость действий горного руководства привели к тому, что французским топографам пришлось триангулировать каждый горный округ отдельно, покрывая его сплошной тригонометрической сетью и измеряя в каждом особый базис. При этом на тригонометрических пунктах строились простые пирамиды, а так как из-за лесистой местности измерение углов было крайне неудобным, то на первом этапе (до 1860 г.) приходилось вырубать достаточно длинные и широкие просеки, а с 1860 г. — построить высокие сигналы, кустарное исполнение и конструкция которых существенно ограничивали их функциональные возможности и сроки эксплуатации. Вполне вероятно, что чрезмерное желание горного ведомства наискорейшим образом заполучить материалы топографических съемок вынуждало в ряде случаев вопреки правилам проводить топографические работы раньше тригонометрических измерений. Поэтому тригонометрические пункты, нанесенные сначала на съемочные планы цепными промерами, не всегда совпадали с

теми же пунктами, определенными по тригонометрическим вычислениям.

Надо полагать, что именно спешка в конечном итоге привела к тому, что преемник генерала Глинки генерал-лейтенант Фелькнер решил отказаться от услуг французских инженеров-топографов и привлек к топографическим работам офицеров Корпуса военных топографов (КВТ). В 1864 г. эти работы перепоручаются сначала капитану Корпуса военных топографов Маслову, а затем полковнику Васильеву, назначенному начальником нового Уральского тригонометрического измерения [1].

• Маслов Василий Васильевич, 1817 г. рожд., из солдат. Уволен из Корпуса военных топографов в чине полковника в 1867 г.

Следует отметить, что офицеры Корпуса военных топографов выполнили съемку весьма быстро, так как триангуляционная система была уже готова. Полевая часть работ завершилась в 1865 г. Для соединения же всех отдельных измерений в одно целое потребовалось около трех лет. При этом съемку Богословского округа военные топографы выполнили, не пользуясь трудами Бержье и Аллори. Карты же прочих восьми округов, большей частью уже законченные французскими топографами, они поверяли и, где было нужно, исправляли и дополняли.

Гельмерсен, вопреки некоторым неблагоприятным отзывам о картах французских геодетов (при их рассмотрении в Екатеринбурге) подчеркивает: «...тотчас же бросилось в глаза, что листы сильно смяты и изношены, следовательно, были в большом употреблении.

Черчены они безукоризненно и если присовокуплю, что Бержье хороший математик, ученик Лапласа, и отличный геодет, то можно и полагать, что карты его будут немалого достоинства, и что они, как и тагильские карты, будут соответствовать требованиям науки. Во всяком случае эти карты, без сравнения, лучше старых, составленных еще во времена царствования Императрицы Екатерины II, до того недостаточных и неверных, что оне вовсе негодны для серьезных и точных соображений» [2, с. 300].

Полевыми исполнителями топографических съемок, воз-

главляемых Бержье и Аллори, были местные жители и обученные ими землемеры. Так, известно, что первыми начальниками партий были: Быков, Мудрых, Мануйлов, Бровкин, Ватеркампф; начальниками групп — Быков, Лутков, Кибанов, Мануйлов, Сорокин, Бровкин, Портнягин, Ватеркампф, Тегартен. Маленькие группы (по 2—3 человека) возглавляли ученики, например Лаптев и Атманских [4].

Оснащение партий состояло в основном из буссолей и секстантов. Судя по рапортам начальников партий, условия, при которых проходили съемки, были не всегда благоприятны, а иногда и просто опасны для жизни.

Так, из рапорта начальника 4-й топографической партии И. Бровкина от 16 июня 1855 г. следует, что в ночь с 12 на 13 июня в деревне Сосновка подожгли квартиру, где он ночевал. В итоге сгорели секстант № 4, буссоль № 8, молоток, бумаги, перья, карандаши, сургуч. Работу пришлось выполнять заново.

На первом этапе (1854) начали съемку окрестностей деревни Косулино и междуречья Каменки и Камышенки (начальник партии Быков).

Вторая партия выполняло съемку от деревни Вороний Брод на реке Пышме до деревни Мезенки. В зоне первой съемки также оказались территории современного Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС) в Свердловской области (деревни Тыгиш, Беловодье, Чистяковка, Бубново и др.).

С мая 1855 г. 2-я партия под началом Портнягина занялась съемкой территории, на которой в настоящее время расположена Белоярская атомная станция, а 3-я и 4-я партия (начальники Мануйлов, Бровкин) выполняли съемку Челябинской части современного ВУРСа (от озера Сунгуль на восток) [5].

В ведение начальников партий входил и подбор удобных мест для постройки сигналов, предназначенных для геодезических и астрономических наблюдений. Так, в рапорте от 26 апреля 1855 г. горный межевщик Лев Белоусов сообщает Аллори и Бержье, что их поручение по определению удобных мест для астрономических пунктов выполнено [5]. Далее указано, что для них могут быть избраны:

а) уже известная Аллори и Бержье гора Благодать (в даче Кушвинского завода);

б) возвышенные места по трактовой дороге из Екатеринбурга в Верхотурье вблизи Новотурьинского селения (57—65 верст от Кушвинского завода);

в) на горе Высокой, близ дороги, идущей из деревни Мартьяновой в Шайтанский завод через брод на Чусовой, в трех верстах от деревни и в пяти верстах от Шайтанского завода (в даче Илимского пильного завода) и др.

Отмечается при этом, что дороги пригодны для проезда с астрономическими приборами на экипажах.

В результате этой кропотливой работы были построены карты на точной триангуляционной основе большей части Свердловской, Челябинской и частично Пермской областей, включая село Сайгатка, координаты которого в свое время определил Делиль (Бровкин, июль 1857 г.). Всего ими были охвачены девять уральских округов.

О технике тригонометрических измерений, применяемой французскими инженерами-топографами и офицерами Корпуса топографов можно судить по сведениям из «Исторического очерка деятельности Корпуса военных топографов. 1822—1872» Н. В. Соколова [1].

Прибор, служивший для измерения базисов в 2, 3 и 4 версты как французским инженерам-топографам, так и офицерам, состоял из четырех жезлов (длиною в полторы сажени). Каждый из этих жезлов прикреплялся винтом к толстому срубу, расположенному на штативах, снабженных подъемными винтами. Концы жезлов были снабжены деревянными высовками, посредством которых и измерялись малые расстояния между соседними жезлами. Для фиксации жезлов в горизонтальном положении имелись наугольник с алидадой и уровнем.

Углы первоклассной сети измерялись тремя восьмидюймовыми астрономическими теодолитами Эртеля шестью приемами, а второклассной — двумя универсальными приборами работы Эртеля и Брауэра четырьмя или двумя приемами. Относительные высоты 442 точек были определены при измерении взаимных зенитных расстояний и приведены к высоте Богословской метеорологической обсерватории. Для ориентирования самой сети использовались астрономические измерения, проведенные в 1855 и в 1856 гг. Особой уральской

экспедицией, в которой участвовали астрономы Главной (Пулковской) обсерватории.

Следующим принципиально новым шагом в области геодезических исследований на Урале стало использование телеграфа для прецизионного измерения долгот.

Известно, что первые телеграфные конторы на Урале появились в 1861–1862 гг. [6]. Так, в Перми такая контора была открыта 1 августа 1861 г., в Екатеринбурге и Камышлове – в декабре 1861 г., в Тюмени – в январе 1862 г. Все они были оборудованы аппаратами Морзе и относились к военному ведомству. К примеру, штат Екатеринбургской телеграфной конторы в 1862–1863 гг. состоял из шести человек: начальника, поручика, и пяти сотрудников – унтер-офицеров морзистов. Помимо указанных транзитных магистралей, в это время закладываются и первые региональные, внутриуральские линии: Тагил – Екатеринбург, Екатеринбург – Златоуст, Екатеринбург – Ирбит, Екатеринбург – Челябинск, Кыштым – Верхнеуральск, Шадринск – Курган и др.

Благодаря этому обстоятельству в 1866 г., во время хронометрической экспедиции в Пермскую губернию офицеров Генерального штаба капитана Коверского и Емельянова, наряду с методом переноса хронометров, для определения долгот впервые на Урале было использовано телеграфирование [1, с. 285–315].

• Емельянов Николай Александрович, 1837 г. рожд, из дворян. На первом этапе своей деятельности находился при Пулковской обсерватории, где занимался астросъемками. В 1866–1867 гг. выполнял астрономо-геодезические работы в Пермской губернии. С 1869 г. подполковник.

Так как измерения эти связывались с аналогичными работами, проведенными предварительно в Казани, то и долготы семи уральских пунктов, определенных телеграфически, были привязаны к Казани. Способ передачи времени был акустический. Для этого наблюдатели имели электромагнитные реле работы механика Брауэра (судя по всему, электромагниты, при появлении в них сигнала магнитные стрелки отклонялись, и магнитное склонение фиксировалось с помощью часов). Обычно сигналы подавались между двумя определениями времени: до и после его определения восемью хронометрами у каждого из наблюдателей с последующим сопоставле-

нием показаний приборов между собой. Для исключения личного уравнения наблюдатели менялись местами. Был и другой способ, когда разность долгот нескольких пунктов определялась относительно одного, центрального. Так, долготы Екатеринбурга, Ирбита, Тюмени и Шадринска определялись относительно Камышлова. При определении разности долгот между Екатеринбургом, Пермью и Казанью использовался способ перемены наблюдателей местами. Помимо долгот, капитаны Коверский и Емельянов определяли широты этих пунктов.

В этом контексте хотелось бы отметить, что в XIX в. координаты Екатеринбурга уточнялись неоднократно. Исходным пунктом для этого служила Екатеринбургская магнитно-метеорологическая обсерватория.

Широту Екатеринбурга пытались определять многие исследователи. Однако из-за многочисленных перестроек здания обсерватории места, которые избирались в качестве опорных точек, уничтожались, и широту приходилось определять снова.

Так, в 1835 г. за основную точку определения широты Екатеринбурга был взят медный гвоздь, вбитый в вершину деревянного столба, который находился на западной стороне выстроенной в том же году обсерватории. С течением времени медный гвоздь исчез, деревянный столб сгнил и Онисиму Егоровичу Клеру в 1876 г. удалось найти лишь его остатки, на месте которых им был установлен каменный столб [7, с. 111].

Координаты же самой обсерватории, как отмечалось в предыдущей главе, составляли 56° 48′57″ северной широты и 58° 15′30″ восточной долготы (разница по времени 3 ч 53 мин 2 с) относительно Парижского меридиана, проходящего, в свою очередь, через Парижскую обсерваторию.

Долготу Екатеринбурга ученые определяли также не один раз. Для этого использовался хронометрический метод. Однако при отсутствии хороших дорог и при огромных расстояниях, на которые должны были перемещаться хронометры, их ход нельзя было считать идеальным, а измерения, соответственно, точными.

Только в 1873 г., когда для определения долготы стали использоваться усовершенствованные приборы и телеграф, ас-

трономам Генерального штаба Кульбергу и Шарнгорсту удалось точно определить широту и долготу Екатеринбурга.

• Шарнгорст Константин Васильевич, 1846 г. рожд., из дворян. В 1866–1870 гг. находился при Геодезическом отделении Николаевского Генерального штаба. С 1870 г. в чине капитана состоял при Военно-топографическом депо Генштаба; с 1871 г. – при Военно-топографическом отделе Туркестанского военного округа (Оренбург).

Основным пунктом при этом служил мраморный столб близ ограды с северной стороны римско-католического костела (Вознесенский проспект, ныне сквер перед гостиницей «Центральной»). Середина столба находилась под 56° 50′ 9,74″ северной широты и 30° 17′ 30,79″ к востоку от Пулкова.

• Столб геодезистов долгое время являлся достопримечательностью города. Он был сделан из белого мрамора и имел высоту 1, 5 аршина (примерно 1 м 7 см), вершина столба была плоской. На его боковых сторонах в выгравированных треугольниках были слова:

на западной стороне – *по опредѣленію геодезистовъ;*
на южной – *Кульбергъ и Шарнгорстъ;*
на северной – *сѣверной широты 56 гр. 50′ 9,74″;*
на восточной – *восточной долготы 30 гр. 17′ 30,79″ отъ Пулкова.*

Вершина мраморной колонны была плоской и имела форму стола [8, с. 25].

В настоящее время (как также указывалось выше) метеорологическая площадка в Екатеринбурге расположена в 2,5 км к юго-востоку от центра города, на вершине холма (Обсерваторская горка), который занимает доминирующее положение над окружающей местностью (высота 282 м над уровнем моря).

При определении высоты над уровнем моря различных пунктов Урала была использована триангуляционная система на базе трех обсерваторий: Богословской, Екатеринбургской и Златоустовской. В них высота нулевой точки барометра определялась многочисленными нивелировками, а измерение высот производилось барометрически. Серьезной проверкой высот наиболее примечательных из этих точек Урала занимался директор ЕММО Герман Федорович Абельс.

2.5. ВКЛАД УРАЛЬСКОГО ОБЩЕСТВА ЛЮБИТЕЛЕЙ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ В ИЗУЧЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА УРАЛЕ. «ЭПОХА» ОНИСИМА ЕГОРОВИЧА КЛЕРА*

В 60-х гг. XIX в. в России появляется ряд любительских научных обществ, среди которых следует выделить возникшее в 1863 г. Московское общество любителей естествознания и такое же общество, появившееся в 1864 г. в Ярославле. В это время в Ярославле оказывается Онисим Егорович Клер, впоследствии один из основателей Уральского общества любителей естествознания в Екатеринбурге [1, с. 129].

В августе 1867 г. Клер переехал в Екатеринбург и был зачислен в штат мужской гимназии. Сразу же после переезда Онисим Егорович занялся изучением и составлением гербария уральской флоры. Так, летом 1868 г. вместе с братьями Леонидом и Владимиром Сабанеевыми он совершает первое большое путешествие по Уральскому краю [2, с. 47].

• Сабанеев Леонид Павлович (1844—1898) — выдающийся русский зоолог и натуралист. Основные работы посвящены охотничьим и промысловым животным. Его двухтомный классический труд «Рыбы России. Жизнь и ловля (уженье) наших пресноводных рыб» (М., 1875, 1892) в последнее время множество раз переиздавался. Л. П. Сабанеев был также издателем и редактором журнала «Природа» (1873—1877), а с 1878 — журнала «Природа и охота».

Маршрут исследователей включал Екатеринбургский и Верхотурский уезды Пермской губернии: Екатеринбург — Невьянский завод — Николаево — Павдинский завод. Крайней северной точкой пути стал Павдинский Камень, который, как указывалось ранее (гл. 1.3) был одним из основных пунктов на перевале через Уральский хребет в начале его освоения. В этой экспедиции Л. П. Сабанеев занимался в основном зоологическими наблюдениями, а О. Е. Клер — ботаническими [2, с. 47].

В последующем, изучая уральскую флору, Клер выделит новые формы растений: веронику колосистую (Veronica spicata L. v. uralensis), бузульник сибирский (Ligularia sibirica

---

* В основу главы положены материалы книги Л. И. Зориной «Онисим Егорович Клер. 1845—1920 (М., 1989).

L. v. glaucescens), крестовник равнинный (Senecio campester (Retz) DC. v. discoiders) и др. [1]. В долине реки Пышмы им был найден новый вид лютика, который он назвал в честь ботаника Н. И. Кауфмана — Ranunculus Kauffmannii Clerc. В настоящее время название этого вида закреплено в энциклопедическом справочнике «Флора СССР»: Batrachium Kauffmannii (Clerc) v. Krecz. comb. nova. В вопросах определения растений Клер постоянно обращался к известным ученым-ботаникам Н. И. Кауфману, К. И. Максимовичу, Р. Э. Траутфеттеру, Л. И. Шренку, А. Н. Петунникову [там же].

Зимой 1867/68 г. в Петербурге прошел Первый съезд русских естествоиспытателей, который обратился к ученым с призывом более активно изучать природные богатства России. На съезде было отмечено, что до сих пор научные данные о животных и растениях страны ограничиваются сведениями, собранными сто лет назад экспедициями Палласа, Гмелина и Лепехина.

В контексте данной книги здесь необходимо сделать историческое отступление, касающееся истоков исследования флоры и фауны на Урале.

• Как наука ботаника оформляется в 1693 г., когда французский естествоиспытатель и путешественник Жозеф Питтон де Турнефор (Joseph Pitton de Tournefort, 1656—1708) предложил классификацию растений. Впоследствии эта классификация была принята рядом европейских ученых и через них стала известна в России.

• Отправной точкой в зоологических исследованиях нового времени следует считать, по всей видимости, труды швейцарского естествоиспытателя Конрада Геснера (Gesner, 1516—1565), издавшего в 1551—1587 гг. пятитомную «Историю животных», в которой животные описаны и по признаку их среды обитания.

Первые шаги в этом направлении были предприняты Иоганном Георгом Гмелиным во второй половине 1733 г. (см. гл. 1. 3), когда он пересылал материалы и интересные находки в Петербургскую академию наук (для Кунсткамеры) своему учителю, анатому Иоганну Георгу Дювернуа (Du Vernois). Кроме того, на местах для подобных целей он находил сведущих людей. В Екатеринбурге таким человеком, судя по всему, оказался провизор местной аптеки Христиан Мейндерс. Как отмечает Н. С. Корепанов в своем исследовании [3, с. 36], при Мейндерсе Екатеринбургская аптека превратилась в нечто

большее: «По сути, она стала первым в городе научно-исследовательским учреждением... Начал Мейндерс (при нем состояло 2—3 ученика) с ежегодного летнего сбора лекарственных растений и объездов ближних рудников для приискания лечебных минеральных веществ (камень кровавик, магнитная руда, белая слюда, белая и синяя глина и др.). Часть собранного отсылалась для апробации в Академию наук и Московскую медицинскую канцелярию. Дважды в условиях войны ездил Мейндерс на Южный Урал. По его запросам в пермских лесах собирали вересковые и можжевеловые ягоды. С 1739 г. он вел «травник» — первый гербарий уральской флоры. В 1740 г. учредил «аптечный огород» при госпитале, засеяв семена присланных из Москвы и местных трав и кустарников [4, с. 125]. Малая ключевая речка Черемшанка, протекающая через огород, была запружена для полива. В центре огорода срубили беседку для госпитальных больных» [3, с. 36].

Как следует из того же источника, Мейндерс выполнял инструкцию Академии по поиску и описанию всевозможных уродств у людей и животных [3]. Так, «в декабре 1738 г. он лично пытался выходить живорожденную двухголовую козочку, а после ее гибели составил первое на Урале описание животного-мутанта с зарисовкой (опубликовано [5; 6]). Кроме нее им были заспиртованы и отправлены в Кунсткамеру при Академии мертворожденные сросшиеся близнецы из села Шаблишского (1740 г.), урод из Багарякской слободы (1741 г.), сросшиеся животами ягнята из Сысертского завода и двухголовый теленок из Каменской слободы (1745 г.). Для заспиртовки он использовал как заказанные в Москве стеклянные колбы, так и специально изготовленные в Екатеринбурге медные сосуды, луженые внутри [7, с. 949]. Специально предназначенное под аптеку здание было выстроено в 1737 г. примерно на том же месте, где она размещалась прежде — линии напротив церкви; в 1739 г. при аптеке появилась своя лаборатория. По модели Мейндерса в аптечной лаборатории смонтирован был деревянный станок для выжимки экстрактов и масел [8, с. 299]. В 1741 г. над аптекой надстроили камору для хранения трав» [4, с. 36].

В последующем исследование флоры и фауны на Урале

проводилось племянником И. Г. Гмелина Самюэлем Готлибом Гмелиным, Иоганном Готлибом Георги, Иваном Ивановичем Лепехиным, Петром Симоном Палласом, издавшим в 1784 – 1788 гг. замечательный труд «Флора России», и др.

С начала XIX в. такими изысканиями начинает заниматься аптекарь из Богословска Густав Федорович Гельм (родился в 1781 г.), а затем и его сын [9, с. 114]. Во время путешествия по Уралу в 1828 г. Адольфа Яковлевича Купфера ботаническими сборами занимался его спутник Карл Карлович Клаусс, а в 1829 г. – спутник Александра фон Гумбольдта Христиан Готфрид Эренберг. В палеоботаническом отношении следует, по всей видимости, упомянуть об исследованиях Филиппа Эдуарда де Вернеля (de Verneuil) и Родерика Импея Мурчисона.

Начало XIX в. ознаменовалось для Екатеринбурга и появлением одного из самых замечательных парков города – Харитоновского сада (в настоящее время больше известного как парк Дворца пионеров). Возник он как английский сад вместе с комплексом дворца Расторгуева – Харитонова в 1814 г. и в течение первых 12 лет принадлежал купцу первой гильдии Льву Ивановичу Расторгуеву. Однако в 1826 г. за систематическую неуплату земельного налога купца лишили права на сад, и тот перешел в общественное пользование [10, с. 167]. Так этот парк, впоследствии описанный Д. Н. Маминым-Сибиряком в «Приваловских миллионах», стал первым в городе общественным садом.

• Следует отметить, что активное озеленение города начинается лишь спустя сто лет. Так, в первой половине 20-х гг. XX в. озеленяется улица Ленина (бывший Покровский бульвар), плотина городского пруда. В 1926 г. на бывшей Малаховской площади был заложен парк имени Энгельса, в 1928 г. – сквер у «Пассажа». В годы первой и второй пятилеток высаживаются клены на улице Пушкинской, закладывается сквер у здания бывшего обкома партии, у Оперного театра, у стадиона «Динамо». На месте бывшего хлебного рынка появился дендрарий. Был озеленен соцгородок Уралмаша. Всего в 1931 – 1941 гг. было создано более ста зеленых массивов общей площадью около 400 га [10, с. 169].

Но вернемся к событиям 1867 – 1868 гг.

Идеи, высказанные на Первом съезде русских естествоиспытателей были поддержаны материально указом Александра II. В частности, в соответствии с ним правитель-

ство предусмотрело денежные пособия для естественно-исторических обществ, создающихся при университетах.

Сразу после этого начинается организация таких обществ: в 1868 г. общество естествоиспытателей появилось в Петербурге, в 1869 г. — в Казани, Харькове, Киеве и Одессе.

В это же время начинается работа по созданию подобного общества и в Екатеринбурге. Его инициаторами при деятельном участии О. Е. Клера становятся преподаватели мужской гимназии и Уральского горного училища. С помощью Наркиза Константиновича Чупина (1845—1920), управляющего горного училища и большого знатока Урала, был разработан проект устава и программа деятельности Уральского общества любителей естествознания (УОЛЕ).

11 сентября 1870 г. Александр II дал Высочайшее разрешение на учреждение Общества естествознания, и 28 сентября министром народного просвещения, статс-секретарем И. Д. Деляновым был утвержден устав Общества.

29 декабря 1870 г. в актовом зале мужской гимназии (ныне гимназия № 9) Онисим Егорович Клер зачитал официальное уведомление об утверждении в Министерстве народного просвещения устава Уральского общества любителей естествознания (УОЛЕ) и объявил об открытии Общества.

3 января 1871 г. было избрано руководство Общества. Его президентом стал горный инженер, исполняющий обязанности главного начальника Уральских заводов Владимир Александрович Граматчиков, вице-президентом — врач Верх-Исетских заводов Александр Андреевич Мислáвский, ученым секретарем — Онисим Егорович Клер.

Основными задачами Общества были названы:

а) изучение и исследование Уральского края в естественно-историческом отношении [11];

б) распространение естественно-исторических знаний среди населения края [12, с. 1].

Ближайшими задачами Общества стали:

— собрание и обработка материалов по медико-статистическому исследованию горных заводов (П. В. Рудановский);

— исследование климатических условий возможно большего числа географических пунктов на Урале (О. Е. Клер, М. Н. Мельникова);

— составление учебных ботанических коллекций (О. Е. Клер);
— составление материалов по этнографии (П. М. Вологодский).

Кроме этого, Общество считало необходимым создание при нем краеведческого музея и научной библиотеки.

Сразу после открыти Общества О. Е. Клер начинает вести обширную переписку с научными обществами и учреждениями, с тем чтобы они помогли новорожденному УОЛЕ какими-либо пожертвованиями в его музей и библиотеку.

Через год музейное собрание насчитывало уже около 4,5 тысячи предметов, включая гербарий более чем из 300 листов, собрание минералов и горных пород, зоологическую и палеонтологическую коллекции.

Почетными членами УОЛЕ становятся видные отечественные и иностранные ученые: директор Главной физической обсерватории Генрих Иванович Вильд (1873), выдающийся отечественный геолог Николай Павлович Барбот де Марни (1871), один из пионеров исторической географии растений и учения о культурных растениях швейцарский ученый Альфонс Августович де Кандоль (de Candolle, 1872), упомянутый выше сэр Родерик Импей Мурчисон (1871) и др.

• Известно, что в Россию Г. И. Вильд, как и сам О. Е. Клер, прибыл из Швейцарии, где занимал первоначально место приват-доцента физики в Цюрихском, а затем Бернском университете. В последнем по поручению швейцарского правительства он занимался организацией сети метеостанций и создал до сих пор используемые метеорологами флюгеры, получившие его имя — флюгеры Вильда. Все точки метеорологического мониторинга в Екатеринбурге оснащены именно этими флюгерами.

• Альфонс де Кандоль (1806—1893) известен как инициатор международных кодексов ботанической номенклатуры. В 1858 г. был избран иностранным членом-корреспондентом Петербургской академии наук. В 1871 г. выходит его классическая работа «Экспериментальные попытки совершенствования растительных видов посредством продленного климатического эффекта» («Tentative d'experiences sur la question des modifications dans les espictes vйgйtables a la suite d'un effet prolongй du climat»), которую он тотчас же отсылает О. Е. Клеру [13].

В контексте данного исследования отметим, что А. де Кандоль стал продолжателем А. Гумбольдта, развивая географию растений, и сформулировал основные законы географического распространения растений сообразно с широтой места. Первый из них гласит: «Число пород тайнобрачных растений увеличивается относительно числа явнобрачных по мере удаления от экватора»; второй: «Пропорция двусемянодольных увеличивается относительно односемянодольных по мере приближения к экватору».

Из этих законов следовало, что по мере приближения к экватору все чаще встречаются более совершенные формы растений и пышнее протекает жизнь высокостоящих в растительной иерархии растений; на территориях, которые получают минимум солнечной энергии, можно было ожидать наличия лишь растений низшего типа [14, с. 144].

В 1875—1876 гг. Общество принимает у себя в музее первых почетных гостей: профессора геологии и палеонтологии Петровской сельскохозяйственной академии Г. А. Траутшольда, знаменитого шведского полярного исследователя А. Е. Норденшельда и его спутников, известного немецкого зоолога, автора популярного издания «Жизнь животных» А. Брема. В коллекции музея Брема поразил своими размерами клык мамонта, и он заявил, что до сих пор не видел ничего подобного.

• Норденшельд (Nordenskiold) Нильс Адольф Эрик (1832—1901) — шведский исследователь Арктики, член Стокгольмской академии наук (1858), иностранный член-корреспондент Петербургской академии наук (1879). Исследовал Шпицберген, Гренландию, в 1878—1879 гг. на корабле «Вега» первым прошел северо-восточным путем из Атлантического океана в Тихий (с зимовкой).

• Брем (Brehm) Альфред Эдмунд (1829—1884) — немецкий зоолог и просветитель. Наблюдения, вынесенные им из путешествий по Африке, Европе, Западной Сибири и другим местам, легли в основу его знаменитой многотомной энциклопедии «Жизнь животных» (в 9 т.; 1—6, 1863—1869 гг.; в русском переводе ее книги первоначально появились в 1911—1915 гг. и позднее — в 1937—1948 гг.). Благодаря живым описаниям «образа жизни» и «характера» животных, книги Брема стали для многих поколений лучшим популярным руководством по зоологии. С 1863 по 1866 г. А. Э. Брем был директором Гамбургского зоопарка; стал создателем берлинского аквариума (1867). Заметки о пребывании Брема в Екатеринбурге можно найти в журнале «Урал» (1968. № 6. С. 187) и газете «Вечерний Свердловск» от 29 января 1968 г.

После ревизии М. А. Рыкачевым в 1872 г. Екатеринбургской магнитно-метеорологической обсерватории Онисим Егорович Клер [15, с. 35] получает предложение стать ее руководителем и в том же году занимает место заведующего обсерваторией. С этого времени он занимает все ключевые должности в Екатеринбурге, связанные с развитием здесь естественно-научных исследований.

В августе 1873 г. Клер представлял УОЛЕ на IV Съезде русских естествоиспытателей в Казани, где известил коллег о выходе в свет первого тома «Записок УОЛЕ». Это событие стало важным не только для Общества, но и для города, так

как после издания в 1808—1810 гг. сочинений И. Ф. Германа* в екатеринбургских типографиях печатались только одни официальные документы.

Желая сделать «Записки УОЛЕ» изданием, в котором будут представлены все уральские открытия и новейшие исследования, Клер привлекает к сотрудничеству в нем ведущих ученых: А. П. Карпинского, Г. А. Траутшольда, ботаника из Женевы А. де Кандоля. В 1878 г. он пишет письмо Д. И. Менделееву, в котором просит выслать несколько фунтов тяжелого нефтяного масла и помочь в изготовлении химического фотометра. На эту просьбу Менделеев ответил только пространным письмом [16;17].

В 1878 г. сам О. Е. Клер в «Записках УОЛЕ» печатался регулярно. Назовем для примера такие его публикации, как статья «О дождемерах», в которой он приводит и описание дождемера собственной конструкции [18, с. 113—125], инструкция по наблюдению за грозами [19, с. 219—225] и статья о результатах таких наблюдений [20, с. 89—164].

«Записки УОЛЕ» давали обширную информацию о работе Общества: о собираемых УОЛЕ коллекциях, книжном фонде, о проводимых мероприятиях, — публиковали многочисленные естественно-исторические материалы, в том числе по истории создания Екатеринбургской магнитно-метеорологической обсерватории и о ее фондах [21, с. 1—103].

• В книжный фонд членов Уральского общества любителей естествознания попадали самые разнообразные книги. В контексте нашего описания интересно отметить, что от почетного члена Общества известного русского минералога и кристаллографа, академика Николая Ивановича Кокшарова (не путать с владельцем поместья Метлино, тестем Л. П. Сабанеева и также членом УОЛЕ К. И. Кокшаровым; ок. 1822—1886) поступила книга французского ученого Деклоазо «Об употреблении микроскопа, поляризатора и т. д.» [13]. К сожалению, не удалось установить, проводились ли членами УОЛЕ или сотрудниками ЕММО наблюдения с поляризационными трубками Араго и др.

В 1879 г. Онисим Егорович Клер прошел стажировку в Главной физической обсерватории в Петербурге, так что те-

---

* Имеется в виду книга Ивана Филипповича Германа «Историческое начертание горного пространства в Российской империи» (Екатеринбург: Горная типогр., 1810. 223 с. (есть в Фонде редкой книги Свердловского областного краеведческого музея).

перь его можно было считать и квалифицированным специалистом по академическим магнитно-метеорологическим наблюдениям на Урале.

• В 1885 г. деятельность О. Е. Клера как заведующего Екатеринбургской магнитно-метеорологической обсерваторией прерывается, что было связано с ее переходом от Горного ведомства к Академии наук и с переподчинением ЕММО Главной физической обсерватории. Последняя посчитала необходимым укрепить ЕММО профессиональными кадрами. Так в Екатеринбургской обсерватории появляется метеоролог с университетским образованием Герман Федорович Абельс.

О. Е. Клеру, не имевшему диплома, в должности было отказано. Он воспринял это болезненно и надолго, до 1890 г., оставил метеорологические занятия. Клер вернется к ним уже в качестве члена метеорологической комиссии УОЛЕ.

Тем не менее выдающейся научной заслугой Онисима Егоровича Клера следует считать не его метеорологические наблюдения, а составление им первой в России программы фенологических наблюдений и его личное содействие ее реализации на Урале [15, с. 37—38].

• Начатые О. Е. Клером фенологические наблюдения на Урале продолжил замечательный уральский краевед-фенолог Владимир Алексеевич Батманов (1900—1980). Не имея высшего образования, он стал выдающимся советским фенологом, опубликовавшим более 150 научных работ и создавшим на Урале обширную сеть фенологических наблюдений (с участием более тысячи человек). Его прекрасную работу «Развитие озимой ржи в Свердловской области» можно найти в [15, с. 254—270]. «Биоклиматический календарь Свердловска», опубликованный Батмановым в 1949 г., может считаться классическим образцом изучения сезонной динамики природы. К сожалению, его подвижническая деятельность материально, по сути, не поддерживалась, так что на склоне лет он и его семья жили в основном с урожаев их приусадебного участка.

В 1887 г. в Екатеринбурге состоялась Сибирско-Уральская научно-промышленная выставка. Выставочный комитет УОЛЕ готовился к ней три года. На его призыв принять участие в выставке откликнулись почти 4 тысячи предприятий, организаций и отдельных лиц. Три отдела выставки из семи — естественно-исторический, географический и археологический — знакомили посетителей с результатами научных исследований на Урале и в Сибири. Остальные четыре — демонстрировали промышленную и сельскохозяйственную продукцию.

За время проведения выставки в ее павильонах побывало

более 80 тысяч человек. Ее посетили русские и иностранные ученые, представители немецкого и шведского правительств, австрийских и итальянских научных обществ. За счет экспонатов выставки, большая часть которых была пожертвована Обществу, существенно обогатился его музей.

Несколько позже, в 1909 г., при активном участии членов УОЛЕ, в том числе и Онисима Егоровича Клера, по примеру Москвы, где в 1908 г. открылся народный университет А. Л. - Шанявского [22, с. 33—36], была предпринята попытка создать общедоступный университет и в Екатеринбурге [23]. Однако в силу разных обстоятельств тогда сделать это не удалось. Тем не менее большая подвижническая деятельность членов Уральского общества любителей естествознания в конечном итоге привела к тому, что в Екатеринбурге появилось первое высшее учебное заведение — Горный институт. В этом смысле УОЛЕ с полным правом можно считать катализатором научно-познавательной активности в Екатеринбурге и создателем в городе научно-ориентированной интеллектуальной среды.

2.6. ПРОДОЛЖЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ УРАЛЬСКИХ ВОД В XIX ВЕКЕ

Очень вероятно, что анализ уральских вод на кислотность, а возможно, и по другим показателям, выполнялся уже участниками экспедиции Гумбольдта (1829).

• В то время возможно было лишь качественное определение кислотности, по реакции лакмуса. Количественная ее оценка стала возможна только в 1909 г., после введения в научный обиход водородного показателя pH. Заслуга в этом принадлежит датскому химику Сьерену Сьеренсену (1868–1939).

Однако первые документальные свидетельства об изучении состояния уральских вод, найденные автором, относятся к концу 30-х – началу 40-х гг. прошлого века. В частности, «Ведомости о состоянии воды в прудах Уральских горных заводов», хранящиеся в Государственном архиве Свердловской области (ГАСО) датированы 1842 г. [1], а первые химические испытания Сергинских минеральных вод [2] – 1839 г. (последние испытания были проведены екатеринбургским аптекарем Густавом Федоровичем Гельмом, г. рожд. 1781 [3]).

В целом же первый этап исследования уральских вод был связан с установлением особенностей водного режима рек в зависимости от климатических условий. К его планомерному изучению в 1874 г. приступает Навигационно-описная комиссия Министерства путей сообщения. Исследования, начатые этой комиссией, продолжались до 1894 г. В результате были составлены планы, карты и атласы большинства уральских рек: Камы, Белой, Чусовой, Урала, Тобола, Туры и др. [4].

Изучение подземных вод Урала начинается только с середины XIX в., когда возникает интерес к минеральным источникам с целебными свойствами. Первые исследования такого рода выполнил в 1850 г. Линдежен [4].

В 1870 г. доктор В. С. Вышинский заинтересовался терапевтическими свойствами Курьинских и Алапаевских минеральных вод. Особый интерес вызвали у него два источника близ села Курьинского, расположенного на берегах реки Пышмы, в 35 км от Камышлова. При анализе степени минерализации Курьинских вод было установлено, что они дают осадок от 0,0180 до 0,094 г на 1 л воды. Действие на лакмус

оказалось сильнощелочным. Вода содержала карбонаты железа, марганца, кальция, магния, натрия. Помимо них, были обнаружены также сульфаты кальция, калия, натрия, хлорид натрия и ряд других химических соединений. По классификации немецкого бальнеолога Зеемана (Seemann), вода была отнесена к разряду железисто-кислых минеральных вод и по составу оказалась очень близка к бельгийским водам «Ша» («Cha») и баварским водам «Штебен».

• Бертольд Зееман (1825—1871) — известный немецкий бальнеолог, ботаник и путешественник, исследователь Центральной и Южной Америки, основавший в 1864 г. в Лондоне «Журнал британской и иностранной ботаники» («Journal of British and foreign botany»).

В 1873 г. Онисимом Егоровичем Клером и Андреем Михайловичем Соловьевым был сделан анализ Обуховских и Сергинских минеральных вод [5, с. 43]. В частности, Обуховские воды оказались гидрокарбонатно-хлоридными натриевыми и могли быть успешно применены для лечения хронических гастритов, колитов и заболеваний печени. Источник располагался в селе Обуховском Камышловского района.

• Андрей Михайлович Соловьев (XIX—XX вв.) был горным инженером и членом УОЛЕ с 1874 г. Известен своими исследованиями в 1874—1876 гг. минеральных ключей Камышловского уезда [3].

Следующие известные автору исследования химического состава уральских вод связаны с именем Александра Ианурьевича Дрездова*.

• Дроздов Александр Ианурьевич (1842—1891) — горный техник, сотрудник Уральской химической лаборатории (с 1861 г.), член УОЛЕ. По роду службы занимался исследованием месторождений каменного угля, железных руд и хромистого железняка. Автор ряда публикаций. В частности, в «Записках УОЛЕ» опубликованы его статьи «Анализ воды Челябинских озер Смолино и Усково» (1881, т. 7I, вып. 7), «Анализ Курьинских и Алапаевских минеральных вод» (1879, т. 5, вып. 25). Частично эти сведения воспроизведены в «Отчете Уральской химической лаборатории за 1879—1884 годы» (СПб., 1885. 144 с.) и «Отчете 1-го Съезда уральских химиков (14—20 июля 1903 г.)» (Екатеринбург, 1903. 60 с.). В 1876 г. работал в составе экспедиции под руководством А. П. Карпинского [3].

---

* Перечень последующих работ по изучению уральских вод приведен в «Указателе к томам I—XL «Записок УОЛЕ», подготовленном П. П. Макаровым [6].

Об уровне исследований Дрездова можно судить по его анализу состава воды рек Каменки и Позорихи, который был выполнен в 1885 г. [7]. Необходимо было найти наиболее подходящий источник технического и питьевого водоснабжения для станции Островской на Каменской ветке Тюменской железной дороги. При оценке пригодности вод для питания паровых котлов и для питья учитывались их прозрачность, запах, вкус, минерализация и химический состав (прежде всего — жесткость).

Вода реки Каменка (№ 1) оказалась бесцветной и прозрачной, особого запаха и привкуса не имела. При нагревании из нее выделялись пузырьки углекислого газа и появлялся осадок карбонатов кальция и магния («углесолей извести и магнезии»). При выпаривании досуха ее осадок приобретал светло-бурый цвет, который при прокаливании (до температуры красного каления) делался несколько темнее и скоро исчезал.

У воды реки Позорихи (№ 2) был слабо-желтоватый оттенок, но она не утрачивала прозрачности; особого запаха и вкуса не имела; при выпаривании досуха давала осадок бурого цвета, который при прокаливании чернел (от обугливающихся органических веществ).

В 1 л воды (1000 $см^3$) воды содержалось (в граммах):

Химический компонент	Вода	
	№ 1	№ 2
$CaSO_4$	0,035568	0,030321
$CaCO_3$	0,127419	0,124134
$MgCO_3$	0,096786	0,127788
$FeCO_3$	0,004350	0,005800
NaCl	0,012217	0,029321
SiO_2	0,012000	0,027000
Органических веществ	0,054000	0,112000
Всего:	0,342340	0,456364
Минеральных веществ	0,288340	0,344364
Органических веществ	0,054000	0,112000

На основе этих анализов был сделан вывод, что для технических нужд пригодна вода обеих рек, однако вода Каменки предподчтительна как более мягкая.

В санитарном же отношении вода реки Позорихи оказалась значительно хуже воды реки Каменки, так что без предварительной очистки ее нельзя было использовать для питья и приготовления пищи. Вода Позорихи содержала слишком много органических веществ (0,142 г на литр), а наличие хлористого натрия указывало на загрязнение ее от разложения органических тел, преимущественно животного происхождения.

В итоге можно заключить, что исследования химического состава уральских вод, начавшиеся в XVIII в., к концу XIX в. приобретают «классический» характер.

2.7. ИЗУЧЕНИЕ АТМОСФЕРЫ И АТМОСФЕРНЫХ ЯВЛЕНИЙ. НАЧАЛО УРАЛЬСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Первые попытки аэрологических исследований в Екатеринбурге были предприняты участниками академического отряда Беринга и оставленными ими наблюдателями. Так, с 1734 по 1746 г. ими были проведены измерения направления ветра и выполнены качественные оценки его скорости.

Позднее эти исследования возобновляются Пышминским метеорологическим пунктом Мангеймского общества, а с 1836 г. – Екатеринбургской магнитно-метеорологической обсерваторией. Однако приборные (количественные) оценки скорости ветра начинаются только в 1876 г., когда на крыше здания обсерватории по распоряжению О. Е. Клера был установлен флюгер Вильда. В 1886 г. начинаются наблюдения за ветром по анемометру Мюллера и анемографу Готтингера [1, с. 43].

Высотные аэрологические исследования на Урале неразрывно связаны с использованием в метеорологических целях воздушных змеев и шаров-зондов, поэтому вкратце коснемся истории их появления и служения научным целям.

Змейковые исследования

Воздушный змей был изобретен древнегреческим ученым Архитом Тарентским (ок. 428–365 до н. э.) примерно между 400–365 гг. до н. э. [2, с. 227]. Позднее, как игрушка, он использовался в Китае, Японии и Новой Зеландии. Однако его научная «жизнь» начинается только с 1748–1749 гг., когда шотландский астроном, будущий создатель теории солнечных пятен (1774), профессор астрономии из Глазго Александр Вильсон (1714–1786) впервые с помощью змея поднимает в воздух термометр [2, с. 212].

В 1749–1752 гг. с помощью воздушных змеев проводит свои знаменитые наблюдения над грозовым электричеством Бенджамин Франклин (1706–1790), а в 1756 г. специальный трактат теории воздушного змея посвящает Леонард Эйлер [2, с. 228].

Известно также, что в ходе арктической экспедиции 1836/37 г. с помощью змеев пытался поднимать термометры командир судна «Террор» адмирал Бэк.

Однако как постоянный рабочий инструмент змеев начинают использовать в научных целях американские метеорологи Марвин, Мак-Эдди и Гамон.

В наибольшей степени была оценена метеорологами конструкция устойчивого коробчатого змея Поттера. Позднее появились удачные модели змеев Грибоедова, Ламсона и Николя [2].

Одним из важных достижений американских ученых стало первое поднятие на змее термографа (обсерватория Блю Хилл, США, 4 августа 1894 г.).

В России воздушными змеями в 1850 г. занялся генерал Константин Иванович Константинов (1817 – 1871), который решил использовать их для целей военной сигнализации [2, с. 228].

Затем в научных целях змейковые наблюдения стали проводить в порядке частной инициативы сотрудники Павловской обсерватории. В 1897 г. они построили первых отечественных метеорологических змеев для определения высоты слоя облаков. В 1898 г. на одном из таких змеев был поднят анемограф конструкции М. А. Рыкачева, а в конце того же года – баротермограф Ришара. С 1899 г. змеями регулярно занимались С. Д. Грибоедов (рассчитал и построил коробчатого змея оригинальной конструкции) и В. В. Кузнецов (построил полуцилиндрического змея) [2, с. 229].

К первым змейковым исследованиям в Екатеринбурге приступили в 1906 г. [2, с. 42]. Запускаемые для изучения верхних слоев атмосферы змеи, а также метеографы для змеев и шаров-зондов были системы В. В. Кузнецова. Для слежения за полетом шаров использовался теодолит системы де Кервена. Исследования проводились под руководством Павла Карловича Мюллера. Змеи запускались по специальным международным дням, когда это позволяла погода [1, с. 227; 3]. Так, с помощью подъема на змеях метеографов в Екатеринбурге впервые начались наблюдения за инверсиями температуры. Например, 4 ноября 1909 г. в 9 часов 35 минут была зафиксирована инверсия температуры на высотах от 190 м (-20,5°С) до 1020 м (-3.3°С) [1, с. 238]. Таким образом, змейковые исследования на Урале позволили приступить к выявлению особенностей местного атмосферного термического режима.

Исследования с помощью воздушных шаров

Воздушные шары стали использоваться для научных исследований сразу же после их изобретения (1783) братьями Жозефом (1740 – 1810) и Этьеном (1745 – 1799) Монгольфье.

• Архивные материалы свидетельствуют, что уже в 1731 г. в Рязани подъячий Нерехтец Крякутной большой мешок «надул дымом поганым и вонючим, от него петлю сделал, сел в нее и нечистая сила подняла его выше березы...» [2, с. 212]. Невежественные современники пытались закопать в землю и даже сжечь злополучного пионера воздухоплавания, так что он едва спасся, и о его опытах больше ничего не известно.

Первым применил для научных целей в том же 1783 г. изобретение братьев Монгольфье французский физик Жак Шарль (1746 – 1823) [2]. Он построил воздушный шар из прорезиненной ткани, впервые использовав для его наполнения водород, и 7 июля поднялся на шаре с научными приборами. У земли его термометр показал температуру +8°С, а в точке наивысшего подъема -9°С. С помощью барометра Шарль определил, что наибольшая высота подъема составила 3467 м.

• Получение водорода в значительных количествах способом Кавендиша (1766 г., см. гл. 1.8) оказалось очень дорогим, поэтому позднее Лавуазье и французским военным инженером Жаном Менье (1754 – 1793) был предложен более эффективный способ получения больших (промышленных) количеств водорода. Он заключался в том, что водяной пар пропускали через раскаленный орудийный ствол. Происходила реакция:

$$3 \cdot Fe + 4 \cdot H_2O = 4 \cdot H + (FeFe_2)O_4,$$

в результате которой выделяется водород.

В дальнейшем водяной пар стали пропускать через раскаленные железные опилки в специальных печах.

В России такую установку, не зная работ французских химиков, создал в 1803 г. Яков Дмитриевич Захаров (1765 – 1805) использовал ее для наполнения водородом воздушного шара.

Воздушный шар сразу же привлек внимание как ученых, так и широкой публики. Есть сведения, что Эйлер накануне своей смерти занимался задачей о скорости «аэростатических машин». Лавуазье и Франклин обдумывали программы возможных аэростатных научных исследований. Для пилотов и изготовителей воздушных шаров шар стал средством рекламы и заработка. Так, американец Джон Джефрис (1744 – 1819) заплатил 100 гиней (100 долларов) французскому пилоту Жану Бланшару (1753 – 1809) за подъем на шаре из Лондо-

на (1784). Чуть позже сам Джефрис поднялся на воздушном шаре и провел барометрические и термометрические исследования, а также сделал забор проб воздуха на разных высотах, чем, по всей видимости, положил начало высотным исследованиям химического состава атмосферного воздуха [2, с. 213].

7 января 1785 г. Джон Джефрис и Жан Бланшар поднялись из Дувра и впервые в истории воздухоплавания пересекли Ламанш. Спустя 12 лет французский воздухоплаватель Жак Гарнерен совершает в Париже первый прыжок с парашютом и доказывает тем самым, что воздухоплавание можно сделать безопасным.

В 1803—1804 гг. предприимчивый делец Робертсон делает из подъемов на воздушном шаре цирковое шоу, которое показывает в Париже, Гамбурге и Риге. Когда же он прибывает в Санкт-Петербург, Академия наук не жалеет денег и оплачивает ему подъем на шаре с научными целями.

30 июня 1804 г. вместе с Робертсоном со двора Павловского военного училища на шаре поднялся академик химик Яков Дмитриевич Захаров (1765—1836) и выполнил первые российские аэрологические исследования. В частности, он зафиксировал наибольшую высоту подъема в 2480 м, где температура воздуха составила -6°С (на земле было +24°С). Так как полет происходил после захода солнца, эти температурные значения оказались без погрешностей. В ходе полета проводились наблюдения над магнитной стрелкой [2, с. 213].

В том же году Французская академия наук (Лаплас и Бертолле) решает организовать научные подъемы на аэростатах. 4 августа 1804 г. два молодых физика Жан Батист Био (1774—1862) и Жозеф Луи Гей-Люссак (1778—1850) поднялись до высоты 3980 м. Во время второго подъема (16 сентября 1804 г.) Гей-Люссак достиг высоты почти в 7000 м. Этот подъем вполне удовлетворительно подтвердил разработанную Лапласом теорию рефракции, согласно которой наблюдаемая в природе рефракция имеет место с высоты в 7000 м при разности температур 46°С. Прямой эксперимент показал перепад температур в 40°С, а наблюдения за магнитной стрелкой — неизменность величины магнитного поля на разных высотах от поверхности земли.

25 июля 1783 г. с Марсова поля в Париже был поднят первый шар-пилот для исследования перемещения воздушных масс. Наблюдатели, разместившиеся на крышах военного училища и обсерватории, на башне собора Парижской богоматери, определяли с помощью теодолитов углы и направления движения шара, а с помощью хронометров — скорость его смещения. С этого времени перед полетом на воздушном шаре для определения вероятного направления его полета начинают запускать шары-пилоты.

Интересно отметить, что экспедиция Ф. Ф. Беллингсгаузена, совершившая на судах «Восток» и «Мирный» в 1819—1821 гг. кругосветное путешествие, также ставила одной из научных задач наблюдения за направлением верхних ветров с помощью небольших шаров-пилотов. Результаты этих работ, к сожалению, малоизвестны. В этих исследованиях принимал участие будущий ректор Казанского университета астроном Симонов (см. гл. 2.1).

5 сентября 1862 г. английский естествоиспытатель Джеймс Глешер и его пилот Коксвелл подняли аэростат на высоту 8840 м. От недостатка кислорода Глешер потерял сознание и пришел в себя лишь через 13 минут. Впоследствии он предположил, что за это время шар успел подняться до высоты 11 300 м, где обессилевшему Коксвеллу удалось зубами потянуть веревку вентиля и заставить аэростат снижаться.

В ходе своих многочисленных подъемов Джеймс Глешер измерял давление воздуха, температуру, влажность, содержание озона, качания магнитной стрелки. Специально для подъемов он создал особо чувствительный, «мгновенный» термометр-рашпер (gridiron-thermometer), с помощью которого можно было делать до 18 отсчетов в минуту [2, с. 215].

В мае 1868 г. свои первые подъемы на аэростате делает Михаил Александрович Рыкачев (1840—1919), который после окончания Петербургской морской академии (1865) проходил стажировку в Гринвиче у астронома Джорджа Эри и упомянутого выше метеоролога Джеймса Глешера.

В полете Рыкачев измерял психрометром влажность, барометром-анероидом — давление, термометром Глешера — температуру. 1 июня 1873 г. на шаре «Жюль Фавр» со двора Павловского военного училища вместе с пилотом Бюнелем

Рыкачев поднимается до высоты 4016 м. С помощью теодолитов шар наблюдали из Пулкова, Кронштадта и Санкт-Петербурга. Одновременно высоты вычислялись по барометрической формуле [2, с. 216].

В 1880 г. под председательством Рыкачева, являвшегося в то время заместителем директора Главной физической обсерватории, организуется воздухоплавательный отдел (ВО) Русского технического общества (РТО).

В 1887 г. для изучения свойств разреженных газов из Клина во время солнечного затмения на воздушном шаре совершает подъем уроженец Тобольска Дмитрий Иванович Менделеев (1834—1907) [2, с. 216]. Он достигает высоты 3350 м. Для измерения малых изменений давления Менделеев использовал изобретенный им в 1873 г. дифференциальный (воздушный) барометр. Суть прибора заключалась в том, что наполненный воздухом сосуд был погружен в водяную ванну и это давало возможность точно фиксировать его температуру. Присоединенная к сосуду U-образная манометрическая трубка с тяжелым нефтяным маслом позволяла определять давление с точностью до тысячных долей миллиметра.

В 1884 г. военное ведомство создает комиссию по применению воздухоплавания в военных целях. Преобразованная в 1890 г. в учебный воздухоплавательный парк. она становится инициатором производства в России аэростатов и дирижаблей. Значительную роль в этом сыграл Александр Матвеевич Кованько (1856—1919) — начальник воздухоплавательной школы (с 1910 г.), генерал-лейтенант (1913). Им была предложена идея использования в военных целях привязанных аэростатов.

Во второй половине 80-х — начале 90-х гг. XIX столетия значительную роль в деятельности воздухоплавательного отдела РТО играл Михаил Михайлович Поморцев (1851—1916) — автор первого русского учебника по синоптической метеорологии (1899) [4, с. 74]. В 1891 г. он опубликовал научные результаты 40 подъемов на аэростатах, осуществленных ВО РТО и воздухоплавательным парком в период с 1885 по 1890 г. [4, с. 27].

Метеорологические приборы на аэростатах без экипажа были впервые подняты в марте 1892 г. племянником знаме-

нитого математика Шарля Эрмита. Эрмит в Париже начал запускать так называемые бумажные «потерянные шары» (ballons perdus, объем около 1 м^3), к которым прикреплялась анкета с просьбой сообщить место и обстоятельства падения шара, а также показания приборов по указанному адресу. Наполнялись шары светильным газом [2, с. 233].

С 1896 г. получают распространение международные (синхронные) подъемы аэростатов. Первый подъем состоялся в ночь с 13 на 14 ноября 1896 г. В нем приняли участие аэростаты «Генерал Вановский» (из Санкт-Петербурга), «Стрела» (из Варшавы), «Академия» (из Мюнхена), «Бюссар» (из Берлина) и беспилотные шары-зонды «Кобчик» (Санкт-Петербург), «Аэрофиль III» (Париж), «Циррус» (Берлин).

«Кобчик» был первым российским шаром-зондом [2, с. 234]. Объем его составлял 250 м^3, т. е. был существенно больше, чем у современных шаров этого типа.

18 февраля 1897 г. французский шар-зонд «Аэрофиль III» поднял построенный Кальете прибор для забора проб воздуха. В пробе, взятой на высоте 15 км (около 6 л) состав воздуха оказался почти таким же, как и на земле: 20,79% кислорода, 0, 94% аргона. Это наблюдение подтвердило более поздние выводы ученых о концентрационном постоянстве состава атмосферы вне зависимости от высоты [2, с. 234].

Следующие подъемы шаров-зондов проводились 13 мая и 27 июля 1897 г., 3 мая и 8 июня 1898 г., 24 марта и 3 октября 1899 г. Подъемом зондов в России в основном занимался воздухоплавательный парк в Санкт-Петербурге. Демонстрационный запуск аэростата был проведен 29 июля 1899 г. в Киеве во время съезда русских естествоиспытателей и врачей. Поднялись на нем Кованько и Кузнецов, развив скорость до 120 км/ч.

Результаты температурных исследований, полученные с помощью шаров-зондов в 1898— 1902 гг. (более 540 подъемов), обобщенные французским аэрологом Леоном Филиппом Тейсераном де Бором (Teisserenc de Bort, 1855—1913), показали, что в средних широтах выше 8—9 км повсеместно наблюдается замедление роста температуры и прекращение ее понижения на высоте 11 км, т. е. в этом высотном интервале была обнаружена изотермическая зона. На бо́льших высотах тем-

пература начинала возрастать, т. е. наблюдалась температурная инверсия [2, с. 236].

Слои атмосферы, находящиеся выше изотермического слоя, де Бор назвал стратосферой (от лат. stratum — слой и сфера), а слои, лежащие ниже изотермического слоя, — тропосферой (от лат. tropos — поворот и сфера), так как они являются поворотными в температурных изменениях атмосферы (в тропосфере содержится почти весь водяной пар атмосферы Земли и 4/5 ее массы) [2, с. 236].

28 апреля 1902 г. результаты своих обобщений де Бор доложил в Парижской академии наук. Эту дату, по всей видимости, и можно считать датой официального вхождения в научный лексикон вышеупомянутых терминов.

В январе — феврале 1901 г. Тейсеран де Бор с целью проведения масштабных исследований зимних аэрологических условий большого континента снаряжает в Санкт-Петербург и Москву экспедицию под руководством швейцарского ученого де Кервена (1879—1927). Последний, находясь в России, выпустил 3 шара-зонда в Санкт-Петербурге и 23 шара-зонда в Москве [2, с. 238]. Экспедиция де Кервена обнаружила на территории России меньшие градиенты температуры, нежели в Западной Европе, а изотермическая зона и вовсе была зафиксирована ею только один раз [там же]. По всей видимости, это послужило толчком для дальнейших более детальных исследований в Москве и в глубококонтинентальных регионах России.

В 1905 г. начала свою работу постоянная аэродинамическая обсерватория, расположенная под Москвой, у станции Кучино. Первый подъем шара-зонда состоялся здесь 6 апреля 1905 г.; третий зонд, поднятый в Кучино, достиг высоты 18,44 км [2, с. 239]. Кроме аэрологических, обсерватория занималась аэродинамическими и многими другими исследованиями. В ее работе принимали участие Николай Егорович Жуковский (1847—1921), отец русской аэродинамики, и В. В. Кузнецов.

В Екатеринбурге исследования с помощью шаров-зондов начались с 1908 г. В частности, шары были запущены 3 апреля и 3 сентября; шары-зонды — 8 и 30 июля. Результаты этих подъемов, обработанные Павлом Карловичем Мюллером, приведены в издании «Константиновская обсерватория» (СПб., 1909).

Как видим, и этот вектор научных исследований в России, и в частности на Урале, тоже был задан французской школой исследователей окружающей среды.

Регулярные шаропилотные наблюдения в Екатеринбурге начинаются с 1923 г. В 1935 г. организуется особый аэрологический центр и аэрологические наблюдения переносятся в село Нижнеисетск, расположенное в 11 км от Свердловска. В этом центре использовались все известные тогда методы исследования высоких слоев атмосферы: шары-пилоты, шары-зонды, подъем метеорографов на самолетах, а также радиозонды [1, с. 45].

Первая аэрологическая характеристика Свердловска на основании этих данных была сделана И. М. Бушевым [5, с. 227–257].

В настоящее время шары-радиозонды для исследования верхних слоев атмосферы запускаются ежедневно в 10 часов 30 минут местного времени из геофизической обсерватории, расположенной в лесу рядом с поселком Верхнее Дуброво (запуск радиозондов можно наблюдать, добравшись до станции Косулино). Здесь же проводятся ионометрические и озонометрические наблюдения.

Стратостатные исследования

Развивающаяся потребность в аэрологических исследованиях привела к появлению еще одного очень важного направления в них – стратостатного, связанного с созданием аппаратов для высотных исследований атмосферы.

К первым высотным достижениям, полученным с помощью стратостатов, следует отнести подъем швейцарского профессора Огюста Пиккара (Picard, 1884–1962), который на аэростате собственной конструкции 27 мая 1931 г. достиг высоты 15 781 м, а в следующем году поднялся на высоту 16 370 м.

30 сентября 1933 г. в Кунцеве, где находился сформированный еще при царе 4-й Воздухоплавательный дивизион, был запущен стратостат «СССР-1», который достиг высоты 19 км. Таким образом, рекорд Огюста Пиккара был побит. Сделали это Георгий Прокофьев (командир 4-го Воздухоплавательного дивизиона), Константин Годунов (инженер московского

завода «Каучук», занимался пропиткой шелковой ткани, специально сделанной на Богородско-Глуховской мануфактуре) и пилот Эрнст Бирнбаум.

30 января 1934 г. там же, в Кунцеве, стартовал ленинградский стратостат «Осоавиахим-1», в экипаж которого входили Павел Федосеенко (1898 – 1934), бывший командир 9-го воздухотряда армии Блюхера, Андрей Васенко (1899 – 1934), один из проектировщиков стратостата, и молодой физик, ученик академика Иоффе Илья Усыскин (1910 – 1934). Им удалось подняться на высоту 22 км, но при спуске гондола, в которой находился экипаж, оторвалась и стратонавты погибли.

• В связи с гибелью воздухоплавателей в Советском Союзе был объявлен траур. Хоронили их как национальных героев. Сталин, Молотов и Ворошилов несли урны с прахом погибших по Красной площади.

В отечественных стратостатных исследованиях особая роль принадлежит Кучинской обсерватории. В 1918 г. она была преобразована в Институт космической физики с очень широким кругом задач: аэрологических, метеорологических, магнитных, сейсмических и др. Здесь были начаты получившие известность работы Сергея Леонтьевича Бастамова по искусственному климату [см. например: 6] и многие другие.

Последующие успехи в изучении высотных слоев атмосферы были связаны уже с ракетно-космической техникой.

2.8. АКТИНОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЕКАТЕРИНБУРГЕ

Как отмечалось в главе 1.4., первые шаги в области создания приборов для оптических геофизических исследований были сделаны в XVIII в. В XIX в. их разработка продолжилась. Здесь прежде всего следует отметить труды Доминика Франсуа Араго, который в 1815 г. создал так называемый поляризационный цианометр [1, с. 316]*. Однако распространения в научной среде он так и не получил.

Следующий, принципиальный шаг в оптических исследованиях был сделан М. Мейерштейном, построившим первый спектрометр (1857) [2, с. 362]. В 1858 г. Генрих Иоганн Вильгельм Гейсслер (1815—1879) в своей мастерской в Бонне (мастерская создана в 1854 г.) создал более удобный прибор в виде трубки с разреженным газом и двумя впаянными в стекло электродами (трубка Гейсслера), предназначенную для изучения спектра газов, и высказал мысль о том, что химическая природа газа может быть определена по цвету его свечения [2, с. 78].

В 1859 г. Густав Робер Кирхгоф (1824—1887) и Робер Вильгельм Бунзен (1811—1899) разработали основы спектрального анализа и открыли с его помощью два новых элемента: цезий (1860), а затем рубидий (1861) [2, с. 363].

В 1889 г. американский астроном Джордж Эллери Хейл (1868—1938) и в 1892 г. независимо от него французский астроном Анри Деляндр (Deslandres, 1853—1948) изобретают спектрогелиограф [3, с. 68]. Позднее Анри Деляндром был систематически исследован спектр нескольких участков Солнца, а Джорджем Хейлом в 1908 г. было открыто магнитное поле солнечных пятен [4, с. 1451].

К сожалению, европейский прогресс в области оптических атмосферных и заатмосферных явлений коснулся России только к концу XIX в.

Первые актинометрические работы в России связаны с Магнитно-метеорологической обсерваторией в Павловске, основанной в 1878 г. Она была создана для работ методическо-

---

* Поляризационный цианометр Араго подробно описан в книге Александра фон Гумбольдта «Космос» (М., 1866. Т. 3. С. 115—116)..

го характера, а также для испытания новых приборов, предназначенных для проведения наблюдений, не искаженных влиянием большого города (Петербурга) [5, с. 16]. До 1917 г. судьба обсерватории складывалась благополучно. На ее базе возникли отечественные актинометрические, аэрологические, атмосферно-электрические и другие геофизические направления. Но в 1919 г. при наступлении Юденича на Петроград обсерватория была до основания разрушена. Практически ее пришлось воссоздавать заново. Повторно она была разрушена немецко-фашистскими захватчиками в 1941-м. И хотя затем обсерваторию восстановили, но разработку ряда научных направлений от нее передали в Москву, и главенствующая роль была ею утрачена. В связи с этим хотелось бы отметить огромную значимость для мировой науки практически беспрерывного функционирования в течение 165 лет Екатеринбургской магнитной и метеорологической обсерватории.

Начало актинометрических работ в Павловске было положено Орестом Даниловичем Хвольсоном (1852—1934) в начале 90-х гг. прошлого столетия [1, с. 320; 5, с. 39; 6]. Именно Хвольсон изобрел и сконструировал лучшие для своего времени актинометр и пиргелиометр [7; 8, с. 419—420], которыми на начальной стадии актинометрических исследований пользовались и в Екатеринбурге. Впоследствии исследования Хвольсона были развиты С. И. Савиновым, который также изготовил ряд оригинальных приборов и впервые в мире начал применять автоматическую запись солнечной радиации с помощью солнечного актинографа [5, с. 39].

Помимо названных, в Павловской обсерватории трудились такие известные актинометристы, как Николай Николаевич Калитин (1884—1949), организовавший в Павловске Институт актинометрии и атмосферной оптики, и Василий Владимирович Шулейкин (1895—1979), сконструировавший приборы для точных актинометрических наблюдений в море во время хода корабля, что дало возможность советским актинометристам провести наиболее широкие исследования в морях и океанах.

Кроме исследований, проводившихся в Павловске, необходимо сказать и об исследованиях профессора Московского сельскохозяйственного института Владимира Александрови-

ча Михельсона. В 1894 г. он предложил ледяной калориметр, а вскоре после этого построил первый надежный актинометр, получивший его имя и широкое распространение во всем мире [1, с. 321].

• Михельсон Владимир Александрович (1860—1927) — русский геофизик, один из основоположников отечественной актинометрии. Автор трудов по тепловому излучению, статистической физике, физике горения, сельскохозяйственной метеорологии.

Интереснейшие исследования выполнил в Киеве профессор Р. Н. Савельев. Им, в частности, была установлена зависимость между изменениями величины «солнечной постоянной» и числом пятен на Солнце (1894) [3, с. 527]. Впоследствии это открытие русского ученого было подтверждено исследованиями американского астронома Чарлза Грили Аббота (1872—1973) [3, с. 527] и сыграло фундаментальную роль при разработке Александром Леонидовичем Чижевским (1897—1964) его знаменитой теории.

До 1917 г. актинометрические исследования в России проводились только в 5 пунктах: Павловске (Петербург), Москве, Киеве, Одессе и Екатеринбурге [1, с. 323].

В Екатеринбурге первые актинометрические исследования начались в 1896—1898 гг.* [9, с. 44]. Они проводились с помощью актинометра Хвольсона, который был рекомендован к использованию во всех русских обсерваториях [там же]. Результаты этих исследований были представлены в 1899 г. П. К. Мюллером в «Записках Академии наук».

С 1915 г. начинаются наблюдения по прибору В. А. Михельсона и по актинографу Крова—Савинова [9, с. 44]. Прибор Михельсона считался самым лучшим для своего времени «рабочим» актинометром. С 1893 по 1926 г. он испробовал ряд конструкций актинометра. Решительно отвергнув варианты актинометра с жидкостными термометрами, являющиеся недостаточно чувствительными к солнечной радиации, Михельсон в конце концов использовал идею биметаллической пластинки (медь и

---

* Описание этих исследований дается по статье: *Поздеев В. Г.* Актинометрические наблюдения в Екатеринбурге // Свердловская магнитная и метеорологическая Обсерватория. 1836—1936: Юбил. сб. Свердловск, 1936. 287 с.

платина), изгибание которой оказалось постоянным и пропорциональным потоку падающего тепла. Чувствительность пластинки была очень высока, а время ее «установления» было достаточным для проведения непрерывных измерений (около 10 секунд). Пластинчатый актинометр Михельсона был построен в 1905 г., позднее в его конструкцию вносили изменения сам изобретатель, а также Калитин и Мартенс. Удобство прибора обеспечило его широкое практическое использование [1, с. 321].

В 1893 г. появляется прибор, «составивший эпоху в актинометрии — пиргелиометр Онгстрема» [1, с. 321]. В нем разность температур двух медных пластинок, затемненной и освещенной, измерялась с помощью термопары. Актинометр Онгстрема ЕММО удалось получить из Слуцка (Павловска) в июне 1916 г. [10, с. 181]. До 50-х гг. он оставался основным актинометрическим прибором, и, хотя его нельзя в полном смысле слова считать абсолютным прибором, он оказался точным и весьма надежным в эксплуатации.

В 1905 г. Онгстрем построил пиргелиометр для измерения излучения земли, а в 1916 г. — облаков. Несколько ранее приборы для этих целей были построены Абботом и Олдриджем (1916) и позднее (1934) — Янишевским [1, с. 321].

В Екатеринбурге актинометрические исследования до 1934 г. велись с перерывами [9, с. 45]. Первые попытки систематических измерений солнечной постоянной были начаты в 1915 г. с помощью прибора Михельсона [10, с. 181]. С 27 июля 1916 г. в околополуденное время стали проводиться наблюдения над напряжением солнечной радиации с помощью пиргелиометра Онгстрема.

Для учета сумм тепла солнечной радиации в ЕММО в 1915 г. был установлен актинограф Крова, модифицированный в Павловске. Пишущая часть этого прибора находилась в помещении обсерватории на специально утановленном каменном столбе. Приемник-гелиостат размещался на башне обсерватории на высоте 13 м от поверхности земли.

В работе актинографа за 1916, 1918, 1919 гг. были значительные перерывы: в 1916 г. — с 14 июля по 11 августа и с 7 по 13 сентября; в 1918 г. — с 1 по 18 июля и в 1919 г. — с 1 июня по 1 октября.

Наибольшие полуденные значения солнечной радиации, опре-

деленные с помощью указанных приборов, пришлись на апрель и достигали 1,39—1,42 ккал/см²·мин. Наименьшими значения радиации оказались в декабре—январе (0,93—0,99 ккал/см²·мин), что составило 72% от наибольших [10, с. 182—183].

В 1934 г. в ЕММО было организовано актинометрическое отделение, в задачи которого входило изучение и учет прихода-расхода лучистой энергии и исследование радиационных свойств атмосферы. Наблюдения и их обработка проводились по инструкциям Международной постоянной актинометрической комиссии [9, с. 45].

Оснащение актинометрического отделения ЕММО на первом этапе его работы включало:

а) абсолютные приборы типа Онгстрема для измерения солнечной радиации и ночного излучения компенсационным методом (пиранометр, пиргеометр, пиргелиометр);

б) относительные приборы — пластинчатый актинометр Михельсона, пиранометр и альбедометр Калитина, пиргеометр Савинова;

в) для непрерывного учета и регистрации сумм тепла — актинограф и пиранограф образца Слуцкого (Павловского) института актинометрии [9].

Обзор первого этапа исследований радиационного режима Свердловска был сделан В. Г. Поздеевым [9, с. 45]. Им же были сделаны первые оценки влияния мутности атмосферы на величину приходящей солнечной радиации. Наибольшая прозрачность атмосферы, как указывалось выше, отмечалась в апреле. В целом же было обнаружено, что количество энергии, приходящей на горизонтальную поверхность, убывает пропорционально синусу угла высоты солнца и влияние мутности почти не обнаруживается. К основным фактором повышения мутности атмосферы в порядке их приоритетности причислялись: абсолютная влажность (количество водяного пара в воздухе), запыленность и задымленность атмосферы.

Следует отметить, что с актинометрическими проблемами в конце XIX—начале XX в. переплелись проблемы воздействия солнечной радиации на человеческий организм и живое вещество в целом, изучение которых в конечном итоге привело к пониманию особой роли озона в атмосфере и происходящих в ней физико-химических процессов. Изучение распре-

деления озона в атмосфере, в свою очередь, стимулировало развитие некоторых разделов молекулярной физики, в частности физики разреженных газов.

Исторической точкой отсчета в уяснении роли озона в атмосфере следует считать, по всей видимости, 1881 г., когда при объяснении отличия спектров земных раскаленных тел от спектров звезд и Солнца (не содержащих лучи с длинами волн менее 290 нм), Гартлеем была высказана гипотеза о поглощении более коротких ультрафиолетовых лучей внеземного происхождения атмосферным озоном [1, с. 324].

В 1893 г. датским врачом Нильсом Рюбергом Финзеном, а затем его последователями было изучено влияние ультрафиолетовых лучей на здоровый и больной организм. Особенно активным оказалось действие солнечных лучей с длинами волн менее 300 нм, т. е. в диапазоне, который приходится на область наибольшего поглощения озоном [11, с. 15] (важно отметить, что с этой спектральной световой составляющей организм сталкивается реже всего и соответственно к ней он наименее адаптирован — информационно не подготовлен).

• Финзен (Finsen) Нильс Рюберг (1860—1904) — датский физиотерапевт. Основные труды посвящены рассмотрению биологического действия ультрафиолетового излучения и его применению для лечения туберкулеза кожи. Разработал научные основы светолечения. Лауреат Нобелевской премии (1903) [4, с. 1419]

Для измерения интенсивности ультрафиолетовых лучей в таких экспериментах был предложен метод фотоэлементов, действие которых основывалось на открытом Генрихом Герцем в 1887 г. явлении фотоэффекта. Особо эффективными оказались фотоэлементы с фотокатодами, сделанными из калия, натрия и цезия [1, с. 324]. Используя эти фотоэлементы, в 1922 г. в Павловске были впервые в мире начаты систематические исследования ультрафиолетового излучения Солнца [там же].

Окончательным доказательством поглощения атмосферным озоном коротковолновой ультрафиолетовой составляющей излучения Солнца стали исследования Шарля Фабри, проведенные им в 1913—1920 гг. в Марселе [1, с. 324—325].

Для экологов принципиально важным оказалось то, что именно озон ответственен за поглощение наиболее физиологически значимой радиации Солнца и что удалось опреде-

лить количество озона и положение слоя с наибольшей его концентрацией в атмосфере (см. гл. 1.8).

Связь колебаний концентрации озона с солнцедеятельностью была зафиксирована в 70-е гг. XIX в. Так, Моффа (Moffat) в 1874 г. показал, что в годы усиления солнцедеятельности, при максимуме солнечных пятен, количество озона в атмосфере становится значительно больше, чем в годы минимального пятнообразования. В последующем, когда был установлен факт повышения интенсивности ультрафиолетового излучения при повышении пятнообразования, удалось выявить соответствующую связь между интенсивностью ультрафиолетового излучения, количеством озона в атмосфере и явлениями в живой природе. Так, из озона и аммиака ультрафиолетовые лучи образуют амиловый нитрат и нитрит — соединения, которые имеют очень большое значение для всей органической жизни и, несомненно, оказывают сильное влияние на многие процессы в растительных и животных сообществах [3, с. 193].

Исследованиями связи количества озона в воздухе с числом солнечных пятен занялись на более высоком качественном уровне в 1922 г. в Оксфорде Добсон, Харрисон и Лауренс [3, с. 574]. В 1931 г. Добсон создал один из первых оптических приборов для измерения суммарного озона, т. е. количества озона в вертикальном столбе атмосферы, численно равном толщине «чистого» газообразного озона в этом столбе при нормальных условиях. Численная величина, 10^{-3} атм·см, соответствующая этой характеристике (подробнее см. в гл. 1.8), в честь исследователя получила название добсоновской единицы (Д. Е.) [11, с. 11].

В СССР, судя по всему, проблемами связи содержания озона в атмосфере со здоровьем занимался Николай Николаевич Калитин (1889—1949). В частности, им была опубликована монография «Основы физики атмосферы в применении к медицине» [10, с. 211].

К сожалению, точную дату первых исследований атмосферного озона в Екатеринбурге автору установить не удалось. Скорее всего они были начаты в конце 30-х гг. в аэрологической обсерватории, расположенной вблизи поселка Верхнее Дуброво.

2.9. ИЗУЧЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА В XIX ВЕКЕ. ПРОДОЛЖЕНИЕ УРАЛЬСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 1803 г. Павел Эрман заметил, что около стволов отдельно стоящих деревьев электрическая сила направлена горизонтально. В связи с этим им же впервые была выдвинута теория, в которой предполагалось, что полный заряд Земли не равен нулю, а Земля обладает своим отрицательным зарядом [1, с. 320]. Из этой теории следовало, что явления, наблюдаемые с помощью электроскопов, возникают вследствие индукции, вызываемой зарядом Земли.

• Павел Эрман (Erman, 1764 – 1871) – немецкий физик, сын известного в свое время историка Жан-Пьера Эрмана. С 1810 г. профессор физики в Берлине и член Прусской академии наук. Занимался электричеством, магнетизмом, гидрологией и оптикой. Обзор его работ дан Дюбуа-Раймоном (Du Bois-Reymond) в «Известиях Королевской академии наук в Берлине» («Abhandlunden der Konigl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin», 1853).

Впоследствии, в 1842 г., мысль Эрмана развивал французский физик Жан Шарль Анастаз Пельтье (1785 – 1845). На большом экспериментальном материале им было показано, что действительно, независимо от того, суша это или вода, земная поверхность заряжена отрицательным зарядом [2, с. 544].

24 августа 1804 г. Жозеф Луи Гей-Люссак и Жан Батист Био поднимаются на воздушном шаре до высоты 3890 м и в ходе своего подъема проводят ряд физических опытов, в том числе и по ослаблению с высотой Вольтова столба [3, с. 213]. Эти измерения, по всей видимости, и следует считать пионерскими в области высотных исследований атмосферного электричества.

• При исследовании электрического поля в высотных слоях атмосферы с помощью воздушного шара используют разность потенциалов, так называемый градиент потенциала, создающийся на двух коллекторах, опущенных с шара на веревках разной длины.

Несколько позже к проблеме атмосферного электричества как одного из геофизических компонентов обращается Доменик Франсуа Араго. Живой интерес проявляет к нему и Гумбольдт. В письме к министру финансов России Канкрину от 10 апреля 1844 г., в преддверии открытия в Санкт-Петербур-

ге Главной физической обсерватории, он отмечает: «Я горячо желал бы, чтобы атмосферное электричество и внутреннее тепло Земли, которые г. Купфер наглядно изобразил своими геоизотермическими линиями, составили предмет серьезных исследований. Маленькие элементы для заряжения атмосферным электричеством, какими пользовался некоторое время Арго в Парижской обсерватории, и привязные баллоны будут весьма пригодны для изучения электричества атмосферы. Так как земной магнетизм, может быть, представляет не что иное, как действие токов, индуктируемых атмосферным электричеством и тепловым действием Солнца, то электрические и магнитные наблюдения должны производиться одновременно. Это особо важно во время редких, к сожалению, северных сияний, представляя собой световой эффект магнитных бурь» [4].

Вопрос о том, в каком соотношении находятся градиент потенциала электрического поля атмосферы и колебания солнцедеятельности, долгое время оставался открытым. Тот факт, что между ними существует прямая зависимость, был впервые отмечен Вислиценусом (Wislizenus) на основании наблюдений в Сент-Луи в период с 1861 г. по 1872 г. Затем последовала работа Хри (Chree), который на основании наблюдений в Кью, близ Лондона, проводимых с 1898 по 1904 г., нашел обратную зависимость между этими двумя явлениями, а именно установил, что в годы минимальной солнцедеятельности градиент потенциала атмосферного электричества оказался повышенным [2, с. 550].

В 1888 г. шведский физико-химик Сванте Август Аррениус (1859 – 1927) развил теорию, основанную на предположении, что отрицательный заряд Земли рассеивается в воздухе под действием ультрафиолетовых лучей, идущих от Солнца. Эта теория объясняет годичный период изменения напряженности электрического поля Земли. Позднее Аррениус пытался доказать, что Земля и Луна наэлектризованы отрицательно и что существует связь между величиной градиента потенциала электрического поля и зенитным расстоянием Луны [1, с. 321 – 322]. Теорию, в которой заряд Земли не равен нулю, в 1886 – 1890 гг. активно развивал Франц Экснер (1849 – 1926). Он, в частности, показал, что если в ясную погоду электрическая сила у поверхности земли обусловлена только неском-

пенсированным поверхностным зарядом, то его величина должна составлять 1, $3 \cdot 10^6$ Кл, электрический потенциал земного шара — $1{,}9 \cdot 10^9$В, а поверхностное напряжение — $0{,}4 \cdot 10^{-6}$ Н/м^2 [1, с. 320—321]. Однако, его предположение, что скопление отрицательного заряда на поверхности земли должно сопровождаться переходом его в атмосферный воздух с парами воды, испаряющимися в океанах, морях, озерах и реках, не нашло адекватного экспериментального подтверждения.

Францу Экснеру принадлежит заслуга введения в физический лексикон понятия «градиент электрического потенциала Земли» [2, с. 546]. Эта физическая величина измеряется падением потенциала на каждый метр высоты над поверхностью Земли. За среднее значение градиента потенциала принимается 100 В/м. Непосредственно у земной поверхности он составляет 275 В/м.

• Для измерения градиента электрического потенциала Экснер построил переносной прибор [1, с. 312—313], который с успехом может использоваться в экспедиционных условиях и в настоящее время. Он состоит из коллектора и электрометра с алюминиевыми листочками.

Коллектор представляет собой металлический фонарик со свечой, в пламя которой входит конец платиновой проволоки, соединенной с медной проволокой, идущей на электрометр.

Электрометр состоит из цилиндрического корпуса, торцевые стороны которого сделаны из стекла. В верхнюю часть цилиндрической поверхности вмонтирован изолированный от нее медный стержень. К нему извне с помощью зажимного винта крепится проволока, идущая от коллектора, а внутри цилиндрического коруса на нижнем конце стержня — алюминиевые листочки и медная пластинка. На переднем стекле прибора имеется миллиметровая шкала, которая может быть проградуирована в Вольтах с помощью постоянного источника с ЭДС до 200 В.

Корпус электрометра крепится на короткой трубке, которая может служить либо для обычной подставки, либо для раздвижной палки, служащей для изменения высоты размещения прибора при определении градиента потенциала.

Во избежание повреждения лепестков электрометра при перевозке прибор снабжен зажимными пластинами, которые фиксируют пластину с лепестками.

В общем случае величина градиента потенциала меняется в зависимости от самых разнообразных причин. Так, в умеренном поясе Северного полушария он больше всего зимой и меньше всего в начале лета. При суточном изменении градиента потенциала в холодное время года (декабрь, январь) его глубокий минимум приходится на раннее утро (около 4 часов

утра), а максимум — на время после полудня. В теплое время года (апрель — сентябрь) к отмеченным максимумам и минимумам добавляются максимум перед полуднем и минимум в полдень. В остальные месяцы наблюдаются переходные стадии между отмеченными закономерностями. Наиболее устойчивым во всех случаях оказывается минимум градиента потенциала в 4 часа утра, что скорее всего объясняется положениями Земли относительно Солнца [2, с. 546].

Измерения напряжения с высотой, проведенные с помощью воздушных шаров, показали, что на высотах до нескольких тысяч метров значения градиента потенциала часто меняются скачками из-за пыли, тумана и облаков. В более высоких слоях начинается быстрое уменьшение градиента потенциала, так что на высоте 4 — 6 тысяч метров значения последнего составляют от 10 до 5В/м. Для высоты в тысячу метров градиент в среднем равен 25 В/м [2, с. 546].

В 1897 г. английский физик Джозеф Джон Томпсон, исследуя отклонение катодных лучей в магнитном и электрическом полях, показал, что они представляют собой поток отрицательно заряженных частиц с массой в 1837 раз меньше массы атома водорода. Эти частицы получили название электронов [5, 366].

В 1899 г. Томпсон обнаруживает электроны в фототоке и эффект термоэлектронной эмиссии. В 1903 г. он предлагает одну из первых атомных моделей, согласно которой атом представляет собой положительно заряженную сферу с вкрапленными в нее электронами [там же].

Эти исследования позволили вплотную приблизиться к уяснению микропроцессов ионизации вещества, в том числе и атмосферы.

Так, Томпсон и его сотрудники (1897 — 1903) тщательно исследовали электропроводность твердых, жидких и газообразных тел. В результате было обнаружено, что носителями электричества в металлах являются легкие частицы — электроны, а в жидкостях — тяжелые частицы самого вещества. В газах под действием световых, ультрафиолетовых и рентгеновоких лучей был установлен смешанный тип проводимости, включающий как легкие (электронные), так и тяжелые компоненты. Тяжелые заряженные частицы газов Томпсон на-

звал ионами, сам процесс — ионизацией, а лучи, вызывающие ионизацию — ионизаторами [2, с. 552].

После 1899 г. появляется ряд теорий, объясняющих наличие нескомпенсированного отрицательного заряда на земной поверхности и исходящих из факта ионизации воздуха. Наиболее целостную концепцию дали немецкие физики Юлиус Эльстер (1854—1920) и Ганс Фридрих Гейтель (1855—1923). В частности, они показали, что атмосферный воздух всегда содержит некоторое количество свободных ионов [1, с. 323—324]. Благодаря присутствию ионов, воздух обладает определенной степенью электропроводности, а следовательно, и способностью рассеивать электрические заряды. Скорость такого рассеяния служит мерой ионизации воздуха. Выяснилось, что отрицательные ионы обладают большей подвижностью, чем положительные. Вильсон и другие исследователи показали, что ионы служат центрами конденсации водяных паров, причем способность конденсировать водяные пары выше у отрицательных ионов. Нагруженные ионы становятся менее подвижны, нежели свободные.

Исследование рассеяния электричества позволило установить следующее:

1. Рассеяние особенно велико в ясную погоду, оно уменьшается при пасмурной погоде и становится совсем малым при тумане.

2. У поверхности земли отрицательное электричество рассеивается быстрее положительного, из чего следует, что в нижних слоях атмосферы имеется избыток положительных ионов.

3. Земля обладает отрицательным зарядом, напряжение которого особенно велико на вершинах гор. На вершинах избыток положительных ионов наибольший, а потому и разность скоростей рассеяния электричества двух типов наибольшая.

4. При подъеме на воздушном шаре наблюдается быстрое увеличение ионизации воздуха. Так, на высоте 3000 м рассеяние зарядов обоих знаков становится в 30 раз больше, чем у поверхности земли. На такой высоте скорости их рассеяния одинаковы.

5. Летом рассеяние больше, чем зимой, когда поверхность земли покрыта снегом и льдом.

6. Существует несомненная связь между суточным ходом

ионизации воздуха и суточным ходом барометрического давления.

Причину указанных закономерностей рассеяния атмосферного электричества выявили Эльстер и Гейтель. Они предположили, что начальная ионизация воздуха вызывается ультрафиолетовыми лучами Солнца [1, с. 324]. Согласно их версии, процесс ионизации происходит следующим образом. Вследствие поглощения лучистой энергии молекулами воздуха из последних выходят отрицательные электроны, а их остатки превращаются в положительные ионы. Присоединяясь к нейтральным молекулам воздуха, электроны превращают их в отрицательные ионы. Однако, если учесть сильную поглощаемость жестких ультрафиолетовых лучей атмосферой, они могут ионизировать лишь самые верхние ее слои. Отрицательная электризация земного шара и избыток положительных ионов в нижних слоях атмосферы, по Эльстеру и Гейтелю, создаются из-за большей подвижности отрицательных ионов, которые быстрее отдают свои заряды земному шару. Однако в нижние слои атмосферы ионы могут проникать лишь вследствие диффузии, или их могут переносить постоянные восходящие и нисходящие потоки воздуха. Поэтому для объяснения ионизации нижних слоев атмосферы исследователи обратились к другому ее источнику — радиоактивности.

Действительно, при исследовании воздуха пещер, подземелий и колодцев Эльстер и Гейтель установили, что он весьма сильно ионизирован. Оказалось также, что особенно сильно ионизирован почвенный воздух [2, с. 553—554]. Если в такой воздух поместить проволоку, заряженную отрицательным зарядом, электроскоп разряжается в течение нескольких минут. Естественно было предположить, что почвенный воздух содержит в себе газообразные радиоактивные вещества, или эманации. Выяснилось, что почвенная вода также сильно радиоактивна. Проходящий через нее воздух заметно ионизируется.

• Согласно современным данным (проф. В. И. Уткин и др.), концентрация радона в почвенном воздухе на глубине 1 м может изменяться в зависимости от геологических условий с 200 до 20 000 Бк/м^3, при этом на поверхности почвы она изменяется в пределах от 0,1 до 10 Бк/м^3.

Все это дало основание Эберту в 1904 г. предположить, что за электризацию поверхности земли ответственна слабая

радиоактивность всех составляющих земной коры [1, с. 324]. Именно поэтому почвенный воздух сильно ионизируется и, кроме того, оказывается радиоактивным, что и имеет место в пещерах и прочих подземельях.

Согласно Эберту, выходя наружу через капиллярные трубки, почвенный воздух отдает капиллярным стенкам преимущественно отрицательные заряды, унося в атмосферу избыток положительных зарядов. Этот факт был ранее экспериментально обнаружен Виллари и другими исследователями [1]. Эберт показал также, что величины земной радиоактивности вполне достаточно, чтобы с количественной стороны объяснить электрические явления, наблюдаемые при нормальных условиях в атмосфере.

Таким образом, в начале XX в. были заложены принципиальные основы происхождения атмосферного электричества.

В России к наблюдениям над атмосферным электрическим полем приступили в 1884 г. в Павловской магнитно-метеорологической обсерватории. Они проводились три раз в сутки, однако по своей постановке были недостаточны для серьезных научных работ и вскоре были прекращены. Ограниченные выводы из этих наблюдений были сделаны в 1901 г. Г. С. Егоровым [5, с. 7].

Существенные изменения в области изучения электрических свойств атмосферы в России начинаются с избрания директором Главной физической обсерватории (ГФО) академика Бориса Борисовича Голицына (6 мая 1913 г.) [3, с. 309]. Он, как и Гумбольдт, считал метеорологию лишь частью более обширной науки о физике земного шара — геофизики и соответственно считал необходимым широко использовать в метеорологии физические и математические методы. Для реализации своего видения деятельности ГФО он приглашает в обсерваторию молодых и талантливых физиков Бориса Борисовича Оболенского (для исследования атмосферного электричества), Бориса Помпеевича Мультановского (для разработки методов долгосрочных прогнозов), Александра Алесандровича Фридмана (для математического развития теории динамики атмосферы). Чтобы знакомить научную общественность с работами сотрудников ГФО и подведомственной ей сети, Голицын основывает «Геофизический сборник».

• Голицын Борис Борисович (1862—1916) — русский физик, основоположник отечественной сейсмологии, член Петербургской академии наук (1898). С 1913 г. директор Главной физической обсерватории (ГФО). Основные работы посвящены метеорологии и сейсмологии. Благодаря его стараниям, сейсмология превратилась в точную науку. Им была решена задача определения очага землетрясения по данным одной сейсмической станции, сконструирован первый электродинамический сейсмограф и разработана его теория, создано много других сейсмических приборов, решена проблема скорости распространения сейсмических волн на различных глубинах земли. Сейсмографами Голицына были оборудованы все русские и большинство зарубежных сейсмических станций. Президент Международной сейсмической ассоциации, член Лондонского королевского общества (1916), почетный член многих других научных обществ. В 1904—1910 гг. находился в Париже, где знакомился с работами по радиоактивности, которые велись в лаборатории Марии Кюри.

В 1913 г. в Павловской обсерватории под руководством Владимира Николаевича Оболенского исследования атмосферного электричества в России возобновляются.

• Оболенский Владимир Николаевич (1877—1942) — русский метеоролог, организатор и директор (1932—1940) Института экспериментальной метеорологии. Основные труды посвящены общей метеорологии, атмосферному электричеству, физике приземного слоя, облаков и осадков. Один из инициаторов разработки методов активного воздействия на облака и туманы.

В период с 1909 по 1910 г. В. Н. Оболенский посетил ряд европейских научных центров, в том числе и лабораторию Кюри, что положило начало его исследованиям проникающей радиации. В 1923—1924 гг. по рекомендации Оболенского в Павловской обсерватории выполнял исследования по радиоактивности снега Игорь Васильевич Курчатов. В 1925 г. по результатам этих исследований в журнале «Геофизика и метеорология» им была опубликована статья «К вопросу о радиоактивности снега» [6].

В 1914 г. В. Н. Оболенский опубликовал «Обзор современного состояния учения об атмосферном электричестве», в котором систематизировались основные результаты в этой области, полученные к тому времени за границей. С 1916 г. исследования Оболенского при участии Павла Николаевича Тверского [7, с. 43], впоследствии автора ряда книг по атмосферному электричеству [5; 7; 8], становятся систематическими. Они прекратились лишь осенью 1941 г., когда Павловская обсерватория была разрушена.

В советский период в Павловской обсерватории получают развитие исследования напряженности электрического поля, положительной и отрицательной компоненты проводимости,

проникающей радиации, ионов в атмосфере, грозового электричества, стимуляции электрическими зарядами осадков, радиоактивности почвенного и атмосферного воздуха, атмосферных помех распространению радиоволн, ионосферы и т. д.

Здесь был разработан ряд новых методов и построены оригинальные приборы для измерения радиоактивности почвенного воздуха (П. Н. Тверской), объемных зарядов в атмосфере (В. Н. Оболенский), концентрации ионов (М. Н. Герасимова) и др.

В это же время в Москве профессор В. И. Баранов и его ученики выполнили серию чрезвычайно интересных работ по ионизации атмосферы и ее радиоактивности [7, с. 44].

Наряду с развитием наблюдений в Павловске, к систематической регистрации напряженности поля и проводимости атмосферы приступают обсерватории в Ташкенте, Тбилиси, Минске, Свердловске, Иркутске, а также на Далеком Севере: в бухте Тихой, на острове Диксон, мысе Челюскин и др. [5, с. 8].

Систематические наблюдения над атмосферным электричеством на Урале были начаты в ноябре 1935 г. магнитным отделением ЕММО в Высокой Дубраве (близ села Косулино) [9, с. 46].

Для этих наблюдений был специально выстроен павильон и проведены первые измерения:

а) абсолютных значений напряжения поля Земли;

б) проводимости воздуха;

в) числа легких и тяжелых ионов.

Непрерывная регистрация напряжения электрического поля велась с помощью двух электрографов Бендорфа, а наблюдения над проводимостью воздуха — по прибору Гердиена.

• Электрограф Бендорфа, предназначенный для измерения изменений потенциала в данной точке, сконструирован в 1906 г. Он представляет собой электрометр Экснера с механическим устройством записи на бумаге показаний указателя электрометра, приводимого в движение с помощью часового механизма.

Полученные в Екатеринбурге значения градиента потенциала в среднем составляют 149 В/м [5, с. 125]. Для сравнения: в Вашингтоне градиент потенциала в среднем составля-

ет 179 В/м, в Уппсале (Швеция) — 70 В/м, в Иркутске — 192 В/м, в Кью (Великобритания) — 304 В/м. В Париже суточные изменения градиента потенциала составляют от 80 В/м утром до 140 В/м в вечернее время, причем на вершине Эйфелевой башни — от 80 до 115 В/м. В среднем над океанами градиент потенциала составляет 113 В/м, и отмечается широтное уменьшение градиента потенциала при движении к экватору.

Суточный ход градиента потенциала в Екатеринбурге приобретает особо большие значения в зимний период: от 135 В/м в утренние часы до 230 В/м в вечерние (16—20 часов). Весной и летом эти колебания почти незаметны — 140—150В/м и 130—110 В/м соответственно. Осенью градиент потенциала уменьшается с полуночи к 6—7 часам утра с 165 до 130 В/м, после чего начинается его монотонный рост до 165—170 В/м [5, с. 130].

Первые системные исследования атмосферного электричества в Свердловской области и Екатеринбурге были проведены Н. А. Парамоновым. В «Указателе работ по гидрометеорологии, выполненных Свердловской гидрометобсерваторией и другими подразделениями Уральского управления гидрометслужбы за период 1836—1961 гг.» названы следующие его работы: «Связь градиента атмосферного электрического потенциала с полярным сиянием», 1948; «О годовом ходе градиента атмосферно-электрического потенциала», 1950; «Влияние облачности, дождя и снега на ход напряженности электрического поля в атмосфере», 1952; «Некоторые результаты наблюдений за градиентом электрического потенциала в атмосфере над территорией Советского Союза, 1953 (Труды ГГО, вып. 58/120); «Основные закономерности изменения градиента электрического потенциала в атмосфере», 1953; «Состояние электрического поля у поверхности земли в грозовой и предгрозовой периоды в Высокой Дубраве», 1954*.

В заключение раздела для уяснения локальных особенностей атмосферного электричества в Екатеринбурге и его окрестностях следует обратить внимание на общие широтные

---

* Перечисленные работы хранятся в библиотеке ЕММО).

закономерности геоэлектричества. Из них следует, что в средних широтах градиент потенциала больше, чем на экваторе. На протяжении дня и даже часа он может претерпевать существенные изменения. Среднестатистический суточный ход градиента потенциала представляет собой двойное колебание с первыми минимумом и максимумом соответственно около 4 и 10 часов утра, а вторыми — после полудня и 9 часов соответственно.

В холодное время оба максимума градиента потенциала приближаются к полудню, послеполуденный минимум ослабевает. В летнее время все наоборот: минимум между максимумами усиливается.

В полярных широтах «поведение» градиента потенциала близко к его зимним изменениям в средних широт, а в тропиках — к летним.

Убывание градиента потенциала с высотой (h) может быть представлено эмпирической формулой:

$$dV/dh = 90 \cdot e^{-3,5h} + 40 \cdot e^{-0,23h}.$$

В экологическом отношении знание этих закономерностей представляется необходимым для понимания причин миграционных явлений и определения параметров срабатывания биологических часов.

ЧАСТЬ 3

3.1. ОТКРЫТИЕ И НАЧАЛЬНЫЙ ЭТАП ИЗУЧЕНИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ. ПЕРВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЭТОЙ ОБЛАСТИ НА УРАЛЕ

Естественная радиоактивность существует с первого дня образования Земли и является одной из причин элементообразования, а по некоторым версиям, и стимулятором более активного развития жизни и видового многообразия на Земле. Основная масса радиоактивных элементов заключена в горных породах, особенно магматических, которые составляют 95% всей массы земной коры.

История изучения радиоакивности начинается с конца XIX в. и вкратце может быть представлена следующими событиями.

1 марта 1896 г. Антуан Анри Беккерель открывает естественную радиоактивность солей урана. В 1898 г. Мария Склодовская и Пьер Кюри обнаруживают новые радиоактивные элементы — полоний и радий. В 1899 г. Беккерель и другие исследователи регистрируют отклонение лучей радиоактивного излучения радия в магнитном поле, а Резерфорд показывает наличие в излучении урана двух основных компонентов: альфа- и бета-лучей. В 1900 г. Поль Виллар обнаруживает гамма-лучи [1, с. 63, 366], а Эрнест Резерфорд — радиоактивный газ, выделяемый из соединений тория, и названный им — эманацией [2, с. 13—14; 3, с. 299; 4, с. 181].

С учетом ракурса данного исследования важно подчеркнуть, что Урал и, в частности, Ильменские горы сразу же после открытия в 1896 г. радиоактивности оказались в поле зрения мировой научной общественности как источник радиоактивных элементов.

История урана начинается с 1789 г., когда немецкий химик Мартин Генрих Клапрот восстановил извлеченную из саксонской смоляной руды золотисто-желтую «землю» до чер-

ного металлоподобного вещества. В честь самой далекой из известных тогда планет, открытой всего лишь за 8 лет до этого события, он назвал новое вещество (по его мнению — химический элемент) ураном [3, с. 350]. Настоящий уран, тяжелый металл серо-стального цвета, был получен лишь в 1841 г. французским исследователем Эженом Пелиго [3, с. 351]. Впервые с естественной радиоактивностью солей урана столкнулся в 1858 г. лейтенант муниципальной гвардии в Париже К. М. Ниепс де Сен-Виктор (1805 — 1870). При фотографировании в темноте им было обнаружено засвечивающее действие на фотопластинку азотнокислого уранила и длительное сохранение им этой способности. Открытое явление, изучаемое им в течение 9 лет, он гипотетически соотнес с некими невидимыми излучениями материи, которые не связанны с флуоресценцией [2, с. 8—9]. Систематические же исследования урана начались с 1 марта 1896 г. [3, с. 351], когда Анри Беккерель, продолжая исследования солей урана таким же образом, как это делал Ниенс де Сен-Виктор, обнаружил, что урановые лучи, как и лучи Рентгена, открытые в 1895 г., способны ионизировать газы и делать их проводниками электричества [2, с. 10]. Эта ионизирующая способность лучей урана и была использована в последующем Марией Кюри для количественных измерений радиоактивного излучения, в ходе которых было доказано, что радиоактивность является свойством атомов радиоактивных элементов [там же].

История другого важнейшего радиоактивного элемента — тория начинается с 1815 г. Выдающийся шведский ученый Йенс Якоб Берцелиус при исследовании редкого минерала, найденного в округе Фалюн (Швеция), обнаружил неизвестный элемент и дал ему название в честь всемогущего древнескандинавского бога войны, грома и молнии Тора. Однако, как выяснилось впоследствии, ученый ошибся. Три года спустя в руки Берцелиуса попадает еще один редкий минерал, который содержал действительно новый элемент. За ним и закрепилось название «торий», а минерал, содержащий этот элемент, в настоящее время известен как торит ($ThSiO_4$) [3, с. 333]. В 1824 г. немецкий путешественник Иоганн Менге оказывается в Златоусте и привозит оттуда новый открытый им торийсодержащий минерал, который в 1829 г., благодаря немецкому минера-

логу И. А. Брейтгаупту, получает название монацит [5, с. 34]. Чистый препарат тория был получен лишь в 1882 г. известным шведским химиком (первооткрывателем скандия) Ларсом Фредериком Нильсоном. Систематические исследования этого элемента начались в 1898 г., когда независимо друг от друга Мария Склодовская и немецкий ученый Герберт Шмидт обнаружили, что торий радиоактивен [3, с. 334].

• Среднее содержание, кларки, радиоактивных элементов в земной коре составляет (в % от общего количества химических элементов в коре): урана — 2—4 г на тонну вещества, тория — 12 г на тонну вещества, радия — 1,2 мкг на тонну породы. К рудам, содержащим избыточное количество урана, относят уранит и его разновидности: настуран (урановая смолка, или обманка, называемая так за изменчивость цвета от темно-серого до зеленовато-черного), урановую чернь и охру. Реже встречаются такие разновидности, как пирохлор, самарскит и ксенотим.

По степени концентрации урана в рудах их разделяют на богатые — свыше 1 кг/т, богатые — от 0,5 до 1 кг/т, средние — 250—500 г/т и бедные — менее 100 г/т. Организм взрослого человека в среднем содержит 0,02 мг урана. Период полураспада урана 4, 5 млрд лет.

• Термин «кларк» был введен А. Е. Ферсманом в честь одного из основоположников геохимии, члена Национальной академии наук в Вашингтоне (1911), профессора университета в Цинциннати (1874—1883), главного химика Геологической службы США (1883—1924) Франка Уиглсуорта Кларка (1847—1931).

Торий — более распространенный в природе радиоактивный элемент по сравнению с ураном, поскольку его период полураспада больше (около 14 млрд лет) и его сохранность, а следовательно, накопление выше. С химической точки зрения наиболее важным отличием тория от урана, влияющим на распределение тория в различных породах, является его слабая растворимость в воде. Это приводит к более резким аномалиям залегания ториевых руд по сравнению с урановыми. И если содержание растворенного урана в реках достигает 0,01 мг на литр, то содержание тория практически равно нулю, что при отсутствии искусственных загрязнений всегда свидетельствует об урановой радиоактивности речных и озерных вод. К минералам (рудам) тория относятся торит, торианит, монацит, циркон и др. Поскольку на территории Свердловской области встречаются монацитовые вкрапления, например в поселке Озерный Режевского района, охарактеризуем монацит более подробно.

Монацит относится к минералам класса фосфатов (Ce, La, Nd, Th) PO_4 и включает примеси тория, иттрия, кремния, урана, кальция. Представляет собой красновато-бурые кристаллы песчаного типа, но более тяжелые, нежели обычный песок. Плотность монацита колеблется в интервале от 4,9 до 5,5 т/м^3. Особо богатые монацитовые россыпи встречаются в Бразилии (местечко Гуарропари), в Индии, США, Австралии и на юге Африки. Монацит — прочный, устойчивый против выветривания минерал. В зонах интенсивного разрушения и растворения минералов (в тропических и субтропических) монацит остается практически неизменным, поэтому возникают его накопления на берегах ручьев, рек и морей, образующие монацитовые пляжи с темными песками.

• Один из важных побочных продуктов, выделяемых из монацитового песка — гелий, Впервые на возможность такого получения этого вещества указал в журнале «Naturwissenschaften» (№ 35, 28 августа 1925 г.) Курт Петерс (Kurt Peters). В частности, он отметил, что из 1 кг монацитового песка с содержанием 5—7% ThO_2 простым накаливанием примерно до 1000°С можно получать до одного литра гелия.

Наряду с такой формой природного существования тория, встречается еще одна — в виде красивых довольно крупных кристаллов золотистого цвета, называемых цирконом ($ZrSiO_2$). Циркон включает в себя примеси гафния, ниобия, урана и тория (иногда до 4%), что делает его радиоактивным. Одной из разновидностей циркона является гиацинт — прозрачный красновато-коричневый минерал. Встречается и желтый циркон с алмазным блеском — жаргон. Чаще всего циркон используется как сырье для огнеупорной и керамической промышленности, а также как исходная руда для извлечения циркония и гафния.

Первые коренные месторождения циркона на Урале нашел в 1826 г. немецкий минералог И. Н. Менге, составлявший описание южной части Ильменских гор (1826—1827). До этого циркон был известен здесь лишь в россыпях.

Здесь же в 1828 г. впервые в мире были открыт эшинит (Йенс Якоб Берцелиус (Berzelius), 1828). Долгое время это месторождение оставалось единственным источником для изучения эшинита и монацита [6, с. 99].

В октябре 1899 г., вскоре после открытия супругами Кюри полония и радия, молодой французский химик Андрэ Дебьерн

из Сорбонны сообщает об открытии актиния [2, с. 328]. Однако на самом деле он открыл не актиний, излучение которого из-за мягкости (слабоэнергетичности) бета-лучей в то время еще не научились определять, а его эманацию — радиоактивный газ актинон (радий-218) [2, с. 300].

Годом позже (1900) немецкий физик Фридрих Эрнст Дорн (1848—1916), директор Физического института при университете в Галле, сообщил об открытии газообразного радия (его эманации), оказавшегося новым химическим элементом радоном (радон-222) [3, с. 299—300].

В том же году Эрнест Резерфорд и Р. Б. Оуэнс в Мак-Гиллском университете (Монреаль, штат Квебек, Канада) открывают эманацию тория торон (радон-220) и вводят понятие «период полураспада». Периоды полураспада эманаций оказались равны: у радона 3,82 суток, у торона — 54,5 секунд и у актинона — 3,92 секунд [3, с. 305].

Впоследствии выяснилось, что все породы, слагающие земную кору и содержащие радиоактивные вещества, непрерывно эманируют, т. е. выделяют наружу часть образующихся в них эманаций. Последние смешиваются с воздухом, заполняющим поры и капилляры почвы, и делают его радиоактивным.

При анализе естественной радиоактивности атмосферы следует помнить о том, что в воздухе всегда присутствуют радон и торон — атомарные газы, образуемые при естественном распаде урана и тория. Для них иногда используют одно название — эманации (от лат. emanatio — истекающие).

• В настоящее время термин «эманация» является устаревшим, поэтому вместо него просто говорят о радоне или тороне.

• По своему происхождению изотопы, создающие естественную радиацию, относятся к трем основным радиоактивным семействам. Прежде всего это изотопы радиоактивных цепочек тория-232, U-238 и актиния-235. Массовые числа членов каждого из изотопов названных радиоактивных семейств характеризуются формулами:

$A = 4n + a$;

1) для Th-232 a=0 A=4n n= (52—58) Pb-208;
2) для U-238 a=2 A=4n+2 n= (51—59) Pb-206;
3) для Ac-235 a=3 A=4n+3 n= (51—58) Pb-207.

Семейство Th-232 — Pb-208 = 6 a-распадов + 4 b-распада; семейство U-238 — Pb-206 = 8 a-распадов + 6 b-распадов; семейство Ac-235 — Pb-207 = =7 a-распадов + 7 b-распадов.

По особенностям распада, геохимическим свойствам и продолжитель-

ности жизни урановый ряд разделяют на урановую и радиевую группы. Основные бета-излучатели этого семейства — протактиний-234, полоний-214 и висмут-214. Основной гамма-излучатель — висмут-214.

В качестве промежуточного элемента для всех естественных семейств выступает радон, точнее, его изотопы. Последние являются газообразными веществами, поэтому представляют существенную опасность для внутреннего облучения человека.

Радон и торон тяжелее воздуха, поэтому, выделяясь из почвы, они находятся невысоко от поверхности земли и легко скапливаются в погребах, подпольях, а также прежде всего в подвалах и первых этажах малоэтажных домов, создавая там повышенный радиационный фон. Вот почему в таких домах должна быть хорошая подпольная и наружная вентиляция.

Кроме эманаций, в атмосфере всегда присутствуют радиоизотопы углерода и трития (космического и искусственного происхождений).

Измерения естественной радиоактивности почвенного воздуха на глубине в 1 м обычно дают значения 200 — 400 Бк/м^3 (5,4 — 10,8 пКи/л). Однако в зависимости от геологических условий этот диапазон может существенно расширяться: от 200 до 20 000 Бк/м^3 (5,4 пКи/л — 0,54 нКи/л). При этом на поверхности почвы объемная активность воздуха будет составлять всего 0,1 — 10 Бк/м^3 (0,002 — 0,2 пКи/л). Как правило, концентрация эманаций в однородной почве постепенно увеличивается до глубины 4 — 5 м, достигая в среднем 7400 Бк/м^3 ($0{,}2 \cdot 10^{-9}$ Ки/л), после чего перестает существенно изменяться. Благодаря диффузии и механическому обмену почвенного воздуха с наружным эманации и продукты их распада поступают в атмосферу и разносятся воздушными течениями. Однако только радон может вследствие большого периода полураспада распространяться на значительные расстояния. Что же касается торона, то он встречается только вблизи земной поверхности и его содержание в почве в тысячи раз меньше содержания радона. Тем не менее продукты его распада обладают достаточной продолжительностью жизни и поэтому встречаются на значительно больших расстояниях, чем сам торон. Актинон в атмосферном воздухе практически не обнаруживается, хотя некоторые из продуктов его распада встречаются в атмосфере. На сезонные колебания содержания эманаций радиоактивных элементов в атмосфере

существенное влияние оказывает пористость почвы (степень ее заполнения водой, промерзание, наличие снегового или иного покрова и т. д.) [7, с. 39—40].

• Активностью радионуклида называется число распадов атомов, происходящих за 1 секунду. Измеряется в Беккерелях (Бк). 1Бк = 1 распад/с. Кюри — внесистемная единица измерения активности. Она соответствует числу распадов в 1 г радия (1Ки = 3, $7 \cdot 10^9$ распадов/с).

Поверхностная радиоактивность почвы, обусловленная радоном, равняется в среднем 10^{-17} Ки/см^2 (10^{-7} Ки/км^2), что составляет несколько сотен атомов радона на 1 л воздуха. Содержание торона в воздухе в 10 тысяч раз меньше. С высотой содержание эманаций заметно уменьшается. В частности, для радона на высоте 1 м над землей содержание в воздухе радона составляет 95% от поверхностного значения, на высоте 10 м — 87%, а на высоте 100 м — 69%, на уровне 7000 м над землей — около 7% от исходного значения. Из приведенных данных следует, что эманации вполне могут служить ядрами конденсации при образовании осадков, поэтому все виды осадков содержат более или менее заметные следы радиоактивности. В среднем радиоактивность осадков составляет $(1-10) \cdot 10^{-9}$ Ки/кг. При этом снег оказывается более радиоактивным, чем дождь, а кратковременные дожди ливневого характера более радиоактивны, чем обложные. После выпадения осадков радиоактивность воздуха снижается. Значения естественной радиоактивности атмосферного воздуха над сущей и океанами равны соответственно $0{,}12 \cdot 10^{-9}$ и $0{,}01 \cdot 10^{-9}$ Ки/м^3 [7, с. 40].

• Приведенные данные, заимствованные из книги П. Н. Тверского «Атмосферное электричество», изданной в 1949 г., имеют особую ценность, поскольку они были получены до начала активного воздействия на атмосферу ядерных взрывов. Позднее в качестве дополнительных ядер конденсации при образовании осадков начинают служить и искусственные радионуклиды. Согласно современным данным, все радиоактивные атмосферные выпадения, обусловленные последствиями воздушных ядерных взрывов 60-х гг. и техногенными выбросами, например, атомных электростанций, добавляют к поверхностной активности около 0,1 Ки/км^2. Сопоставление этих данных с данными книги П. Н. Тверского показывает, что в «атомную эру» величина радиоактивных выпадений из атмосферы возросла в 10 миллионов раз.

В естественно-историческом аспекте надо отметить исследования по наличию эманаций в разных слоях атмосферы Бонгарда (Bongard) [8, с. 555], проведенные в Линденбурге. В своих исследованиях он использовал воздушных змеев, которых поднимал на высоту до 4000 м с прикрепленными

к ним стальными проволоками длиной от 5 до 15 м. Таким образом им были установлены зависимость количества эманаций от барометрического давления на поверхности земли, от температуры того слоя воздуха, где находилась проволока, а также периодичность изменения количества эманаций в зависимости от фазы вращения Солнца, равная его периоду вращения (27 – 28 дней).

В 1902 г. Резерфорд и Содди создают теорию радиоактивного распада и формулируют его закон. В 1903 г. Резерфорд доказывает, что альфа-лучи состоят из положительно заряженных частиц. Уильям Крукс, Ганс Гейтель и Юлиус Эльстер открывают эффект сцинтилляций и используют его для регистрации заряженных частиц. В июле того же года Уильям Рамзай и Фредерик Содди экспериментально устанавливают образование эманации радона и гелия из радия. С этим открытием к физикам приходит понимание природы альфа-излучения [1, с. 367].

Открытием естественной радиоактивности воздуха (1901 – 1903) мы обязаны Юлиусу Эльстеру и Гансу Фридриху Гейтелю [8, с. 553].

• Согласно А. Л. Чижевскому [8, с. 554], эти исследователи натянули в своем саду на двух изоляторах медную проволоку длиной 10 м и в течение двух часов с помощью электрической батареи поддерживали на ней высокий отрицательный потенциал. В результате проволока стала радиоактивной. Радиоактивные элементы могли быть сняты с проволоки с помощью бумаги или ваты, и после их сожжения они оставались в золе, действуя заметным образом на фотографическую пластинку или вызывая фосфоресценцию экрана, покрытого платино-цианистым барием. См. также, например, оригинальную публикацию: *Elster J., Geitel H.* Uber eine fernere Analogie im dem elektrischen Verhalten der naturlichen und der durch Becquerelstrahlen abnorm Ieitend gemachten Luft. //Phys. Z., 1901. № 2. P. 590 – 593.

В России явлением радиоактивности заинтересовались сразу после ее открытия. Так, уже 21 мая 1896 г. на заседании Физического отделения Русского физико-химического общества (РФХО) профессор Военно-медицинской академии Н. Г. Егоров демонстрировал снимки, полученные с помощью урановых солей [9, с. 127].

Одним из первых отечественных исследователей, занявшихся изучением физических свойств радиоактивных веществ, стал профессор Петербургского университета Иван Иванович Боргман (1849 – 1914) [1, с. 41; 2, с. 16].

• В этой связи интересно отметить, что первые препараты бромистого радия, которыми вынуждены были пользоваться И. И. Боргман и его ученики, обошлись Физическому институту Санкт-Петербургского университета чрезвычайно дорого — полтора миллиона рублей за фунт и были выписаны из Брауншвейга.

Несколько позже исследования И. И. Боргмана получают развитие в трудах его ученика из Санкт-Петербургского электротехнического института Владимира Константиновича Лебединского (1868—1937), впоследствии ставшего одним из основателей Нижегородской радиолаборатории, и преподавателя Военной электротехнической школы И. А. Леонтьева. Именно эти исследователи одними из первых определили природу гамма-излучения (демонстрация на заседании Физического отдела РФХО датирована 17 декабря 1902 г.) [2, с. 20—21].

В Артиллерийской академии (Санкт-Петербург) изучением отклонения излучения радия занялся профессор А. Л. Корольков [2, с. 21]. 11 марта 1903 г. им же на заседании РФХО был сделан доклад по ионизации воздуха лучами Беккереля. Любопытно отметить, что в апреле 1903 г. с явлением искусственной радиоактивности сталкивается работавший в физической лаборатории Медицинской академии Николай Арсентьевич Орлов. Занимаясь действием лучей радия на металлы, он обнаружил, что алюминиевый кружок, которым закрывался контейнер с радиоактивным препаратом, стал радиоактивным. Причем эта радиоактивность не устранялась даже при химической чистке поверхности. К сожалению, убедительно доказать свое предположение о возникновении эффекта искусственной радиоактивности он так и не смог [2, с. 25—26].

В 1900 г. в Новороссийском университете (Одесса) явлением радиоактивности начал заниматься профессор Николай Дмитриевич Пильчиков (1857—1908). В 1901 г. он обнаружил, что препараты радия создают ионизационное поле, которое может деформироваться под действием магнитного поля и показал, как это может быть использовано для измерения напряженности последнего [2, с. 28—29].

Однако самое замечательное достижение отечественных исследователей в области изучения радиоактивности и непосредственно касающееся проблемы экологического комфорта,

несомненно, принадлежит профессору Московского университета Алексею Петровичу Соколову (1854 – 1928). Он «первым в мире отметил влияние ионизации воздуха на организм человека и впервые в России начал изучение ионизации воздуха и газов минеральных источников» [2, с. 30].

«Занявшись (с 27 мая по 9 июля 1903 г. – *В. Л.*) изучением ионизации воздуха Пятигорска и Кисловодска, ионизации газов Нарзана и серных источников, А. П. Соколов установил радиоактивность углекислого газа Нарзана, обнаружил значительное усиление ионизации воздуха вблизи Пятигорского городского фонтана и Юцкого водопада» [2, с. 30]. В июне 1903 г. А. П. Соколов впервые указал на то, что изучение радиоактивности воздуха имеет большое значение для бальнеологии и климатотерапии, так как ионизация и радиоактивность атмосферного воздуха оказывают влияние на организм человека (см., например, его публикации в «Записках Русского бальнеологического общества в Пятигорске» (1903 – 1904. Т. 6, № 6. С. 325 – 414) и в «Журнале Русского физико-химического общества» (1904. Т. 36. С. 143 – 187).

Суть влияния ионизации на организм человека, по Соколову, сводилась к тому, что, поскольку поверхность дыхательных альвеол составляет примерно 100 м^2 и является местом наибольшего соприкосновения кислорода с кровью, то именно здесь ионизированный воздух получает наибольшую возможность проявить себя. При дыхании в легкие попадают как легкоподвижные, так и тяжелые ионы, отсюда и те, и другие, обладая способностью диффундировать сквозь пористые фильтры, проникают непосредственно в кровь через тонкие пленки альвеол и разносятся по всему организму.

Поскольку состав крови играет огромную роль во всех жизненных функциях организма, следовало сделать предположение о важнейшем биологическом значении поглощенного кровью ионизированного (в том числе и радиоактивного) воздуха [8, с. 611].

В 1904 г. Эльстер и Гейтель устанавливают радиоактивность целебной грязи «фанго» из илистых отложений теплых соляных источников в Северной Италии и также высказывают предположение о связи ее целебных свойств с радиоактивностью [2, с. 128].

А. П. Соколов, узнав об этом, в лаборатории Московского университета приступает к комплексному изучению радиоактивности вод минеральных источников и лечебных грязей из разных мест России, а также радиоактивности воды из московского водопровода [там же].

Независимо от него в начале 1904 г. исследованием радиоактивности некоторых целебных грязей занялся в Санкт-Петербурге профессор Иван Иванович Боргман [1, с. 41]. Заинтересовавшись действием целебных грязей на развитие бактерий, он обратился с просьбой к доктору Ефиму Семеновичу Лондону (1868/9—1939). Проведя весной того же года соответствующие наблюдения в Институте экспериментальной медицины, Лондон сообщил Боргману о замедляющем действии на развитие бактерий выделяющейся из грязи эманации [2, с. 131—132].

Следует отметить, что Е. С. Лондону и С. В. Гольдбергу принадлежат первые в России попытки изучения действия радия на здоровье человека и животных. Известно, что в этих целях в 1903 г. С. В. Гольдберг прибинтовывал на три часа коробочку с 75 мг бромистого радия к своему левому предплечью, в результате чего на этом месте через несколько дней у него образовался долго не заживающий нарыв. Е. С. Лондон после полумесячной работы с радием получил ожог пальцев и ладоней. Эксперимент с мышами, подвергнутыми излучению радия, привел к их гибели. Из всего этого был сделан вывод о том, что в лечебных целях препараты радия должны использоваться кратковременно и малыми дозами [2, с. 34—36]. Итогом проведенных исследований стало издание в 1911 г. Е. С. Лондоном первой в мире монографии по радиобиологии «Радий в биологии и медицине»[10, с. 725].

В 1912 г. в Бад-Крейзнахе (Германия) открывается первый радиевый ингаляторий (хотя правильнее его было бы называть «радоновый ингаляторий») [11, с. 71].

Любопытно отметить, что в 1905 г. И. И. Боргман, совершенствуя методику измерения активности слаборадиоактивных грязей, одним из первых сталкивается и с эфектом спонтанных движений лепестков электрометра, т. е. с действием космических лучей [2, с. 132].

28 апреля 1905 г. на общем собрании УОЛЕ вопрос о привлечении внимания к радию и его поискам на Урале подни-

мает действительный член Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей и УОЛЕ отставной капитан артиллерии Егор Емельянов [12, с. 277—279]. В течение 20 лет он собирал коллекцию пород с включениями золота и пришел к выводу, что химические элементы с большим атомным весом, в частности радий, также должны быть сосредоточены в золотоносных породах.

Практическую целесообразность подобных изысканий Емельянов увидел в возможности приготовления из радийсодержащих пород активной краски, уничтожающей моллюсков, для судов военного и коммерческого флота.

Судя по всему, у него уже был некоторый опыт по этой части. Так, в письме от 18 мая 1905 г. он просит у УОЛЕ денежное пособие на повторные опыты с активной краской (в создании эффективных противоракушечных средств было заинтересовано Морское министерство, объявившее к тому времени соответствующий конкурс) [12, с. 278—279].

Как следует из архивных материалов [12, с. 326—328], 3 сентября 1905 г. в помещении УОЛЕ Емельянов прочел публичную лекцию «Проблема поиска радия в связи с золотоносностью». В ней он сообщил об открытии Рамзаем эманации радия и сопутствующего образования гелия (в современном понимании — альфа-частиц), о физиологических проявлениях воздействия на биосистемы радиоактивных тел (используемых для их обнаружения), о заболеваниях людей и животных от воздействия радиации, а также о ее влиянии на растительность. По этой лекции можно сделать вывод о хорошей информированности Емельянова по данной проблеме. Судя по всему, он слушал публичные лекции И. И. Боргмана, Е. С. Лондона и других санкт-петербургских специалистов по радиоактивности.

Емельянову из-за финансовых трудностей так и удалось продолжить свои опыты. Благодаря этому на Урале впервые была предотвращена возможность радиоактивного загрязнения.

Следует отметить, что использование мезотория (радия-228, период полураспада — 6, 7 года), о котором, очевидно, говорил Емельянов, немногим позже наделало много бед в Западной Европе.

• С 1913 г. мезоторий начали использовать в Европе в производстве светящихся красок [3, с. 339], которые наносили на циферблаты часов и

других приборов. Вскоре обнаружилось заметное увеличение смертности среди работниц, наносивших кисточками мезоториевую краску на циферблаты. Патологоанатомы констатировали накопление мезотория в костях погибших. Оказалось, что, как и многие рисовальщики, работницы заостряли концы кисточек губами. При этом каждая из них проглатывала за год в среднем до 1,75 г краски и вместе с ней до 10 мг мезотория. Не менее тяжелую проблему породило использование приборов с такой краской: у их пользователей возникало переоблучение со всеми вытекающими последствиями. Огромное количество приборов пришлось изымать из употребления.

По всей видимости, одним из первых исследования на радиоактивность уральских минералов провел профессор Томского университета Петр Павлович Орлов (1859—1937). Так, 21 ноября 1909 г. на шестом заседании Общества естествоиспытателей и врачей при Томском университете он сделал доклад о нахождении радиоактивных веществ в Сибири и привел результаты исследования минералов Ильменских гор, полученных им от Геологического музея УОЛЕ [2, с. 174].

С помощью прибора Эльстера—Гейтеля он установил, что наиболее радиоактивным из этих минералов является самарскит, затем идут пирохлор, эшинит, циркон и монацитовый песок [2, с. 175; 12, с. 86—90].

Эти исследования — пример того, что уральская провинция довольно быстро могла реагировать на научные открытия большого промышленного значения.

В связи со сказанным напомним, что когда дед Антуана Анри Беккереля Антуан Сезар Беккерель (1788—1878) еще в 1838 г. (будучи заведующим кафедрой физики Парижского музея естественной истории) предложил использовать электролиз для получения металлов (меди, серебра, золота), то это сразу (1839—1845) нашло живой отклик на Урале (см., например, дело «Об отправке в Санкт-Петербург 30 тонн цельного золотосодержащего песка для опыта профессора Беккереля» [14]. И в течение нескольких лет при участии уральского горного инженера Гурьева Беккерель занимался оптимизацией процессов электрохимического выделения золота на Березовском и Новоелисаветинском приисках. В тот же период строится химическая лаборатория в Богословском заводе (1839—1841), а несколько позже управляющему Уральской лаборатории дается поручение о проведении химических исследований отвальных шлаков медных руд в Богословском заводе.

В 1904 г. во Франции появляется основанный Арме де Лилем первый радиевый завод. Им же субсидируется издание журнала «Радий» («Le Radium»), целиком посвященного проблемам радиоактивности [3, с. 321].

В 1904 — 1906 гг. во Франции в связи с промышленным освоением производства радия начинается комплексное изучение как позитивных, так и негативных последствий воздействия радиации на организм человека. Так, в этот период Пьер Кюри приступает к исследованию минеральных вод и газов на предмет их радиоактивности, а затем, совместно с Антуаном Анри Беккерелем, — к изучению физиологического воздействия радиоактивных лучей и эманаций радия. В 1906 г. во Франции была создана первая радиологическая клиническая лаборатория [3].

В это же время профессор А. П. Соколов продолжает исследовать радиоактивность минеральных вод Кавказа, а также лечебных грязей, воздуха, горных пород и минералов с целью выявления прежде всего целебных свойств радиации. Для определения содержания радия в горных породах им был разработан компенсационный эманационный метод, который до сих пор считается одним из самых надежных. Придавая большое значение исследованию радиоактивных минералов в России, А. П. Соколов устанавливает контакты с минералогическими учреждениями и краеведами страны. Вместе с тем он несколько раз посещает ведущие радиологические лаборатории Западной Европы, в том числе лабораторию Кюри в Париже. В 1912 г. Соколов командирует своего ассистента К. П. Яковлева сначала в лабораторию Резерфорда, где тот изучает соответствующие методики, а затем в качестве руководителя особой экспедиции — на Урал [2, с. 131; 15].

• В 1913 г. К. П. Яковлев издал в помощь студентам первый в России «Специальный практикум по радиоактивности», содержащий 20 задач по названной теме. В начале 1912 г. А. П. Соколов приступает к созданию радиологической лаборатории при Физическом институте Московского университета.

Несколько ранее аналогичная лаборатория появляется в Одессе (1910) и несколько позже — в Томске (1914).

К этому времени, а именно в 1910 г., Марии Кюри-Склодовской (1867 — 1934) и Андрэ Дебьерну удалось получить металлический радий, а в 1913 г. в Париже был создан первый Институт радия. Лабораторией радиоактивности в нем руководила Мария Кюри-Склодовская, а лабораторией био-

логических исследований и радиотерапии — видный французский врач Клод Регo [3, с. 325].

1 января 1922 г. был основан Радиевый институт (РИАН) и в Ленинграде. Его первым директором становится выдающийся русский ученый, основатель радиогеологии, геохимии и геобиохимии Владимир Иванович Вернадский (1863—1945). В этом институте, помимо таких же отдлений, что и в Париже, была создана биогеохимическая лаборатория [3, с. 325—326].

С именем В. И. Вернадского связаны и первые систематические академические исследования радиоактивных минералов на Урале. Так, с 10 апреля 1911 г. под руководством Владимира Ивановича начинается двухмесячная работа Радиевой академической экспедиции на Урале, в Закавказье и в Фергане [16, 17]. На Урале исследования проводились в Ильменских горах, Златоусте, Миассе, Кыштыме, Невьянске, Мурзинке, Верхотурье. В результате был сделан систематический обзор копей в Ильменских горах (В. И. Крыжановский, Е. Д. Ревуцкая и Б. А. Линденер), проведена рекогносцировка Каменки и Санарки (В. В. Критский), обследованы ломки гранита с ортитами в Верхотурье (под церковью) и собран огромный материал по цезиевому минералу в Большой Мокруше (Л. И. Крыжановский).

• Крыжановский Владимир Ильич (1881—1947) — геолог, минералог, сын горного инженера и известного коллекционера уральских минералов Ильи Николаевича Крыжановского, внук оренбургского генерал-губернатора Николая Андреевича Крыжановского. Выпускник мужской гимназии (ныне школа № 9) г. Екатеринбурга (1900). Образование и специальность минералога получил в Казанском университете и в Горном институте в Санкт-Петербурге, полевую практику — на Урале.

С 1907 г. работает на Минералогическом отделении Академии наук под общим руководством В. И. Вернадского. В 1909 г. в Германии и Швейцарии знакомится с постановкой работ в ведущих минералогических музеях. В 1910 г. работает на Урале в Ревдинском горном округе на Петровском месторождении никелевых руд, на железных рудниках района Дегтярки, на титано-магнетитах и др.

В 1911 г. работает в составе Радиевой экспедиции Академии наук в Ильменских горах, в отряде, который возглавил В. И. Вернадский. В последующем в составе этой экспедиции в летние полевые сезоны периодически находился на Урале. В 1913 г. знакомится с музейным делом в Австро-Венгрии (в Вене и Будапеште).

В 1917 г. по поручению Комиссии по изучению естественных производительных сил прибывает на Урал, на Верхнеуфалейскую дачу, для развед-

ки месторождения рутила, а затем занимается разработкой месторождения ильменита в Кыштымском округе (на Каслинской даче). Эпизодически выезжает для изучения пегматитовых жил Мурзинки и Липовки, где открывает два неизвестных ранее на Урале минерала — гердерит и петалит. На Боевском вольфрамовом месторождении впервые обнаруживает самородное золото.

В марте 1918 г. был командирован в Екатеринбург, где в течение 1918—1919 гг. преподавал минералогию в Уральском горном училище и Уральской высшей педагогической школе при облисполкоме. В то же время работал в Минералогическом музее УОЛЕ, где выступил с рядом докладов.

В 1920 г. оказывается в Томске, откуда в декабре того же года возвращается в Минералогический музей Академии наук в Петроград.

В 1924 г. вместе с А. Е. Ферсманом направляется в Фергану, на Туя-Мунский радиевый рудник, а затем — в Монголию, для изучения месторождений в районе Улан-Батора, откуда они привозят в музей богатейшую коллекцию минералов.

В 1929 г. руководит большой минералогической экспедицией сотрудников Минералогического музея из Ленинграда в Ильменские и Вишневые горы.

В 1933 г. летом был командирован в Кара-Мазарский район Таджикистана в составе Таджико-Памирской экспедиции для сбора музейного материала по рудам цветных металлов, а также по минералам урана и радия.

Осенью 1934 г. в связи с переводом Академии наук в Москву организует перевозку туда Минералогического музея, Ломоносовского института, а также Бюро минералов, которые также переводились в Москву.

В 1935 г. в качестве начальника Южно-Уральской минералогической партии изучает месторождения корунда в Малом Ильмене (северная часть Ильменского заповедника), а по окончании этих работ совместно с академиком А. Е. Ферсманом принимает участие в известном автомобильном пробеге по Южному Уралу по маршруту: Миасс — Кочкарь — Троицк — Карталы — Верблюжка — Гумбейка и далее через Урал на Белорецк — Башарт — Магнитогорск — Халилово — Орск — Верхнеуральск — Миасс. На основе собранного в автоэкспедиции материала в Москве была открыта первая с момента переезда туда Минералогического музея выставка «Рудоминеральные богатства Южного Урала».

В 1935 г. без защиты диссертации утвержден в степени кандидата геолого-минералогических наук.

В 1939 г. начинает читать курс минералогии на геолого-почвенном факультете Московского университета.

В 1941 г. в связи с объявлением войны принимает необходимые меры для безопасного хранения фондов музея в Москве и производит эвакуацию наиболее ценных в научном и материальном смысле образцов минералов (более 5000 образцов) на Урал, в Государственный Ильменский заповедник, где в 1942—1943 гг. находится в качестве хранителя. Здесь же занимается консультированием горно-поисковых работ по циркону.

В 1943 г. был командирован из Миасса в Свердловск на юбилейную сессию Академии наук СССР и по просьбе Свердловского горного института (СГИ) производит подробную экспертизу фондов Уральского музея СГИ. (В тот момент в СГИ находился и эвакуированный в чрезвычайно сложной обстановке лета 1941 г. закамуфлированный сейф с драгоценными

экспонатами Горного музея из Ленинграда, бывшего музея Горного института).

В начале 1944 г. коллекции этих музеев реэвакуируются в Москву и Ленинград соответственно. Несколько ранее, в октябре 1943 г., В. И. Крыжановский возвращается в Москву. В 1945 г. за работу «История изучения Ильменских гор» удостаивается премии, по постановлению ВАК получает ученое звание профессора минералогии и становится директором Минералогического отделения Геологического музея им.А. П. Карпинского (с 1955 г. — Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана). За все годы работы лично собрал и передал Музею более 50 коллекций. В фонде музея находится и большая коллекция минералов отца Крыжановского (около 4000 экземпляров), приобретенная В. И. Вернадским еще в 1912 г. Благодаря этому, минералогическая коллекция музея стала считаться одной из лучших в мире.

7 марта 1947 г. В. И. Крыжановский скончался. (Подробнее см.: *Годовиков А. А.* Владимир Ильич Крыжановский // Старейшие минералогические музеи СССР. М.: Наука, 1989. С. 72—81.)

• Ревуцкая Елизавета Дмитриевна (1866—1941) — минералог, ученица В. И. Вернадского, его ассистент на Высших женских курсах, хранитель, затем ст. научный сотрудник Минералогического музея АН СССР, научный сотрудник Радиевого института.

• Линденер Борис Александрович — минералог, научный сотрудник Московского университета, ученый хранитель Геологического и минералогического музея Петербургской академии наук, с 1918 г. — управляющий делами Комиссии по изучению естественных производительных сил России (КЕПС) Академии.

• Критский Владимир Викторович (1888—?) — минералог и петрограф, студент Московского университета, сотрудник Геологического и минералогического музея Академии наук.

• Крыжановский Леонид Ильич (1884 — ?) — брат В. И. Крыжановского, — минералог, инженер, знаток и коллекционер уральских камней. Отец и сыновья Крыжановские были членами УОЛЕ (с 1900 и 1910 гг.; см.: Записки УОЛЕ. 1911. Т. 31, вып. 1).

Сам Вернадский приехал на Урал на завершающем этапе экспедиции. Так, 28 мая он находился в Златоусте, 29-го — в Екатеринбурге, с 30 мая по 3 июня — в Невьянске, Верхотурье (?) и Мурзинке, с 4 по 11 июня — в Миассе, откуда отправился в обратный путь [16, с. 20—21].

Урал произвел на Вернадского тяжелое впечатление «тем ужасающим расхищением, какое здесь происходит, огромных богатств. Леса, копи дорогих камней, дороги, строй жизни — все отражает... допотопное государственное устройство, анархию, какая царит кругом! Вы не можете себе представить, что за варварство знаменитая Мурзинка и ее окрестности! А между тем богатства и сейчас огромные. В 200 лет ни одной поря-

дочной дороги! Леса горят и на 2/3 гибнут даром! Для добычи драгоценных камней чуть не половина их истребляется и будущая работа делается почти невозможной...» [16, с. 21].

В 1912 г. Радиевая экспедиция продолжила под руководством В. И. Вернадского свою работу на Урале. На этот раз в ней принял участие и другой выдающийся минералог, Александр Евгеньевич Ферсман. В состав экспедиции вошли В. И. Крыжановский, Е. Д. Ревуцкая, Мария Евгеньевна Лезедова (Владимирова), Леонид Александрович Кулик, Дмитрий Степанович Белянкин. Экспедицией был собран богатый материал в Верхотурье, в районе горы Благодати (Кушва), Алапаевска, Мурзинки, Адуя, в окрестностях Екатеринбурга, Кыштыма, а также в Ильменских горах и на Санарке [16, с. 47]. В частности, В. И. Крыжановским и Е. Д. Ревуцкой был составлен список копей циркона, пирохлора, монацита, эшинита (2–4% U_3O_4) и других радиоактивных минералов [17, с. 53–56].

• Биография выдающегося геохимика и минералога Александра Евгеньевича Ферсмана приводится во многих специальных и биографических изданиях. Поэтому хотелось бы, следуя статье В. А. Обручева «Памяти академика А. Е. Ферсмана (1883–1945)» [18] воспроизвести лишь те ее вехи, которые наиболее существенны для этой книги.

А. Е. Ферсман начал научную деятельность в 1904 г. в Московском университете под руководством В. И. Вернадского. В 1907 г. для продолжения образования он уезжает за границу, где работает в Париже у известного французского геолога, специалиста по теоретической минералогии и петрографии Альфреда Лакруа, у немецкого петрографа Карла Розенбуша (автора физико-оптического метода определения минералов) и норвежского геохимика Виктора Гольшмидта (одного из основоположников геохимии и кристаллохимии, а также автора первой геохимической классификации химических элементов, созданной им в 1924 г.).

На острове Эльба Ферсман проводит свои первые исследования по пегматитам, которыми впоследствии занимался в течение всей своей жизни.

В 1912 г., оказавшись в Петербурге, он работает хранителем Минералогического музея, а также в Академии наук. В том же году впервые начинает заниматься радиоактивными минералами и в составе Радиевой экспедиции впервые оказывается на Урале. В ее составе он проработает на Урале четыре сезона (с 1912 по 1915 г.).

В 1920 г. при создании книжного фонда Уральского госуниверситета из своей личной библиотеки Ферсман передает ему книги. Такой поступок, по всей видимости, был связан также и с тем, что первым ректором УрГУ стал бывший профессор кафедры методики естествознания и ректор Петроградского педагогического института Альберт Петрович Пинкевич (1883–1937), который, помимо педагогических курсов, читал в университете и курс геологии.

В 1932 г. возглавляет созданный на Урале филиал Академии наук (УФАН). При его деятельном участии в состав УФАН включается Ильменский заповедник, а также создаются институты геологического, геофизического и химического профиля.

Известно, что в 1942 г. Ферсман жил в Свердловске по адресу: ул. Луначарского, д. 85, кв. 6 [19, с. 213].

Александр Евгеньевич Ферсман ввел в научный лексикон следующие общепринятые термины: кларк, геофаза, гипергенез, геохимический градиент, энергетический коэффициент.

В 1912 г. в Ильменских горах на Урале оказывается и выдающийся дореволюционный специалист по радиоактивности Василий Андреевич Бородовский (1878—1914) [2, с. 106]. Им было установлено, что почти все уральские радиоактивные минералы содержат одновременно уран и торий. Но для выделения радиоактивных элементов в чистом виде, считал ученый, предподчтительны минералы с преимущественным содержанием либо урана, либо тория. Среди таковых он назвал ильменские эшиниты, содержащие много тория и ничтожное количество урана. Именно их можно было использовать для получения мезотория. Этот вывод В. А. Бородовского был очень важен, так как он означал возможность использования русских эшинитов в качестве руды для получения мезотория (радия-228), очень часто заменявшего в тот период радий [2, с. 107].

• Бородовский Василий Андреевич (1878—1914) был сыном священника из села Бережняны Смоленской губернии. В 1898 г. он окончил семинарию и поступил на химическое отделение физико-математического факультета Юрьевского университета. В 1902 г. он успешно оканчивает университет и оставляется при нем для подготовки к профессорскому званию. В последующем стажируется в Геттингенском университете и, возвратившись оттуда, в 1907 г. защищает диссертацию по химии на звание приват-доцента. Осенью 1907 г. одним из первых в России начинает читать лекции по радиоактивным веществам в Юрьевском университете и ходатайствует о стажировке в Лондоне у У. Рамзая. В апреле 1908 г. он отправляется в Англию, где стажируется сначала у У. Рамзая, а затем в Кембридже у Дж. Дж. Томпсона. В Кембридже занимается проблемами определения давления, создаваемого альфа-излучением радия. После этого перебирается в Манчестер, в лабораторию Э. Резерфорда, где в течение полугода изучает особенности поглощения бета-излучения растворами и устанавливает его связь с внутренним строением их атомов. Эти исследования были отмечены как Э. Резерфордом, так и М. Кюри. В 1910 г. в Юрьевском университете выходит книга В. А. Бородовского «Поглощение бета-лучей радия». В 1910 г. он избирается профессором кафедры неорганической, органической и аналитической химии Юрьевских частных университетс-

ких курсов. В 1911 г. получает премию Юрьевского университета и совершает поездку в радиологические институты Вены, Парижа, Берлина и Стокгольма. В Стокгольме под руководством Сванте Аррениуса летом 1911 г. занимается определением веса химических элементов по способу поглощения бета-лучей. В 1912 г. Бородовский становится старшим инспектором в Главной палате мер и весов в Санкт-Петербурге и приват-доцентом Санкт-Петербургского университета. К несчастью, постоянные материальные лишения (и, не исключено, переоблучение) подрывают здоровье ученого, и 28 января 1914 г. он умирает в возрасте 36 лет.

В 1913 г. Радиевая экспедиция также работала на Урале. Возглавлял ее А. Е. Ферсман. Кроме него, в состав экспедиции входили В. И. Крыжановский, Б. А. Линденер и Л. А. Кулик. «Ферсману удалось побывать во многих районах Урала и их обследовать. Экспедиция проходила по маршруту: Верхотурье, Алапаевск, Тагил, Лебяжеское, Сусанна, Екатеринбург, Миасс, Невьянск, Челябинск, Савельев Лог, Адуй, Шайтанка, Липовка, Бызовая и т. д.» [16, с. 62]. Помимо этого, В. И. Крыжановский завершил изучение копей Ильменских гор и собрал богатые материалы по копям в окрестностях Златоуста, Поляковки, Кирябинска и Карагатау.

Летом 1914 г. Радиевая экспедиция, наряду с традиционными местами своих исследований 1911—1913 гг., работала и в Оренбуржье. К примеру, В. И. Вернадский вместе с Дмитрием Николаевичем Соколовым путешествовал по Оренбургской губернии и изучал распространение пермских песчаников. Так, 30 июня 1914 г. он находился в Оренбурге, где исследовал желтые песчаники, но урана в них не нашел, и в последующие два дня совершал поездки по окрестным заброшенным рудникам. В частности, им были исследованы Каргалинские медные рудники (расположены между реками Янгыз и Карагалка в 37 км от Оренбурга) и гипсы из Нежинского рудника (в 15 км от Оренбурга) [16, с. 71].

В тот период в Оренбуржье работал и А. Е. Ферсман. В частности, 28 июня он приезжал из Миасса в Оренбург, но из-за плохой связи (письмо от В. И. Вернадского им не получено) встретиться с В. И. Вернадским не смог и тотчас же уехал в Соль-Илецк. На следующий день он опять приехал в Оренбург и снова вынужден был уехать, так и не встретившись с В. И. Вернадским, — на этот раз в Екатеринбург, где его ждала работа.

• В это время в Екатеринбурге находился сотрудник минералогического отделения Геологического и минералогического музея Петербургской академии наук Константин Константинович Матвеев. По указаниям В. И. Вернадского и С. Д. Кузнецова он занимался изучением россыпей в районах Большого Амазара, Новотроицких промыслов по реке Унде и в районе реки Или. Кроме того, им были обследованы обнажения по реке Чусовой, каменоломни гранита у станции Исеть и медные шурфы на склоне Золотого Камня в Богословском горном округе [16, с. 71].

В сезон 1914 г. экспедиция проявляла повышенный интерес к малаконам, более детально исследовала копи с эшинитом.

Летом 1915 г. А. Е. Ферсман предпринимает еще одну большую экспедицию на Урал [16, с. 74]. Ее маршрут начинался в Екатеринбурге (5 июня) и шел через Адуй, Мостовую, Мурзинку, снова Екатеринбург (9 июня), Ильменские горы, Челябинск, опять Екатеринбург (11 июня). Затем Ферсман едет в Сибирь, откуда на обратном пути снова посещает Челябинск (26 июля), Екатеринбург, Нижнеисетск и Реж.

В 1916 г. исследование радиоактивных минералов на Урале проводилось преимущественно в Пермской и Оренбургской губерниях. Причем наиболее активно ими занимался В. И. Крыжановский. То же самое относится и к экспедиции 1917 г. [2, с. 201].

Таким образом, благодаря стараниям Владимира Ивановича Вернадского и Александра Евгеньевича Ферсмана, в период с 1911 по 1915 г. основные работы по разведке радиоактивных минералов были выполнены, а в 1920 г. был открыт Ильменский минералогический заповедник.

• С 1909 г. по 1945 г. исследованием Ильменских гор также занимались Александр Николаевич Заварицкий (Геологический комитет), а несколько позже — Николай Михайлович Федоровский, Всеволод Сигизмундович Сырокомский, Раиса Борисовна Рубель и др. (Институт прикладной минералогии) [6, с. 100—101].

В экологическом отношении важным результатом Радиевой экспедиции 1915 г. стало составление Б. А. Линденером списка российских радиоактивных вод, грязей, отложений и глин, в котором они указаны в порядке возрастания их радиоактивности (всего 334 источника в разных регионах России [2, с. 126] (список бцл опубликован в журнале «Практическая медицина», № 11 за 1918 г.).

Впервые радиоактивное загрязнение территорий Россий-

ской империи и массовое облучение населения произошло в связи с начавшейся промышленной добычей радийсодержащих пород. Наиболее богатые из них были обнаружены в 1900 г. профессором Петербургского горного института И. А. Антиповым в Ферганской области, в 30 км от города Ош, в горном массиве Туя-Муюн (Туркестан) [4, с. 56].

В 1913 г. в Берлине было учреждено Международное общество для извлечения туркестанского радия, которое с того же года стало вывозить радийсодержащее сырье за границу. С началом Первой мировой войны вывоз его прекратился [3, с. 326].

В 1915 г. группа академиков, в состав которой входил и В. И. Вернадский для оптимального использования отечественного сырья создает при Академии наук Комиссию по изучению естественных производительных сил (КЕПС). В 1916 г. в связи с военными обстоятельствами по инициативе В. И. Вернадского была начата работа по отечественной добыче радия, поэтому радийсодержащую руду из Туркестана стали вывозить в Петербург. Весной 1918 г. на базе Радиевого отдела КЕПС начала функционировать Коллегия по организации и эксплуатации пробного завода для извлечения радия. Деятельное участие в его создании принял один из самых крупных дореволюционных специалистов по радиоактивности ученик Марии Кюри Лев Станиславович Коловрат-Червинский (1882—1921) [2, с. 204].

В критический момент наступления на Петроград Юденича Государственный запас радия (в виде руды) было решено эвакуировать на Урал, в Усолье-Соликамское (с 1932 г. город Березники Пермской области), где, согласно одной из версий, по рекомендации ученика В. И. Вернадского Виталия Григорьевича Хлопина (уроженца города Перми) было предложено место для строительства радиевого завода. Деятельное участие в анализе туркестанских радиевых минералов и эвакуации радийсодержащей руды из Петрограда принял Л. С. Коловрат-Червинский.

12 июля 1918 г. тринадцать вагонов, груженных радиевой рудой, вышли из Петрограда [20, с. 225]. Сопровождал их полномочный представитель отдела химической промышленности ВСНХ Леонид Николаевич Богоявленский. В тот же день Российской академии наук были выделены сверхсмет-

ные средства для строительства пробного радиевого завода на базе Березниковского содового завода [20, с. 226]. В конце июля состав прибыл на станцию Усольская. 28 октября 1918 г. приходит депеша, подписанная В. И. Лениным, предписывающая немедленно начать работы по организации радиевого завода. Управление работами было поручено инженеру-химику Л. Н. Богоявленскому. В ноябре в Усолье приезжает В. Н. Хлопин, а во второй половине декабря пробный завод начинает проводить опыты.

*Леонид Николаевич Богоявленский (1881 – 1943) был сыном земского врача из Торжка Николая Львовича Богоявленского. По линии матери (сестры известного зоолога и охотоведа Л. П. Сабанеева) принадлежал к старинному дворянскому роду Сабанеевых. В 1906 г. после окончания гимназии оказывается вовлеченным в террористическую деятельность, из-за чего попадает в Бутырскую тюрьму, откуда бежит за границу. Университетское образование получает в Бельгии и во Франции (Льежский университет, Сорбонна и Тулузский университет). В качестве инженера-химика работал в Лондоне, Ницце, Париже, с началом Первой мировой войны – в Жифе, близ Парижа, в лаборатории по испытанию радиоактивных веществ у ученика Марии Кюри Жана Данна. Руководил завершающей стадией производства радия.

После революции возвращается в Петроград, занимается проблемой изготовления светофосфоров для артиллерии и организацией производства отечественного радия.

В 1920 г. при обследовании горячих источников алтайского курорта Новая Белокуриха впервые применяет метод радиометрической съемки (термин Богоявленского), который с 1921 г. был официально введен в геологическую практику. С 1922 г. входит в состав Горного института и ученого совета Радиевого института в Петрограде. С 1922 по 1928 г. занят совершенствованием радиометрических работ, а также проблемой разработки эталона радия. В конце 20-х – начале 30-х гг. приходит к выводу о непостоянстве «постоянной радиоактивного распада» и практически показывает это в синхронных экспериментальных наблюдениях за активностью стандартных источников полония, разнесенных в разные точки Советского Союза. Этот вывод, свидетельствующий о влиянии локальных геофизических сред на динамику радиоактивного распада, с одной стороны, дал мощный импульс развитию ядерных геофизических исследований, а с другой, стал актуальным в связи с экологическими проблемами, так как указывал на необходимость существенной коррекции в дозиметрических расчетах, особенно на территориях с искусственным радиоактивным загрязнением, предполагал динамическую зависимость естественной радиоактивности от активности Солнца и космических лучей.

В 1930 – 1931 гг. Л. Н. Богоявленский обнаруживает, что местности, особенно часто поражаемые молниями, имеют повышенную радиоактивность. Эти выводы, указывающие на избыточную ионизацию воздуха эманациями радия, выделяющимися из тектонических разломов земной коры,

блестяще подтвердили наблюдения Д. Ф. Араго о том, что молнии чаще всего попадают в места контакта смещенных пород. В основном натурные исследования такого рода были выполнены Л. Н. Богоявленским на Урале, в Ильменских горах, недалеко от Златоуста.

В 1933 г. выходят две книги Л. Н. Богоявленского: «Радий. Как его добывают и измеряют» и «Краткий курс радиометрии».

С этого же года он начинает активно заниматься проблемами курортологии, в частности разрабатывает приборы для определения концентрации аэроионов в натурных условиях. С 1934 г. с помощью этих приборов изучает аэроионные режимы и характеристики ряда курортов — от южных (Евпатория) до северных (курорт «Имандра» у одноименного озера за Полярным кругом).

Накануне Великой Отечественной войны вместе с А.Л.Чижевским разрабатывает специальные аэроионизаторы для проектируемого Дворца Советов в Москве. Такие приборы ими были созданы, однако начавшаяся война прервала совместную работу этих выдающихся ученых.

Во время войны Леонид Николаевич вновь занялся проблемами изготовления светосоставов для военных целей. Остался в осажденном Ленинграде, где скончался 25 января 1943 г. (Подробнее см.: *Казаков Б. И., Ильина Т. Д.* Леонид Николаевич Богоявленский (1881 – 1943). М.: Наука, 1981. 128 с.)

Результаты были получены обнадеживающие и в феврале 1919 г. предполагалось получить первый радий [20, с. 226]. Однако с востока на Пермь началось наступление Колчака, и, чтобы сохранить государственную тайну, завод, предусмотрительно построенный из дерева, сожгли. Эвакуировать ценное сырье Л. Н. Богоявленский не рискнул и решил остаться при нем на месте. 27 декабря 1918 г. территория, на которой началась организация радиевого завода, и все радиевое сырье, в отборе проб которого участвовал Коловрат-Червинский, попали в руки белых.

К счастью, тайна истинного назначения руды в течение всей оккупации так и не открылась, и двенадцать тысяч пудов (192 т) радийсодержащей руды, которые по всей стране искали заинтересованные иностранные представители, оказались нетронутыми [20, с. 227].

Так, именно на Урале возникла вторая ситуация, когда угроза загрязнения радиоактивными элементами окружающей среды была реальной.

В ноябре 1919 г., после отступления белых, Л. С. Коловрат-Червинский поехал на радиевый завод во главе специальной комиссии, созданной Радиевой коллегией для возобновления работ по извлечению радия. Комиссия под его пред-

седательством закончила работы в январе 1920 г. и возвратилась для доклада в Петроград [2, с. 123].

В соответствии с мнением комиссии было принято решение об организации опытного завода на одном из приволжских предприятий. И в мае 1920 г. радийсодержащая руда вместе с необходимым оборудованием с помощью каравана барж отправилась вниз по Каме и была доставлена к пристани Тихие Горы в поселок Бондюжский (ныне г. Менделеевск) [20, с. 227].

Из переработанных 110 пудов радиоактивных остатков руды в конце 1921 г. радиохимиком Виталием Григорьевичем Хлопиным (1890—1950) и его сотрудниками [3, с. 326] были получены 4,1 мг высокоактивных препаратов русского радия [20, с. 228].

Соответственно начало радиоактивного загрязнения Западного Урала следует соотнести с началом деятельности Бондюжского радиевого завода (1921).

• Как отмечается в статье «Государственный Радиевый институт при АН и его деятельность» [21, с. 218—220], работа этого института была тесно связана с Туя-Муюнским Государственным радиевым рудником, а также с Государственным радиевым заводом на пристани Тихие Горы на реке Каме.

Организацию радиевого завода взял на себя и блестяще выполнил член Радиевого института по химическому отделу Иван Яковлевич Башилов.

• Башилов Иван Яковлевич (1892—1953) стал заведующим завода, будучи студентом последнего курса Петроградского политехнического института. В 1921 г. им была разработана технология переработки туямунита и извлечения из него радия. Впоследствии профессор Башилов организовал в Московском институте тонкой химической технологии им. М. В. Ломоносова кафедру технологии редких и рассеянных элементов. В 1938 г. был необоснованно арестован. Умер от инфаркта в 1953 г. [4, с. 56].

В 1924 г. сотрудниками Радиевого института А. Г. Елисеевым и П. А. Волковым были получены 98%-ные соли бромистого радия. Сначала завод производил 2 г радия в год в виде его бромида $RaBr_2$. «Для извлечения радия размолотую руду обрабатывали смесью соляной и серной кислот и затем в реакционную массу добавляли водный раствор хлорида бария $BaCl_2$. В результате реакции

$$BaCl_2 + H_2SO_4 = BaSO_4\downarrow + 2\cdot HCl$$

выпадающий осадок малорастворимого сульфата бария захватывал примесь сульфата радия $RaSO_4$. В одной тонне осадка при такой операции концентрировалось до 50 – 60 мг радия. Потом осадок для удаления примесей превращали сначала в карбонат бария $BaCO_3$, а затем в бромид бария $BaBr_2$...» [4, с. 56].

О том, что работы по поиску радийсодержащего сырья на Урале в 20-х гг. развивались в нужном направлении, свидетельствуют материалы заседаний комитета УОЛЕ о работе Радиологической комиссии и издании ею геологических карт Урала [22, с. 15]. Такая комиссия была создана в январе 1923 г. Помимо президента УОЛЕ профессора М. О. Клера и вице-президента профессора К. С. Семенова, в нее входили В. М. Иванов, Л. М. Каптерев, В. О. Клер, М. И. Липовский, В. С. Сырокомский, Л. М. Хандросс.

Приступая к работе, Комиссия заключила соглашение с геологом Геологического комитета УОЛЕ Н. К. Разумовским, чтобы совместить поиск медистых песчаников на Западном склоне Урала с их радиологическими исследованиями (заседание Радиологической комиссии от 24 января 1923 г.).

Как следует из архивных материалов, Геологический комитет УОЛЕ дал средства на поездку в район Миасса для исследования радиоактивности малаконов и цирконов члену Радиологической комиссии Витольду Сигизмундовичу Сырокомскому.

• Известно, что накануне революции 1917 г. А. Е. Ферсман привлек В. С. Сырокомского к работе в Комиссии по изучению производительных сил России. Сырокомский занялся изучением использования в промышленности редких элементов. Результатом его работы стало издание в 1919 г. брошюры «Применение редких элементов в промышленности» [23, с. 43]. В конце того же года Константин Константинович Матвеев пригласил его в Екатеринбург в Горный институт, и с января 1920 г. Витольд Сигизмундович начал работать в нем на кафедре минералогии.

Вместе с тем решался вопрос об отправке в Нижегородскую радиолабораторию монацитового песка и поиске необходимой информации о возможностях добычи из него тория.

В июле 1923 г. Комиссия по случаю создания и утверждения плана своих работ получает приветствие от Государственного радиевого института при Российской академии наук, а в октябре ходатайствует перед Уралэкосо о выдаче средств для

оборудования радиологической лаборатории при Уральском университете (см. протокол заседания Комитета УОЛЕ от 29 октября 1923 г. [22]).

С целью популяризации знаний о радиоактивности на местах радиологической комиссией было рекомендовано прочесть цикл лекций «О значении радия». Вместе с тем сложные общественно-политические явления существенным образом повлияли на дальнейшее развитие событий. 6 мая 1923 г. был арестован президент Общества Модест Онисимович Клер. Агентами ГПУ и канцелярии музея в УОЛЕ был произведен обыск. Подал прошение об отставке вице-президент К. С. Семенов. С 1917 по 1925 г. из УОЛЕ выбыло более 50 человек. К 1926 г. Общество лишилось материальной поддержки, и более поздних упоминаний о деятельности Комиссии в архивных материалах автор не обнаружил.

• Правда, отдельные свидетельства о ее судьбе удалось найти в статье Лазаря Моисеевича Хандросса «Радиоактивные источники на Урале. Необходимо широкое радиологическое исследование» [23]. Из статьи следует, что в 1930 г. Радиевая комиссия действовала при Минералогическом музее Горного института, а ее члены Тадд и Архарова летом того же года пытались продолжить работы по исследованию радиоактивных источников в окрестностях Миасса, начатые там еще в 1917 г. доктором Потапенко. При этом подчеркивалось, что если Потапенко удалось найти источники с радиоактивностью воды от 3,6 Махе до 12,4 Махе (1,3—4,5 нКи/л, или 48—167 Бк/л), а у станции Чебаркульской даже 72,5 Махе (26,4 нКи/л, или 977 Бк/л), то Тадд и Архаровой удалось обнаружить источники с радиоактивностью в 25 (9,1 нКи/л, или 336 Бк/л), 34 (12,4 нКи/л, или 459 Бк/л), 46 (16,7 нКи/л, или 618 Бк/л) и даже 80 единиц Махе (29,1 нКи/л, или 1077 Бк/л).

В статье отмечалось также, что необходимы исследования многочисленных водоемов Ильменских гор и прежде всего озер Тургояк и Ильменское, о которых сложилось мнение как о радононасыщенных, хотя никаких исследований по этому поводу не проводилось. Особое внимание предлагалось обратить на монацитовые россыпи рек Санарки и Каменки, известные еще с 60-х гг. XIX в. и описанные тогда минералогом академиком Кошкаровым, а позднее — В. В. Критским (1914) и Е. В. Рожковой (1929).

В заключение указывалось на необходимость наискорейшего решения вопроса об открытии на Урале филиала НИИ Геофизики с радиевым сектором, о чем уже и было подано ходатайство НИС Уральского отделения УОСНХ.

По всей видимости, предложение Л. М. Хандросса о развертывании полномасштабных радиологических исследований радиоактивных источников на Урале, на территории Свердловской области, получило реальное развитие только в середине 90-х гг., когда на территории области был оконтурен 131 ареал радоносодержащих подземных вод с содержанием радона более 40 Бк/л.

Развитие знаний о радиоактивности тем временем приводит к появлению нового медицинского направления — лучевой терапии и тесно связанной с ней науки об измерении количества облучения — дозиметрии [25]. На базе этих направлений начинается тщательное исследование влияния радиации на живые системы, и впоследствии формируется особая ветвь науки об окружающей среде — радиоэкология.

Все это было обусловлено прежде всего тем, что поначалу значительную радиацию обнаруживали преимущественно биологическим способом: после кратковременного интенсивного облучения на коже человека появлялось покраснение. О наличии радиоактивности также судили по гибели дрозофил или червей в месте повышенного излучения. Тем не менее такие способы регистрации излучения и реакции «индикаторов» достаточно быстро привели экспериментаторов к более щадящим методикам, которые и легли в основу дозиметрии.

Развитие дозиметрии во многом связано с именем швейцарского врача и физика Т. Кристена. Еще в 1913 г. он разработал понятие физической дозы облучения [25, с. 13].

В своей статье «Измерение и дозировка рентгеновских лучей», посвященной этому вопросу, Кристен писал: «Таким образом, нам следует представить, что какая-то определенная доля энергии рентгеновского излучения, поглощенная на каком-либо определенном участке, а именно биологически активная энергия, вызывает те химические реакции, которые ответственны за специфическое воздействие рентгеновского излучения. Отношение этих двух количеств энергии является коэффициентом чувствительности:

$$\text{коэффициент чувствительности} = \frac{\text{биологически активная энергия}}{\text{полная поглощенная энергия.}}$$

Мы в конечном итоге хотим узнать, какая часть поглощенной энергии вызывает биологический эффект» [25, с. 13—14].

Физической дозой Кристен называет то количество энергии излучения, которое поглощено единицей элемента физического тела или вещества.

Биологическую дозу он определяет как «равную физичес-

кой дозе, помноженной на коэффициент чувствительности» и далее указывает: «...следует напомнить, что мы в настоящее время умеем измерять лишь «физическую дозу», [точнее] пытаемся [ее] определить» [25, с. 14].

Для правильной оценки биологической дозы прежде всего следует провести анализ отношений между известными величинами, поддающимися измерению, и таким образом определенной физической дозой (см. первоисточник: *Christen Th.* Messung und Dosierung der Rontgenstrahlen. Hamburg, Grafe und Sillen, 1913).

Важнейший из первых физических методов дозиметрии был основан на эффекте ионизации воздуха. В начале 20-х гг. это послужило основой для введения такой единицы дозы рентгеновского излучения, как Рентген, область применения которой быстро распространили и на область гамма-излучения, вплоть до энергий в 2—3 МэВ [25, с. 14].

• По М. Кюри, 1 рентген — это экспозиционная доза излучения, при которой общий заряд ионов в 1 $см^3$ сухого воздуха составляет 1 единицу электричества в системе CGSE (0, $33 \cdot 10^{-9}$ Кл), или свыше 2 млрд ионов.

В 1925 г. была создана Международная комиссия по радиационным единицам и измерениям (русская аббревиатура — МКРЕ, международная — ICRU, или International Commission on Radiological Unit and Measurement). Эта организация стала высшей инстанцией по всем вопросам определения радиационных и дозовых величин, а также по дозиметрическим единицам [25, с. 14].

В 1925 г. Георгий Адамович Надсон (1867—1940) и его ученик Г. С. Филиппов впервые продемонстрировали в совместных опытах с низшими грибами возможность искусственного получения мутаций под воздействием ионизирующих излучений. В последующем ими же были начаты исследования по изменчивости микробов и экспериментальному получению их новых устойчивых рас. К сожалению, преждевременная смерть Г. С. Филиппова (умер молодым в 1933 г.) и гибель во время сталинских репрессий Г. А. Надсона прервали эти важные работы [26, с. 102].

Немного позже начинаются исследования по влиянию рентгеновского облучения на генетический аппарат насекомых. В 1927 г. Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский, на-

ходясь в Берлине, приступил к изучению действия ультрафиолетовых и рентгеновских лучей на дрозофил, а параллельно с ним этой же проблемой занялся Герман Меллер.

С этих пионерских работ начал развиваться еще один важный в экологическом отношении раздел науки — радиационная генетика (термин Н. В. Тимофеева-Ресовского). Причем, «если Меллер с помощью изящного метода смог оценить частоту возникновения индуцированных радиацией мутаций, то Тимофеев (т. е. Тимофеев-Ресовский. — *В. Л.*) показал зависимость между дозой радиации и числом возникающих мутаций.

Для радиационной безопасности сегодня кардинальное значение имеет вывод Тимофеева об отсутствии минимального порога дозы, что не оставляет места для концепции «безопасного проживания» на загрязненных радионуклидами территориях» [26, с. 103].

Последующие работы Н. В. Тимофеева-Ресовского привели к формированию современной радиоэкологической науки и, в частности, к формированию уральской радиоэкологической школы.

Примечательно, что с 1929 по 1932 г. в Свердловске находился в ссылке один из учителей Н. В. Тимофеева-Ресовского выдающийся русский ученый, основоположник эволюционной и популяционной генетики Сергей Сергеевич Четвериков (1880 — 1959), изгнанный из МГУ за «меньшевиствующий идеализм». Его пребывание здесь было воистину драматично. Согласно Н. М. Артемову и Т. Е. Калининой, в Свердловске С. С. Четвериков оказался в конце лета 1929 г. [27, с. 36]. Вскоре к нему приехала жена Анна Ивановна. О том, как они устроились, свидетельствует ее письмо, адресованное родителям Сергея Сергеевича в Швейцарию. В нем она сообщает, что им удалось найти маленькую комнату, однако с работой у Сергея Сергеевича было неладно: «...работает в местном музее Уральского края в биологическом отделении пока еще бесплатно, но, возможно, через некоторое время получит платную должность. Последнее время устраивал биологическую часть выставки Ямальской экспедиции 1928 г. к октябрьским торжествам. В музее отношение к нему хорошее. Познакомился с несколькими профессорами политехникума...» [27, с. 36] (письмо хранится в Архиве РАН, ф. 1650, оп. 1, ед. хр. 235).

В тот период он пытается писать какую-то работу по дрозофиле и просит присылать ему для этого материалы и литературу, но вскоре, видимо понимает, что это практически невозможно. Ходатайства жены о его переводе в Пермь или Ташкент также оказались безрезультатными. На жизнь Сергею Сергеевичу пришлось зарабатывать репетиторством по математике с учащимися средних классов. Выезжать за пределы города ему также было запрещено. Из-за этого два летних сезона он вынужден был собирать коллекции бабочек в черте города или же в его ближайших окрестностях — нелегально. Впоследствии сопоставление его коллекции с другими позволило выявить свыше 60 разновидностей бабочек, ранее не отмеченных в Екатеринбурге. В частности, московские энтомологи были в восторге от нового вида белянки из рода Leptidia. В этот же период он составил список бабочек Среднего Урала. Известно, что, кроме того, в Свердловске Сергей Сергеевич приступает к чисто теоретической работе по биометрии, которая затем легла в основу его исследования «Опыт объективной систематики организмов (на примере Lepidoptera Torticidae)» [27, с. 37].

Постоянную работу С. С. Четвериков получает лишь в 1930 г., когда был зачислен консультантом при Горкомхозе по планированию и организации в Свердловске зоопарка. Судя по всему, при этом назначении не обошлось без участия М. О. и В. О. Клеров, так как оба они имели отношение к краеведческому музею, а Владимир Онисимович, кроме того, был и непосредственным инициатором создания Свердловского зоопарка [28, с. 184–85].

Еще одним увлечением Сергея Сергеевича в свердловский период были занятия астрономией. Он имел прекрасный телескоп французской фирмы «Барду», с помощью которого ему удавалось производить массу разнообразных наблюдений, в том числе «разлагать» двойные звезды [27, с. 138]. Кстати, в январе 1930 г. в УОЛЕ была создана астрономическая секция, однако принимал или нет участие в ее деятельности С. С. Четвериков, автору неизвестно.

Летом 1932 г. трехлетний срок ссылки ученого завершился, однако его права были «поражены», т. е. ему было запрещено проживание в Москве, Ленинграде, а также в Уральс-

ком регионе. Это означало, что в Свердловске он оставаться не имел права и должен был немедленно покинуть этот город. Так он оказался во Владимире [27, с. 37].

В конце 20-х и в 30-е гг. с именем Н. В. Тимофеева-Ресовского была связана целая серия замечательных открытий и начинаний в области наук, смежных с биологией.

Так, в 1927 г. Николай Владимирович вместе с супругой Еленой Александровной публикует пионерскую работу «Генетический анализ природной популяции Drosophila melanogaster», с которой, собственно, и стала набирать силу популяционная генетика [29].

В 1929 г. они публикуют первый в мире обзор по радиационной генетике, а в 1931 г. — монографию по этой теме.

В начале 30-х гг. Н. В. Тимофеев-Ресовский в своей лаборатории совместно с физиком Карлом Циммером и физиком-теоретиком, учеником Макса Борна и Нильса Бора Максом Дельбрюком (ставшим впоследствии нобелевским лауреатом) создают теорию «радиационной мишени» и определяют размер гена. Ген оказался по размеру близким к размеру молекулы типа аминокислоты. Ими был также установлен минимальный объем структуры в клетке, повреждение которого приводит к мутации [30].

В 1935 г. в работе с Карлом Циммером Н. В. Тимофеев-Ресовский показывает, что исходно энергетически ничтожные явления могут приводить к энергетически неэквивалентным последствиям (принцип усилителя в биологии).

С начала 30-х гг. вместе с Максом Дельбрюком Николай Владимирович входил в «кружок» Нильса Бора. Тимофеев-Ресовский вместе с русским эмигрантом Борисом Самойловичем Эфрусси (являвшимся заместителем директора Института физико-химической биологии в Париже) организует позднее систему специализированных биофизических интернациональных семинаров в маленьких («нейтральных») странах — Дании, Голландии, Бельгии. Это позволило привлечь к своим проблемам физиков мировой величины: учеников Резерфорда Джеймса Чедвика (первооткрыватель нейтрона), Патрика Блэкетта (первооткрыватель явления образования электрона и позитрона из гамма-кванта), французских знаменитостей Пьера Оже, Франсуа Перрена и др.

В 1937 г. в Дрездене Н. В. Тимофеев-Ресовский публикует монографию «Экспериментальное изучение мутаций в генетике». В том же году Макс Дельбрюк эмигрирует в США, где создает международную научную группу, работающую по организационным принципам Тимофеева-Ресовского. В нее вошли русский физик Георгий Гамов (позднее выполнивший первый расчет генетического кода), английский биофизик Фрэнсис Крик и аспирант Дельбрюка американский биохимик Джеймс Уотсон. Впоследствии Уотсоном и Криком была предложена структурная модель ДНК (двойная спираль), которая стала основой для создания молекулярной генетики и объяснила, каким образом генетическая информация содержится в молекулах ДНК, а также химический механизм самовоспроизведения таких молекул (Нобелевская премия 1962 г.). Сам же Дельбрюк в Америке под влиянием Николая Владимировича занялся генетикой вирусов и их репродукцией, что привело его к открытию рекомбинации у бактериофагов — вирусов, поражающих микроорганизмы (Нобелевская премия 1969 г.).

Согласно профессору С. Э. Шнолю [31, с. 118—119] преемственность идей, приведших к созданию основ молекулярной генетики, таким образом, может быть выражена цепочкой: Колли — Кольцов — Тимофеев-Ресовский — Дельбрюк — Уотсон.

Действительно, в 1894 г. профессор Александр Андреевич Колли опубликовал работу, в которой он обращал внимание на биологический парадокс, поставив вопрос: как при небольшом количестве молекул, находящихся в клетках сперматозоидов, передается огромное число наследственных признаков? Ответ на этот вопрос дал в 1927 г. его ученик Николай Константинович Кольцов.

Согласно Н. К. Кольцову, признаки, передаваемые по наследству, определяются линейным расположением мономеров в полимерных молекулах. При этом размножение полимерных молекул происходит по принципу матриц: свободные мономеры из биораствора вначале выстраиваются вдоль родительской молекулы, образуя ее точную копию, после чего между мономерами возникают химические связи.

Эти идеи были восприняты Тимофеевым-Ресовским, который щедро поделился ими со своими учениками и развил их,

создав концепцию конвариантной редупликации, т. е. матричного воспроизводства-размножения любых (в том числе и мутационно измененных текстов наследственной информации), тем самым раскрыв принципиальную суть микроэволюционных процессов.

• Конвариантная редупликация (термин введен в группе Николая Владимировича в конце 20-х гг.), согласно Тимофееву-Ресовскому, в отличие от косного вещества является основным признаком вещества «живого» и правомерен для всех уровней жизни, начиная с вирусов и кончая человеком.

Уехавший в Америку Макс Дельбрюк, в свою очередь, изложил матричный принцип Джеймсу Уотсону, который, познакомившись с исследованиями Ф. Крика по расшифровке рентгенограмм ДНК, понял, что для предположения о ее спиральной форме не хватает идеи генетической полимерной молекулы с ее точной копией. Так появилась модель пространственной структуры ДНК (двойная спираль) и были установлены ее биологические функции.

Во второй половине 30-х гг. в СССР начались массовые репрессии. Возвращение Тимофеева-Ресовского на родину могло его погубить, что трагическим образом отразилось бы на судьбе российской генетической школы. Николай Владимирович принимает решение остаться в Германии.

В 1939 г. в Париже выходит книга Н. В. Тимофеева-Ресовского «Механизм мутаций и структура гена». Годом позже в его соавторстве с несколькими другими авторами выходит знаменитая книга под редакцией Джулиана Хаксли «Новая систематика» («The New Systematics»), в которой были заложены основы современной синтетической теории эволюции. В ней Николай Владимирович на материале радиационных исследований показал неравновероятность возникновения прямых и обратных мутаций и сформулировал такие широко используемые ныне понятия, как микро- и макроэволюция [32, с. 145].

Следует отметить, что, начав опыты по вызыванию мутаций у мух дрозофил рентгеновскими лучами, Николай Владимирович последовательно переходил к изучению воздействия на них гамма-лучей, бета-излучений различной жесткости, быстрых протонов, альфа-частиц и даже нейтронов. Именно в процессе этого он обнаруживает эффект радиостимуляции

малыми дозами и анализирует пусковые механизмы возникновения мутационного процесса [33, с. 158—159].

Такой широкий диапазон исследований стал возможным во многом благодаря его знакомству с выходцем из России Николаусом (Николаем Васильевичем) Рилем, ведущим ученым Ауэровского общества, которое занималось как общими проблемами радиоактивности, так и атомной проблематикой, и поэтому имело широкие технические возможности.

Задолго до наступления ядерной эры в Ауэровском обществе смогли правильно оценить перспективы практического использования исследований в области радиоактивности, в том числе и биологических лучевых воздействий, поэтому по инициативе Н. В. Риля Общество предоставило Н. В. Тимофееву-Ресовскому не только лабораторию в Бухе, но и персональное право распоряжаться необходимыми для ее деятельности средствами. Так, в 30-е гг., видимо сразу после появления в Ауэровском обществе генератора нейтронов, отдел генетики Тимофеева-Ресовского начинает проводить биологические эксперименты с нейтронами [33, с. 95].

С началом Второй мировой войны выезд из Германии оказывается невозможным и по законам военного времени Н. В. Тимофеев-Ресовский становится интернированным. Однако большой научный авторитет и личностные качества Николая Владимировича (локальное окружение относилось к нему с нескрываемой симпатией) и в этот непростой период обеспечили ученому неприкосновенность.

В 1940 г. возглавивший Институт физики Общества кайзера Вильгельма в Берлин-Далеме Вернер Гейзенберг организует там ежемесячный семинар, на котором физики и биологи устраивают междисциплинарные дискуссии. Появление этого семинара во многом было стимулировано большой популярностью группы Н. В. Тимофеева-Ресовского [33, с. 97]. Итогом работы семинара стало написание Паскуалем Иорданом, имевшим влияние в нацистских кругах, меморандума о необходимости создания в Бухе крупного биофизического центра с широким междисциплинарным спектром.

К концу войны группа Н. В. Тимофеева-Ресовского стала ядром Института физики Общества кайзера Вильгельма в Берлин-Бухе [33, с. 97].

3.2. АТОМНЫЙ ПРОЕКТ НА УРАЛЕ И ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.2.1. ИСТОРИЯ АТОМНОГО ПРОЕКТА*

Известно, что впервые идею цепной ядерной реакции выдвинули в 1934 г. Силард Лео Сцилард, Фредерик Жолио-Кюри, а также Лизе Мейтнер. Однако начало реализации атомного проекта можно отнести к 18 декабря 1938 г., когда в Институте химии Общества кайзера Вильгельма (Берлин) Отто Ган и Фриц Штрассман обнаружили явление расщепления ядра урана [1, с. 377]. 16 января 1939 г. в английском журнале «Nature» появилось письмо Лизе Мейтнер и Отто Фриша, объяснявшее эти результаты распадом ядра на две части и где впервые был использован термин «деление ядра», а также теоретически оценена выделяющаяся при этом энергия [2, с. 353]. Экспериментально одному из первых удалось оценить величину энергии распада ядра урана Фредерику Жолио-Кюри. Она оказалась огромной, примерно 200 млн эВ [2, с. 353]. Несколько позже было открыто явление испускания вторичных нейтронов при делении урана (Силард Лео Сцилард, Энрико Ферми, Фредерик Жолио-Кюри и др.), а французский физик Фрэнсис Перрен (сын знаменитого физика Жана Батиста Перрена), рассчитал критическую массу урана для цепной реакции деления [1, с. 378]. Таким образом, к концу лета 1939 г. были созданы предпосылки для осуществления в определенной массе урана самоподдерживающейся цепной реакции, приводящей к взрыву.

26 сентября 1939 г. в Германии было основано Урановое общество, в работе которого приняли участие Гейзенберг, Вейцзеккер, Ган, Гейгер, Боте и др. Научным центром атомных

---

* Материалы главы подготовлены на основе книги В. Н. Новоселова, В. С. Толстикова «Тайна «сороковки» (1995), публикаций Жореса Медведева (1990–1994), книги В. В. Литовского «Урал. Радиационные катастрофы. Теча» (1992), тезисов докладов Уральского семинара «Экологические проблемы загрязненных радионуклидами территорий Уральского региона» (1992), монографии «Эколого-генетический анализ отдаленных последствий Тоцкого ядерного взрыва в Оренбургской области в 1954 г. (факты, модели, гипотезы)» под редакцией А. Г. Васильева (1997).

исследований стал Берлинский физический институт Общества кайзера Вильгельма [3, с. 10].

В июне 1940 г. Карл Фридрих фон Вейцзеккер теоретически показал, что уран-238 в атомном реакторе должен превращаться в новый элемент, который впоследствии получил название «плутоний» [3, с. 10—11]. Экспериментально он был обнаружен в декабре 1940 г. группой американских радиохимиков во главе с Гленом Теодором Сиборгом при облучении урана ядрами тяжелого водорода [1, с. 378; 2, с. 392]. В том же месяце в Германии под руководством Гейзенберга завершилось сооружение первого опытного реактора, а фирмой «Ауэргезельшафт» в Ораниенбурге была освоена технология производства металлического урана в промышленных масштабах [4].

Урановая руда для немецкого уранового проекта первоначально поставлялась из месторождения близ горнорудного поселка Яхимово (Чехия).

• В экологическом отношении важно подчеркнуть, что с указанным районом Рудных гор связано появление так называемой «шнеебергской легочной болезни», впервые описанной Парацельсом (Филиппом фон Гогенгеймом, 1493—1541) в 1537 г. [5, с. 66]. Название болезнь получила от Шнееберга, маленького городка в Саксонии (Германия), расположенного на северном склоне горы Эрцберг (Рудная гора). Известно, что еще в 1470 г. здесь была начата добыча серебра. В то же время добычей серебра занялись и на южной стороне Рудной горы, относящейся к Богемии, в горнорудном поселке Яхимово (Чехия).

В 1879 г. «шнеебергская легочная болезнь», от которой умирало до 75% шахтеров этого района, была определена как рак легких. Позднее, благодаря исследованиям Бориса Николаевича Раевского, начатым в 1936 г. (Институт биофизики Общества кайзера Вильгельма во Франкфурте-на-Майне (позже Институт Макса Планка), выяснилось, что причиной заболевания является радон [5, с. 67; оригинальный источник: *Rajevsky B.* Bericth uber die Schneeberger Untersuchungen // Z. Krebsforschung. 1944. 44. P. 315—340], который выделяется из руд, содержащих серебро и уран.

В дальнейшем, после оккупации Бельгии весной 1940 г., с обогатительной фабрики концерна «Юнион миньер», было захвачено около 1200 т уранового концентрата, половина имеющегося к тому времени мирового запаса урана, а с оккупацией Норвегии в руках руководителей немецкого атомного проекта оказался завод фирмы «Норск-гидро» в Рьюкане, в то время единственный в мире производитель и поставщик тяжелой воды [4].

В Великобритании первые работы по созданию атомной бомбы датируются 1939 г. В апреле следующего года профессор Имперского колледжа науки и технологии в Лондоне Джордж Паджет Томсон (сын Джозефа Джона Томпсона — первооткрывателя электрона) возглавил комитет по созданию атомного оружия [3, с. 11].

В США впервые проблему атомного оружия поднимает Силард Лео Сцилард. 2 августа 1939 г. он обращается к Альберту Эйнштейну с просьбой подписать письмо президенту Франклину Делано Рузвельту, в котором подчеркивались успехи фашистской Германии в этом направлении и указывалось на необходимость форсирования таких работ в Америке. Однако практически к созданию атомного оружия в США приступили только с декабря 1941 г. Успех реализации данного проекта предопределялся не только развитой экономикой страны, но и тем, что в США работали выдающиеся физики: Эйнштейн, Бор, Юри, Ферми, Чедвик, Комптон, Сегре, Сцилард, Вигнер, Теллер, Вайскопф и др. [3, с. 12].

Необходимая для осуществления американского атомного проекта урановая руда (вторая половина имеющегося мирового запаса) в сентябре 1940 г. была тайно переправлена из Бельгийского Конго (ныне Заир) в Нью-Йорк [5, с. 68]. Тяжелая вода (185 кг), вывезенная по запросу Жолио-Кюри из Рьюкана накануне оккупации Германией Норвегии, также попадает в США [4].

В СССР работы в области расщепления атомных ядер были стимулированы открытием в лаборатории Э. Резерфорда новой частицы, получившей название «нейтрон» (Джеймс Чедвик, 1932). Экспериментально ее наблюдали при исследовании излучения бериллия, бомбардируемого альфа-частицами. В том же году в Харьковском физико-техническом институте молодые ученые Кирилл Дмитриевич Синельников (стажер Резерфорда с 1928 по 1930 г.), Александр Ильич Лейпунский, Антон Карлович Вальтер и Георгий Дмитриевич Латышев расщепили ядра лития искусственно ускоренными протонами [1, с. 375]. В 1932 г. на заседании ученого совета Радиевого института АН (РИАН) СССР под председательством Владимира Ивановича Вернадского по предложению Георгия Антоновича Гамова и Льва Владимировича

Мысовского принимается решение о строительстве большого циклотрона для расщепления атомных ядер [3, с. 13], который будет запущен в 1937 г. Одновременно в Ленинградском физико-техническом институте создается группа исследователей, в которую входил и Игорь Васильевич Курчатов.

В 1932 г. Г. А. Гамов издает первую советскую монографию по проблемам ядерной физики «Строение атомного ядра и радиоактивность». В 1935 г. выходит книга И. В. Курчатова «Расщепления атомного ядра». В это же время совместно с Б. В. Курчатовым, А. И. Русиновым, Л. В. Мысовским И. В. Курчатов обнаруживает на искусственно радиоактивном атоме брома явление ядерной изомерии [3, с. 13].

В 1939 г. к обоснованию возможности цепных ядерных реакций приступили Николай Николаевич Семенов, Юлий Борисович Харитон и Яков Борисович Зельдович. В результате их исследований также была обоснована возможность цепных ядерных реакций в виде взрыва и невозможность самоподдерживающейся реакции в природном уране, для реализации которой необходимы обогащение природного урана изотопом урана-235 и замедление скорости движения нейтронов с помощью тяжелого водорода или тяжелой воды [3, с. 14].

Заключительным выдающимся научным достижением советских физиков на этой стадии стало открытие спонтанного деления ядер урана (1940) сотрудниками Радиевого института АН СССР Константином Антоновичем Петржаком и Георгием Николаевичем Флеровым [2, с. 356].

Следующий важный шаг в исследовании ядерных реакций в СССР связан с инициативой Владимира Ивановича Вернадского и Виталия Григорьевича Хлопина по созданию при Президиуме АН СССР Комиссии по проблемам урана. Такая комиссия была создана 30 июля 1940 г. В октябре того же года создается подкомиссия по поиску, разведке и эксплуатации урановых месторождений под руководством Александра Евгеньевича Ферсмана.

К шпионажу в области атомной проблемы подключается и советская разведка. В конце марта 1942 г. полученные ею данные по созданию атомной бомбы за рубежом были доложены Сталину. Перспективы этих разработок Сталин предлагает обсудить на заседании Государственного Комитета Обороны с

участием авторитетных ученых А. Ф. Иоффе, Н. Н. Семенова и В. Г. Хлопина [3, с. 15]. В результате был учрежден совещательный научный орган для организации и координирования работ по созданию атомного оружия. Ответственность за его формирование была возложена на Молотова.

В середине 1942 г. Молотов начинает поиск кандидатуры на пост руководителя Уранового проекта. Возглавить проект последовательно предлагается Петру Леонидовичу Капице, а затем Абраму Федоровичу Иоффе, однако под разными предлогами они отказываются от этого предложения. В начале осени 1942 г. из большого списка кандидатур осталось две: тридцативосьмилетний профессор, ученик Иоффе Абрам Исаакович Алиханов, достаточно известный как в научном мире, так и коридорах власти, и Игорь Васильевич Курчатов, практически не известный властям, но имеющий блестящую рекомендацию от А. Ф. Иоффе. Среди его личных качеств отмечались умение легко находить общий язык с людьми, принципиальность, требовательность, корректность, большие организаторские способности. В конце 1942 г., оказавшись в Свердловске, Курчатов ознакомился с работами Исаака Константиновича Кикоина, и счел целесообразным подключить его к атомной проблематике.

• Исаак Константинович Кикоин — ученик А. Ф. Иоффе. В 1930 г. прошел стажировку в Германии и Голландии. С 1931 г. сотрудник Ленинградского физико-технического института (ЛФТИ). С 1936 г. работает в Свердловске, сначала в Уральском физико-техническом институте (1936–1942; ныне Институт физики металлов), затем в Уральском политехническом институте, возглавляя кафедру физики (1937–1944).

В январе 1943 г. И. В. Курчатов, А. И. Алиханов и И. К. Кикоин были вызваны в Наркомат химической промышленности для изложения плана работ по созданию атомного оружия. С запиской ученых ознакомился Берия, который при докладе Сталину предложил остановить выбор на Курчатове [3, с. 21–22].

15 февраля 1943 г. было принято решение ГКО об организации единого научного центра по созданию атомного оружия во главе с Игорем Васильевичем Курчатовым. Центр получил скромное название «Лаборатория № 2 Академии наук СССР» [3, с. 23–24].

Сразу после этого Курчатов разворачивает работу по со-

оружению опытного атомного котла (реактора). Вскоре Курчатов, Алиханов и сотрудник аппарата ГКО С. А. Балезин находят на окраине Москвы, в Покровско-Стрешневе, большой пустырь с недостроенным зданием Всесоюзного института экспериментальной медицины, где и решают разместить Лабораторию № 2 (впоследствии Институт атомной энергии, а с начала 90-х гг. — Федеральный ядерный центр им. И. В. Курчатова) [3, с. 28].

Теоретические исследования Курчатов поручает Зельдовичу, Харитону, бывшему сотруднику Радиевого института Исаю Израилевичу Гуревичу и сотруднику Физического института АН СССР Исааку Яковлевичу Померанчуку. Впоследствии эти ученые создали теорию атомного реактора и атомного взрыва.

Леониду Михайловичу Неменову было поручено строительство циклотрона для облучения урана и получения первого отечественного плутония. 25 сентября 1944 г. циклотрон был запущен в работу [3, с. 29].

Сам Курчатов сосредоточивается на проблемах уран-графитового реактора (сектор № 1). Параллельно Алиханов занимается реактором на тяжелой воде. На основе группы Алиханова впоследствии возникнет Институт теоретической и экспериментальной физики.

Разработку технологии обогащения урана газодиффузионным методом Курчатов поручает И. К. Кикоину [3, с. 29]. Осенью 1943 г. для работы по одному из разделов атомной проблемы он направляет младшего брата Исаака Константиновича, тоже ученого-физика, Абрама Константиновича Кикоина в Свердловск.

Заняться методом электромагнитного разделения изотопов было предложено группе исследователей под руководством Льва Андреевича Арцимовича, с которым Курчатов ранее работал в ЛФТИ.

Первый уран для загрузки экспериментального атомного реактора (не менее 100 т) решено было извлечь в Средней Азии (недалеко от Ходжента) на специально построенном уранодобывающем предприятии. Однако в 1945 г. здесь получили всего 18 т урановой руды, что было явно недостаточно [3, с. 31].

В начале 1945 г. на основе информации, предоставленной советской разведкой, было принято решение о добыче высококачественных урановых руд в Болгарии (район Бухово в Родопских горах) [4]. Но при производительности полторы тонны в неделю их тоже было недостаточно.

В том же 1945 г. специальная комиссия, в составе которой работали Арцимович, Кикоин и Харитон, обнаруживает около 100 т урана в Германии. Эти запасы вместе с ураном из Бухово и был использован для первой загрузки экспериментального реактора в Лаборатории № 2.

Когда многие проблемы Уранового проекта еще не были решены (лето 1945 г.), на Урале начинается поиск места для строительства промышленного реактора. Занимались этим заместитель начальника Первого главного управления НКВД генерал-лейтенант Аврамий Павлович Завенягин и начальник Главпромстроя НКВД Александр Николаевич Комаровский, в ведении которого находилась строительная программа Уранового проекта. По их мнению, необходимым требованиям отвечал район между городами Кыштым и Касли Челябинской области. Удаленный от крупных городов, этот регион располагал десятками больших и малых озер, а население здесь было издавно связано с промышленным производством [3, с. 57].

В итоге Государственной комиссии было представлено два варианта размещения промплощадки: основной — там, где сейчас находится город Снежинск (бывший Челябинск-70), и запасной — под Кыштымом. При их обсуждении выяснилось, что осуществление первого варианта не исключает попадания радиоактивных элементов в гидросистему Каслинско-Кыштымских озер, так как озеро Синара, куда должны были сбрасываться отходы из реактора, находится в самой высокой точке каскада озер. Озеро Кызылташ, наоборот, завершает этот каскад и, следовательно, самотеком радиоактивная вода попасть в каскад не могла.

Хотя понятие «экология» вряд ли было известно реализаторам атомного проекта, однако принятое ими решение все же оказалось «экологичным», так как был принят второй вариант. Проведенная тогда оценка вероятных факторов воздействия на окружающую среду атомного производства в даль-

нейшем позволила избежать многих нежелательных последствий. Кроме того, в самом втором варианте вовремя были исключены возможные ошибки. Так, промплощадка должна была размещаться на берегу озера Иртяш. В этом случае жилые массивы Челябинска-40 (Озерск) расположились бы с подветренной от нее стороны и, следовательно, попали бы в зону радиоактивного загрязнения. С учетом этого прогноза расположение промплощадки относительно города было изменено [3, с. 62–63].

В ноябре 1945 г. первый отряд строителей прибывает на место сооружения промышлнного атомного реактора, так называемой промплощадки ПО «Маяк». Среди них было немало советских немцев-трудармейцев из Челябметаллургстроя НКВД.

В декабре 1945 г. для ускорения работ над Урановым проектом советское правительство решает привлечь немецких специалистов. Еще до испытания американцами атомного оружия в июне 1945 г. аппарат отдела «С» НКВД – НКГБ, возглавляемого Павлом Анатольевичем Судоплатовым, вывез с семьями из Германии видных немецких ученых: лауреата Нобелевской премии Густава Людвига Герца, выпускника Мюнхенского и Берлинского университетов, автора классического опыта Франка – Герца и метода разделения изотопов путем диффузии, и Манфреда фон Арденне, изобретателя электронного растрового и рентгеновского теневого микроскопов. Для них были организованы два научно-исследовательских института в Сухуми. Всего отделом Судоплатова в СССР были вывезены 190 человек: 33 доктора наук, 77 инженеров, 80 ассистентов и лаборантов.

Немецкие физики были разделены на группы для работы по всем трем вариантам технологии обогащения урана: газодиффузионному, электромагнитному и центрифужному [4]. Так, диффузионной технологией разделения изотопов урана-235 и урана-238 вместе с Густавом Герцем занимался известный физико-химик Петер Адольф Тиссен. Макс Штеенбек, выдвинувший независимо от других в 1927 г. идею циклотрона, стал руководителем центрифужной технологии разделения изотопов урана. К сожалению, разделение изотопов с помощью центрифуги его конструкции оказалось неудачным. Кон-

тролировал работу немецких ученых Исаак Константинович Кикоин.

Большое значение для отечественного Уранового проекта имели консультации с вывезенным в СССР (сначала в Электросталь, а затем на Урал, в Сунгуль) профессором Николаем Рилем, который в Германии занимался получением тория, а в годы войны освоил технологию получения чистого металлического урана. Завод по изготовлению чистого урана, подведомственный Рилю, находился в Ораниенбурге (в 40 км от Берлин-Буха). «Объект», где трудился Николай Васильевич Риль с немецкими сотрудниками на Урале, впоследствии был реорганизован и стал хорошо известным атомградом Челябинск-70» [6, с. 200].

В мае 1947 г. в «Сунгуле», на севере Челябинской области, оказался и работавший с 1925 г. в Германии выдающийся русский ученый-радиобиолог Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский. Еще в Германии (1945) ему было предложено заняться на родине исследованием генетических последствий радиационных поражений. Однако вместо этого системой НКВД вернувшийся в СССР ученый был сначала отправлен на Лубянку, а затем этапирован в Карагандинский лагерь. Так что возглавить биофизический отдел в «шарашке», как называл Тимофеев-Ресовский лабораторию «Б» (бывший санаторий НКВД «Сунгуль»), ему пришлось лишь спустя два года.

Развертыванию советского Уранового проекта в значительной мере способствовала негласная солидарность ведущих физиков мира в осознании ими необходимости послевоенного геополитического баланса сил прежде всего между СССР и США. Такой настрой интеллектуальной элиты привел ее к решению поделиться своими знаниями в области разработки атомного оружия с советскими учеными. Примером проявления такой солидарности может служить консультация Нильса Бора, которую он дал представителю наших физиков-атомщиков.

Осенью 1945 г. в реализации советского Уранового проекта наступил критический момент: возник огромный риск в использовании добытых военной разведкой образцов урана-235 и нужно было определиться в выборе типа первого атомного реактора, а также в дальнейшей технологии извлечения

плутония. Поэтому руководители проекта решают обратиться за помощью к Нильсу Бору.

6 ноября 1945 г. в Копенгагене Нильс Бор принял советскую делегацию, в составе которой находился известный физик-теоретик, автор ряда научных монографий и учебников по теоретической физике Яков Петрович Терлецкий.

В беседе с Я. П. Терлецким Н. Бор осветил некоторые принципиально важные темы, в частности, он говорил о типах используемых в США промышленных реакторов, диффузионном и масс-спектрографическом методах получения урана-235.

Нильс Бор отметил, что в США все котлы работают с графитовыми модераторами, так как производство тяжелой воды требует колоссального количества электроэнергии. Он обратил внимание собеседника на то, что если при диффузионном методе, посредством пропуска гексафторида урана UF6 через каскад (т. е. при газовой диффузии UF6 через пористые перегородки), происходит существенное увеличение количества урана-235, то при дальнейшем размещении урана в камере масс-спектрографа достигается существенное ускорение разделения его изотопов и, таким образом, наиболее эффективной оказывается комбинация газодиффузионного и масс-спектрометрического способов разделения изотопов. Нильс Бор отметил колоссальные достижения американцев в строительстве больших спектрографов, которые к тому времени в США делали тысячами [4].

25 декабря 1946 г. в 18 часов на экспериментальном реакторе И. В. Курчатов впервые получает цепную реакцию. В ходе этого эксперимента было установлено, что для успешных исследований количество загружаемого в реактор урана и графита должно быть в несколько раз больше.

В январе 1946 г., принимая во внимание информацию, предоставленную работниками отдела «С» НКВД, возглавляемого П. А. Судоплатовым, руководство проекта останавливается на варианте промышленного реактора с проточным способом охлаждения, который впоследствии вызовет серьезные экологические проблемы [3, с. 48].

Проектирование промышленного реактора было поручено НИИ химического машиностроения, возглавляемоому Николаем Антоновичем Доллежалем, привлеченным к Урановому

проекту в январе 1946 г. Доллежалю принадлежит идея реактора с вертикально расположенными каналами и урановыми блоками [3].

Строительство первого промышленного реактора, «Аннушки» (будущее ПО «Маяк»), началось в августе 1946 г. [3, с. 49].

В 1946 г. по директиве правительства СССР развернулась интенсивная добыча урана в исторически горнорудном районе вблизи горняцких городков Ауэ и Шнееберг в Восточной Германии [5, с. 68].

• По современным данным [5, с. 70], в урановых шахтах Восточной Германии в критический период с 1946 по 1955 г., когда не соблюдались нормы радиационной безопасности, на подземных работах было занято около 250 тыс. человек. Средняя эффективная доза облучения каждого из них дочерними продуктами радона составляла 50—100 бэр в год.

В первоисточнике (см.: *Jacobi W., Henrichs K., Barclay D.* 1992,Verura schungswahrscheinlichkeit von Lungenkrebs durch die berufliche Strahlenexposition von Uran-Bergarbeitern der WISMUT AG. GSF Research Center for Environment and Health, Neuherberg, Germany. GSF-Report/S-14/92.) указаны годовые экспозиции, выраженные в рабочих уровнях WLM, что составляет 100—200 WLM в год.

Рассмотрим связь между WLM и широко используемыми радиационными единицами измерения.

Концепция рабочего уровня была предложена в 1957 г. Д. А. Холедеем (D. A. Holaday) с сотрудниками [5, с. 69].

WLM (Working Level Month, т. е. рабочий уровень за месяц) — это внесистемная экспозиционная единица облучения персонала производств с радоносодержащими источниками (урановых шахт и т. п.). Изначально 1 рабочий уровень (1 WL) определялся как скрытая энергия, соответствующая дочерним продуктам радона (ДПР), находящимся в равновесии со 100 пКи/л (3700 Бк/м^3) радона. Эта энергия равна 0,02 мДж/м^3.

При профессиональном облучении радоносодержащими источниками рабочее время за месяц устанавливается равным 170 ч, поэтому 1 WLM = = 1 WL · 170 ч, т. е. 3,54 мДж·ч/м^3. В год рабочее время персонала ограничивается 2000 ч, соответственно годовая экспозиция облучения ДПР составляет 40 мДж·ч/м^3.

Соотношение между энергией дочерних продуктов радона, приходящейся на распад одного эквивалентного атома радона, таково: 0,02 (мДж/м^3)/3700 (Бк/м^3) = 5,6 ·10^{-6} (мДж/м^3/(Бк/м^3), или, при более точных расчетах — 5,56·10^{-6} (мДж/м^3)/(Бк/м^3).

С учетом того, что в реальных условиях радон находится в неравновесных условиях, приходится вводить корреляцию с равновесными условиями с помощью так называемого коэффициента равновесия, т. е. отношения равновесной концентрации радона к неравновесной. Для большинства задач, связанных с радоном, этот коэффициент берут равным 0,4. Исходя из этого, при объемной активности в шахте, равной 1 Бк/м^3 за год работы (2000 ч), профессиональное облучение составит: 5,56·10^{-6} (мДж/м^3/(Бк/м^3) · 1 Бк/м^3· 2000 ч · 0,4 =

$=4{,}45 \cdot 10^{-3}$ мДж·ч/м^3, или $1{,}26 \cdot 10^{-3}$ WLM. Из этого также следует, что расчетная объемная активность радона в шахте, соответствующая годовой экспозиции в 1 WLM, равна 794 Бк/м^3.

Таким образом, рабочие на урановых шахтах в Германии работали при концентрациях радона от 80—160 кБк/м^3. В книге «Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах. Публикация 65 МКРЗ» [5, с. 25] указывается, что годовой экспозиции для рабочих в 1WLM соответствует эквивалентная доза облучения 5 мЗв (0,5 бэр), следовательно, ежегодное облучение рабочих составляло 50—100 бэр. О его последствиях можно судить по статистическим данным, приведенным в том же источнике. Из 4042 шахтеров, наблюдаемых в период с 1953 по 1985 г. при средней экспозиции в 227 WLM, полученной ими в среднем за 8 лет работы, от рака легких скончалось 574 человека [5, с. 53], т. е. 14,2%. При предположении линейной зависимости эффекта от экспозиции смертность от рака легких работавших в урановых шахтах Германии за те же сроки должна была бы составить от 50 до 100%!

Для жилых помещений годовая экспозиция человека дочерними продуктами радона (при расчетном времени 7000 ч и объемной активности в 1 Бк/м^3) составляет: $5{,}56 \cdot 10^{-6}$ (мДж/м^3/(Бк/м^3) ·1 Бк/м^3 · 7000 ч · 0,4 = $= 1{,}56 \cdot 10^{-2}$ мДж·ч/м^3, или $4{,}4 \cdot 10^{-3}$ WLM.

Соответственно объемная активность в жилище при годовой экспозиции в 1 WLM должна равняться 227 Бк/м^3. Переход от экспозиции к эффективной дозе для населения, осуществленный на основании прямого сравнения ущерба с единицей эффективной дозы и единицей экспозиции радона, согласно последним данным Международного комитета по радиационной защите (МКРЗ), приводит к следующему соотношению: экспозиция ДПР в 1 мДж·ч/м^3 эквивалентна эффективной дозе в 1,1 мЗв. Откуда 1 WLM = = 3,88 мЗв для населения. Объемной активности в 100 Бк/м^3 будет соответствовать годовая доза в 1,7 мЗв, при активности 200 Бк/м^3 — 3,4 мЗв, при 600 Бк/м^3 — 10,3 мЗв и т. д.

В Екатеринбурге среднегодовая объемная активность газообразного радона в воздухе жилых помещений составляет 82 Бк/м^3, что более чем в два раза превышает аналогичное среднемировое значение (40 Бк/м^3) [7, с. 101]. Это обусловливает среднегодовую дозу облучения населения от радона в 1,4 мЗв. По данным Института промышленной экологии УрО РАН в 4—5% обследованных зданий объемная активность превышает 400 Бк/м^3, что обеспечивает годовую дозу при стандартном коэффициенте равновесия 6,8 мЗв, а при коэффициенте равновесия 0,5—8,5 мЗв, или 0,85 бэр. На бронхиальный эпителий при среднестатистической активности эффективные эквивалентые дозы составляют 8,2 бэр, а в помещениях с активностью выше 400 Бк/м^3 — 40 бэр и выше.

Однако для промышленного реактора, даже после введения в 1947 г. в Средней Азии мощностей по добыче 200 т урановой руды в сутки, урана не хватало. Поэтому начинается получение оксидов урана из железной руды и угля Курской магнитной аномалии. В 1947 г. была предпринята попытка разработки угольного месторождения, содержащего уран, на озере Иссык-Куль.

Все это позволяет предположить, что только в уранодобывающей отрасли, работающей на советский Урановый проект, на этапе ее становления было использовано и подверглось облучению около миллиона человек. Если учесть, что дозы облучения, вероятно, немногим отличались от доз на урановых шахтах в Германии, то последствия для большинства облученных могли быть только фатальными.

В конце 1947 г. принимается решение о строительстве в Нижней Туре завода по обогащению урана электромагнитным методом. Этот метод, однако, не нашел в дальнейшем применения из-за неэкономичной технологии производства, на порядок уступающей центрифузионной технологии. Впоследствии электромагнитный метод стал использоваться только для разделения стабильных и радиоактивных изотопов (ныне завод «Уралэлектрохимприбор», г. Лесной, Свердловская обл.) [3, с. 54].

Запуск промышленного атомного реактора «Аннушка» состоялся 19 июня 1948 г. в 12 часов 45 минут [3, с. 150]. Его первая продукция поступила на радиохимический завод Челябинск-40 (г. Озерный) 22 декабря 1948 г. [3, с. 159].

• Строительство радиохимического завода в будущем Челябинске-40 в комплексе с хранилищем радиоактивных отходов, ставшим печально известным в сентябре 1957 г., началось 1 декабря 1946 г.

Первую технологию переработки облученного в реакторе урана еще в 1944 г. предложили ученые Радиевого института Борис Александрович Никитин, Александр Петрович Ратнер, Иосиф Евсеевич Старик и Борис Петрович Никольский. Там же был построен опытный радиохимический цех, где с конца 1945 г. стали проводить эксперименты для отработки технологии радиохимического производства.

Поскольку реактор накапливал плутоний в течение 6 месяцев вместо года, соответствующего обычному циклу накопления, а технология была «зеленой», т. е. без выдержки в течение 200—300 дней для охлаждения облученных урановых блоков, выгрузка была сопряжена с выбросом в атмосферу радиоактивных аэрозолей.

Согласно Жоресу Медведеву [8, с. 49], в основе метода промышленного выделения плутония, разработанного Радиевым институтом, было растворение первоначальным ураном стержней из реактора в азотной кислоте. Далее, по всей видимости, процесс выделения азотнокислого плутония был свя-

зан с кристаллизацией этой соли. При этом достаточно много азотнокислого плутониевого раствора оставалось в жидком виде. Этот так называемый маточный раствор мог быть использован повторно. Однако многократная кристаллизация из одного и того же раствора, в который добавляются все новые растворенные стержни реактора, невозможна, так как в составе смеси увеличивается концентрация других веществ, которые влияют на степень выделения плутония. Поскольку срочность работ была очень велика, то отрабатывать технологию до мелочей не было времени, и на заводе скапливались миллионы литров высокоактивной кислоты (по видимому, подвергавшейся нейтрализации с образованием солей нитратов). «Эту высокоактивную и, безусловно, горячую жидкость из концентрированных нитратов сливали в контейнеры где-то не слишком далеко: для транспортировки жидких отходов еще не могло быть надежных средств» [8, с. 50].

Как следует из книги В. Н. Новоселова и В. С. Толстикова «Тайна сороковки», проекты наиболее эффективного способа захоронения радиоактивных растворов, поступающих с радиохимического завода, были обсуждены Игорем Васильевичем Курчатовым, Михаилом Георгиевичем Первухиным, Борисом Львовичем Ванниковым, А. Н. Комаровским и В. С. Емельяновым 31 декабря 1947 г. Предпочтение было отдано проекту, который предлагал в качестве хранилища резервуары из нержавеющей стали, находящиеся в каньоне с бетонными стенами и закрытом сверху сплошной железобетонной плитой. Первухин, поддержав эту идею как временную, предложил в перспективе заняться разработкой методов по резкому сокращению объемов радиоактивных растворов за счет их концентрирования, замораживания или других компактифицирующих способов [3, с. 207]. Однако в дальнейшем временный вариант конструкции хранилища был взят за типовой, что привело к печальным последствиям в 1957 г.

Первый продукт радиохимического производства — концентрат плутония поступил на переработку 26 февраля 1949 г. [3, с. 164]. Таким образом, радиохимический цикл концентрирования первого отечественного плутония составил два месяца, с 22 декабря 1948 г. по 26 февраля 1949 г. 16 апреля 1949 г. был получен металлический плутоний [3, с. 166].

1 декабря 1945 г. принимается решение о строительстве комбината (№ 813, Свердловск -44), работающего по методу газовой диффузии (ныне Уральский электрохимический комбинат в г. Новоуральске Свердловской области), для производства урана-235, который был необходим в качестве материала для урановых атомных бомб.

Научным руководителем комбината Спецкомитет рекомендовал назначить члена-корреспондента АН СССР Исаака Константиновича Кикоина.

«Первый уран, обогащенный изотопом-235 до 75%, комбинат (завод Д-1) начал выпускать только в ноябре 1949 г. Дальнейшее обогащение (до степени, необходимой для оружейного применения, т. е. до 94%) производилось электромагнитным методом на соседнем заводе (Свердловск-45). С 1950 г. комбинат № 813 ежегодно выпускал десятки килограммов высокообогащенного (до 94%) урана. В 1951—1953 гг. после пуска на комбинате еще трех разделительных заводов, значительно более мощных, чем Д-1, задачу получения урана-235 можно было считать вполне решенной» [9]. Правда, в книге В. Н. Новоселова и В. С. Толстикова «Тайна сороковки» говорится, что для получения необходимого количества урана-235 для атомной бомбы Совет Министров СССР принял 1 декабря 1949 г. решение о строительстве завода в Верх-Нейвинске [3, с. 53]. Но, очевидно, эта дата относится все-таки к строительству следующих трех разделительных заводов на комбинате № 813. В пользу информации, приведенной В. П. Визгиным, свидетельствуют и воспоминания А. М. Петросьянца, который пишет: «В самом начале 1947 г. мне поручили контроль, организацию помощи и комплектование строительства завода для разделения природного урана и получения изотопов урана-235 методом газовой диффузии... В первые месяцы 1947 г. с И. К. Кикоиным я выехал на стройплощадку будущего завода-комбината по разделению изотопов. Строительство было в разгаре» [10].

Таким образом, несмотря на указанные временные расхождения, можно заключить, что к началу 50-х гг. дополнительным потребителем природного урана становится завод по обогащению урана газодиффузионным методом в городе Верх - Нейвинске Свердловской области, и появление радиоэколо-

гических проблем следует отнести к этому времени. (Технологию газодиффузионного получения урана здесь перестали использовать лишь в 1992 г. [3, с. 54].)

Более экономичный способ обогащения урана, основанный на применении центрифуг, начал применяться в Верх-Нейвинске в 1964 г. В этом отношении советские ученые и инженеры опередили своих западных коллег примерно на десять лет [3, с. 543].

Как показыает приведенный выше материал, беседа с Бором нашла специфический отклик в военно-промышленной инфраструктуре Свердловской области, что, в свою очередь, создало масштабные экологические и медицинские проблемы.

С создания здесь в 1949 г. радиохимического производства по извлечению плутония начинается трагедия ставшей печально знаменитой уральской реки Течи. По 1952 г. практически без очистки происходил сброс в нее средне- и высокоактивных вод. В. П. Пономарев пишет: «...в начале 1950-х годов по реке текла густая жидкость, сверкающая всеми цветами радуги. Жидкость покрывала воду толстым слоем толщиной в палец. Эту воду пили, на ней варили пищу. К 1952 г. жители села Метлино обнаружили, что даже утки стали плохо летать. Появились другие зловещие признаки. К 1951—52 г. ситуация в районе стала настолько критичной, что власти были вынуждены ввести первые меры предосторожности. Сброс радиоактивных отходов в реку прекратился. Течу местами огородили проволокой, запретив населению собирать грибы и ягоды, косить сено и т. д...» [11].

С 1949 по 1952 г. в реку было сброшено 76 миллионов кубометров сточных вод с общей активностью по бета-излучению 2,75 млн Кюри. В результате 124 тысячи жителей прибрежных сел подверглись внешнему и внутреннему облучению [12, с. 6]. Для локализации и блокирования активности воды в верховьях Течи с 1952 по 1964 г. было сооружено 10 плотин, что локализовало 98% активности [3, 194].

На 1951 г. приходится начало радиационных медицинских обследований местного населения. Было установлено, что повышенные дозы в пределах от 3,5 до 170 бэр получили 28 тысяч человек. Верхний предел дозы (170 бэр) получили жители села Метлино (1, 2 тысячи человек). Было зарегистриро-

вано 935 случаев заболевания лучевой болезнью. Критической группой оказались дети. Вследствие этих обследований в период с 1955 по 1956 г. было отселено более 20 населенных пунктов с общим числом населения 8 тысяч человек [12, с. 6].

С 28 октября 1951 г. начинается драматическая история озера Карачай (площадь — $2{,}70 \cdot 10^5$ м^2, объем воды — $0{,}4 \cdot 10^6$ м^3), расположенного на территории радиохимического завода. Озеро стали использовать как хранилище для жидких радиоактивных отходов. В последующий период в нем было сосредоточено 120 млн Ки активности. С 1985 г. Карачай начали постепенно засыпать [3, с. 120].

Приборы дозиметрического контроля стали разрабатываться параллельно с созданием промышленного атомного реактора, в лаборатории измерения ионизирующих излучений под руководством Василия Ивановича Шевченко (Челябинск-40). Однако в первый год работы реактора большое количество технологических нарушений и аварий приводило к хроническому переоблучению персонала. По сути дела, люди работали без дозиметров. Имеющиеся приборы были несовершенны и не фиксировали некоторые виды излучения, в частности самое мощное — нейтронное. «За 1949 г. почти треть работавших на заводе по документальным дозиметрическим данным получила годовую дозу облучения больше 100 бэр, при принятой тогда годовой норме примерно 30 бэр. Можно представить, каковы эти дозы были у тех, кто работал без дозиметра... Значительная часть радиационной нагрузки в 1949 г. была получена работниками «Аннушки» в ходе капитального ремонта» [3, 154].

Жертвами радиации стали и авторы промышленной радиохимической технологии с применением экстракционных процессов Борис Александрович Никитин и Александр Петрович Ратнер, умершие вскоре после пуска объекта [3, с. 162].

К июню 1949 г. в Челябинске-40 было накоплено достаточное для создания атомной бомбы количество металлического плутония. Плутониевую начинку (шарик) направили в Арзамас-16, где она была заключена в специально изготовленную первую атомную бомбу [3, с. 167].

29 августа 1949 г. заряд был взорван на полигоне в 120 км от Семипалатинска.

В марте 1950 г. запускается второй промышленный уран-графитовый реактор, в апреле 1951 г. — третий, в октябре — четвертый, в декабре — пятый, в сентябре 1952 г. — шестой [3, с. 303—304].

Параллельно с уран-графитовыми реакторами под руководством академика Алиханова начинается сооружение экспериментального реактора на тяжелой воде, который заработал в апреле 1949 г. Его существенным преимуществом было то, что он требовал для своей работы на порядок меньше дефицитного урана. Первый промышленный тяжеловодный реактор был пущен в Челябинске-40 17 ноября 1951 г. [3, с. 203].

В 1952 г. начитается строительство нового радиохимического завода. Вместо вертикальной компоновки оборудования, которая повышала опасность вертикального распространения радиоактивных загрязнений в ходе технологических процессов, в нем решено было применить более безопасную компоновку — горизонтальную. Ввод завода в эксплуатацию задержался до 1959 г., что было связано с трагическими событиями 1957 г.

Солнечным теплым днем 29 сентября 1957 г. примерно в 16 часов 30 минут из-за саморазогрева и радиолиза отходов, а также из-за отсутствия системы должного контроля произошел взрыв в одной из емкостей с высокоактивными отходами (свыше 1 Ки/л) на хранилище радиоактивных отходов радиохимического комплекса. Суммарная их активность составляла 20 млн Ки. Из этого количества 18 млн Ки осталось на промплощадке, около двух миллионов было поднято в воздух сильным юго-западным ветром и разнесено по площади свыше 1000 км^2, охватывающей территории Челябинской, Свердловской и Тюменской областей [12, с. 6; 3, с. 210]. К счастью, радиоактивный след ушел в сторону, противоположную Челябинску-40. В ближайшей зоне радиоактивное облако накрыло реакторные заводы, строящийся радиохимический завод, пожарную и воинские части, полк военных строителей и лагерь заключенных — всего около трех тысяч человек [3, с. 210]. Сразу же были вызваны дозиметристы. К чести дежурного по полку, он правильно оценил ситуацию и приказал всех людей немедленно отправить в казармы, закрыть выбитые стекла всеми имеющимися средствами и налить на полы

в казармах воды, чтобы не поднималась пыль, им же была запрещена выдача пищи в столовой.

Выпадение радиоактивных веществ в первые часы было очень интенсивным, продолжалось оно и на следующие сутки. К сожалению, на высоком уровне решение об эвакуации людей было принято только к началу следующих суток. Она началась в 2 часа ночи 30 сентября [3, с. 212]. На момент вывода людей гамма-фон от буханки хлеба в лагере заключенных составлял 0,18 Р/ч [3, с. 215]. Животных (собак, лошадей и свиней) решено было уничтожить [3, с. 217].

30 сентября из Москвы прибывает комиссия во главе с министром среднего машиностроения Ефимом Петровичем Славским. Кроме него, прибывают академики Анатолий Петрович Александров, Исаак Костантинович Кикоин, начальник главного управления Минздрава СССР Аветик Игнатьевич Бурназян [3, с. 213]. Из Свердловска вызывают Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского [13, с. 346].

Было установлено, что основными загрязнителями являются стронций-90 и цезий-137, в меньшей степени — цирконий-95 и рутений-106 [14, с. 51]. Ширина следа в районе дороги, ведущей к реакторным заводам, составляла 400—500 м [3, с. 214], его хорошо было видно по березам, потерявшим листья, и порыжевшим иглам сосен, что свидетельствовало о дозах облучения свыше 100 Рентген.

Для проведения дезактивационных работ ликвидаторам была определена максимальная допустимая доза облучения в 25 Рентген по гамма-излучению и не более 2 Рентген за смену. На практике это требование серьезно нарушалось. Значительный вклад вносило бета-излучение, плотность потока которого с рабочей одежды ликвидаторов после каждой рабочей смены составляла более 70 частиц с квадратного сантиметра в минуту [3, с. 215].

Повышение радиационного фона было зафиксировано и в Челябинске-40, так как грязь с промплощадки разносилась колесами машин и самими ликвидаторами. Наиболее загрязненными оказались улицы Ленина и Школьная.

2 октября 1957 г. состоялось совещание по санитарным мероприятиям в населенных пунктах, расположенных в зоне радиоактивного загрязнения, ширина которой в среднем со-

ставляла 8—9 км. Было установлено, что в наибольшей опасности оказались деревни Салтыково (45 дворов, 300 жителей), Галикаево (97 дворов, 1118 жителей) и Бердяниш (85 дворов, 550 жителей). Жителей деревни Салтыково было решено переселить в пятидневный срок, а людей из Бердяниша и Галикаево пока не переселять. В результате эвакуация была проведена с запозданием, только через 7—10 дней. На момент эвакуации гамма-излучение от животов детей в Бердянише составляло 0,15—0,17 Р/ч. Домашний скот в селах был очень радиоактивно загрязнен как наружно, так и внутренне. Поэтому солдатам был отдан приказ сгонять его в силосные ямы и расстреливать, а хозяйственные постройки — разрушать и закапывать в траншеи [3, с. 217]. Все эти меры произвели гнетущее впечатление на жителей деревень.

Как было установлено впоследствии, причиной взрыва стало недостаточное охлаждение 14-й емкости с высокоактивными жидкими отходами. В результате произошло осушение раствора и разогрев нитратно-ацетатного осадка до температуры +330°С с последующим взрывом сухих солей нитратов и ацетатов натрия, образовавшихся из радиоактивных отходов.

Взрыв сорвал с емкости бетонную плиту весом в 160 т, одновременно были сорваны и смещены бетонные крышки двух соседних емкостей. В радиусе до 2700 м в зданиях были выбиты стекла, в одном из зданий, находящемся на расстоянии 200 м, разрушилась кирпичная стена [3, с. 219].

Следует отметить, что проблемами здравоохранения в атомной промышленности занялись сразу же после образования Первого главного управления (ПГУ) в августе 1945 г., когда при научно-техническом совете ПГУ была создана секция № 5, курирующая соответствующие вопросы и возглавляемая будущими академиками Василием Васильевичем Париным и Глебом Михайловичем Франком. В 1946 г. профессор Г. М. Франк возглавляет Радиационную лабораторию, на базе которой 21 сентября 1948 г. организуется Институт биофизики Минздрава СССР (Обнинск). Вместе с Радиационной лабораторией в 1946 г. создается и биофизическая лаборатория для изучения воздействия радиации на растительный мир, включенная в состав Сельскохозяйственной академии имени

К. А. Тимирязева. Возглавил ее профессор Всеволод Маврикиевич Клечковский [3, с. 246].

Результатом деятельности Радиационной лаборатории становится создание санитарных норм по охране здоровья в атомной промышленности (август 1948 г.) Согласно им, дневная допустимая норма облучения при шестичасовом рабочем дне составляла 0,1 бэра (по современным нормам годовая доза), за год — 30 бэр. В случае аварийных ситуаций допускалась доза до 25 бэр за 15 мин, что по усредненной мощности дозы допускало пребывание людей в полях до 100 бэр/ч [3, с. 247].

Первые меры по обеспечению радиационной безопасности в атомной промышленности были также приняты еще до пуска первого реактора, когда была создана Государственная служба контроля по радиационной безопасности во главе с Аветиком Игнатьевичем Бурназяном.

На всех основных объектах плутониевого комплекса в Челябинске-40 им создаются здравпункты, которые систематически контролировали изменения в крови работников-атомщиков. В 1949 г. организуется профпатологический стационар, где с 1949 по 1968 г. было выявлено 1380 случаев лучевой болезни [3, с. 249]. С 1950 по 1953 г. ежеквартально отмечалось от 2500 до 8500 случаев облучения в дозах от 0,01 Рентгена в день. Большинство случаев переоблучения возникало на радиохимическом производстве [3, с. 248].

В мае 1953 г. в Челябинске-40 был организован филиал Института биофизики АМН СССР [3, с. 304].

Благодаря всем названным организациям, в Челябинске-40 начинается борьба за снижение допустимых дозовых нагрузок при профессиональном облучении. В ней могут быть выделены три периода:

первый период (1948—1954), когда среднегодовые дозы у эксплуатационного персонала достигали: у мужчин — 15—150 бэр, у женщин — половина от этих значений;

второй период (1955—1959): у мужчин среднегодовые дозы составляли 4,5—40 бэр, у женщин 1,7—18 бэр;

третий период (196 0—1980): среднегодовая доза у мужчин достигла 1,2—7,5 бэра, у женщин и 0,5—2,5 бэра [3, с. 250].

• Как отмечалось выше, одним из первых эффективных способов определения величины поглощенной дозы явился подсчет числа ионов, создава-

емых излучением в газе с известной энергией ионизации атомов и молекул. Для дозы рентгеновских и гамма-лучей, при которой в нормальных условиях в 1 $см^3$ воздуха образовалось $2{,}083 \cdot 10^9$ электрон-ионных пар, или в 1 г воздуха — $1{,}61 \cdot 10^{12}$ пар, первоначально ввели единицу измерения 1 Рентген. В 1953 г. Международная комиссия по радиационным единицам и измерениям (МКРЕ) вместо (Р) предложила общепринятую дозовую величину, так называемую поглощенную дозу излучения (англ. absorbed dose) [11, с. 15], Рентген же стал применяться как единица экспозиционной дозы (англ. exposure). Для измерения поглощенной дозы была введена специальная единица — рад; 1 рад соответствовал энергии ионизирующего излучения в 100 эрг, поглощенной веществом в 1 г, что в современных единицах измерения составляет 0,01 Дж/кг. Принципиальным отличием понятия «поглощенная доза» от понятия «экспозиционная доза» является то, что первое не связано ни с конкретным видом излучения (например, с рентгеновским), ни с объектом измерения (например, с воздухом, используемым при введении понятия «рентген»). В 1975 г. Генеральная конференция по мерам и весам ввела для измерения поглощенной дозы излучения единицу системы СИ — Грей (Гр) [11, с. 15]. Такое название она получила в честь английского ученого С. Грея, внесшего большой вклад в становление радиационной дозиметрии. 1 Гр равен 1Дж/кг, или 100 радам. Часто для перерасчетов единиц экспозиционной дозы в поглощенную дозу пользуются следующими соотношениями: 1 Р = 0,87 рад, или 1Р = 8,7 мГр. Они вытекают из того, что при экспозиционной дозе в 1 Р в 1 кг воздуха возникает $1{,}61 \cdot 10^{15}$ электрон-ионных пар. Для образования же одной такой пары в воздухе требуется затратить энергию, равную 33,7 эВ ($5{,}4 \cdot 10^{-18}$ Дж) [13, с. 13].

Для оценки взаимодействия различных типов излучения с биологическим веществом важно учитывать их различную ионизационную способность и соответственно различную проникающую способность. Так, самое большое ионизирующее воздействие оказывает альфа-излучение, вследствие чего быстро теряет свою энергию в веществе и задерживается, например, обычным листом бумаги. Его воздействие особенно опасно при попадании внутрь организма. По сравнению с альфа-излучением бета-излучение обладает большей проникающей способностью и проходит в ткани организма на глубину 1—2 см. Проникающая способность гамма-излучения, распространяющегося со скоростью света, очень велика. Его может задержать лишь толстая бетонная или свинцовая плита.

Учет неодинакового воздействия на организм перечисленных видов излучения потребовал введения понятия эквивалентной дозы, которую первоначально (1953) было решено измерять с помощью биологического эквивалента Рентгена—бэра. Эквивалентная доза D_q, есть поглощенная доза, D, умноженная на коэффициент качества, q, учитывающего способность конкретного типа излучения повреждать ткани организма, т. е. $D_q = q \cdot D$. Значения этого коэффициента для гамма- и бета-излучения принимаются равными 1, для медленных нейтронов — 3, для быстрых — 10, для альфа-излучения — 10 и выше.

1 бэр (международное обозначение — rem) — суммарная доза, обусловленная всеми видами излучения, которая приводит к такому же биологическому воздействию, как и 1 Р гамма-излучения, т. е. 1 бэр = q · 1 рад.

Для территорий с естественной радиоактивностью, где доли бета- и альфа-излучения незначительны, в оценочных расчетах приближенно можно считать, что 1 бэр =1 Р.

С 1986 г. и поныне эквивалентную дозу излучения принято измерять в Зивертах (1 Зв = 100 бэр). Эта единица измерения в системе СИ получила свое название в честь шведского ученого Рольфа Зиверта — первого председателя Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ), созданной в 1928 г. [14, с. 39].

° Рольфу Зиверту принадлежит также инициатива по исследованию концентраций радона в жилых помещениях. В результате их было показано, что в домах наблюдаются достаточно большие вариации концентрации радона (от нескольких Беккерелей на кубический метр до 100 000 Бк/м^3). В частности, высокие уровни радона были зафиксированы в домах из алюмосланцевого бетона с высоким содержанием радия. С этого момента проблема радона перестает быть локальной, так называемой «шведской проблемой» [15, с. 71]. В последующем, по исследованиям, проведенным в разных странах, выяснилось, что средние значения концентрации дочерних продуктов радона (ДПР) лежат в диапазоне от 5 до 50 Бк/м^3, так что в 1988 г. Научный комитет по действию атомной реакции (НКДАР) ООН предложил за глобальное среднее значение концентрации ДПР в помещениях принять 15 Бк/м^3. Соответствующая эквивалентная доза воздействия на бронхиальный эпителий, по его данным, составила 15 мЗв. Таким образом было обнаружено, что около половины общей эффективной дозы от природных источников радиоактивного излучения обусловлено ингаляцией ДПР радона в жилищах [15, с. 72].

Механизм воздействия радиации на организм сводится к следующему. 60—70% биологической массы организма составляет вода. Под влиянием радиации в ней происходит ионизация молекул и образуются свободные радикалы. Наиболее опасными из них являются радикалы гидроперекиси водорода HO_2 и перекиси водорода H_2O_2, которые обладают высокой химической активностью и вступают в химические реакции с молекулами белка, ферментов и т. п., что приводит к изменению биохимических процессов в организме. Последнее приводит к нарушению жизнедеятельности отдельных органов и организма в целом. Никакой другой вид энергии, кроме радиоактивной, не приводит к столь губительным последствиям. Смертельная доза радиации для взрослого человека при облучении всего тела составляет 700—800 бэр, что соответствует количеству энергии, излучаемой электрической лампочкой в 100 Вт за 7—8 секунд. Таким образом, можно предположить, что более важным в плане комфортного существования живых биологических систем является не величина энергии, а вероятность проявления действия абиотического фактора.

Тем не менее принципиальное решение экологических проблем в системе ядерно-промышленного комплекса в СССР было прежде всего связано с работами наших и немецких ученых, размещенных в бывшем санатории НКВД «Сунгуль», поблизости от города Касли Челябинской области (так называемый

объект № 0215). Директором «объекта» был старый чекист дзержинских времен полковник МВД Александр Константинович Уралец (настоящая фамилия Александров). Сектор «А» (радиохимический отдел) возглавлял профессор Сергей Александрович Вознесенский, сектор «Б» (радиобиологический отдел) — Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский [3, с. 222].

Оба этих замечательных ученых прошли через сталинские лагеря, но и работая на «объекте», они фактически оставались заключенными.

Творческое наследие и биографические материалы Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского и Сергея Александровича Вознесенского по причине их масштабности, многоплановости, а отчасти и по причине долго сохранявшейся завесы секретности до сих пор еще не вполне осмыслены и требуют кропотливой работы историков науки. К счастью, благодаря подвижнической и бескорыстной работе учеников Николая Владимировича, в том числе и уральцев (см., например, книгу «Н. В. Тимофеев-Ресовский на Урале. Воспоминания» [16]) вклад Николая Владимировича в науку стал более зримым. А Сергея Александровича Вознесенского, по сути, открыли воспоминания его ученика — ныне профессора УГТУ-УПИ Юрия Вячеславовича Егорова, которые появились только в 1999 г. в ставшем сразу раритетным юбилейном издании физико-технического факультета УГТУ «Физтехи о физтехах» [17; 18].

Из этих воспоминаний следует, что Сергей Александрович Вознесенский родился в 1892 г. в селе Пешезени Арзамасского уезда и, судя по всему, происходил из потомков «лиц духовного звания». В последующем он поступает в университет и, еще будучи студентом, принимает участие в научной жизни физико-химической лаборатории Николая Александровича Шилова (1872—1930) — одного из основоположников современной сорбции газов.

• В своей книге «Замечательное русское изобретение (к сорокалетию изобретения угольного противогаза Н. Д. Зелинского. 1915—1955)» Н. А. Фигуровский пишет: «В 1916 г. начальником подвижной фронтовой противогазовой лаборатории Н. А. Шиловым была высказана идея, легшая затем в основу теории противогаза. В 1917 г. теория была разработана Н. А. Шиловым совместно с Л. К. Лепинь и С. А. Вознесенским. Это известная теория послойной работы противогаза (динамическая теория

работы слоя сорбента). Являясь фундаментальной для противогазового дела, она легла в основу конструирования всех последующих многочисленных типов противогазов в армиях всех стран» (с. 39).

В 1918 г. С. А. Вознесенский защищает дипломную работу, посвященную динамической адсорбционной активности угля и разработке методов оценки противогаза Н. Д. Зелинского.

• Известно, что впервые отравляющие газы были использованы немцами против французов на реке Ипр во время Первой мировой войны (22 апреля 1915 г.). 31 мая 1915 г. под Варшавой газовая атака была проведена и против русских войск, в результате чего погибло 11 тысяч солдат. В июне 1915 г. Николай Дмитриевич Зелинский, анализируя способы защиты солдат, выживших при этой атаке, приходит к мысли о возможности использования в качестве эффективного адсорбента сухого березового угля и на этой основе разрабатывает противогаз, впоследствии получивший его имя.

В последующем, будучи уже преподавателем кафедры физической химии МГУ, Сергей Александрович был командирован в Германию, в Рур-Вестфальскую область, где изучал опыт по обезвреживанию промышленных сточных вод.

С 1921 г. он руководит научной работой лаборатории очистки воды в институте «Водгео» и к 30-м гг. уже заслуженно считается авторитетным специалистом в области физико-химических методов обезвреживания жидких промышленных отходов.

Помимо этой работы, с 1932 г. Вознесенский возглавляет кафедру неорганической химии Военной академии химической защиты.

В период сталинских репрессий (судя по всему, в 1941 г.), как специалист, стажировавшийся в Германии, он был репрессирован без суда и следствия и в конечном итоге оказался на объекте № 0215, размещенном в бывшем санатории НКВД Сунгуль, расположенном недалеко от строившегося комбината «Маяк». Здесь он возглавил так называемый сектор А, предназначенный для разработки физико-химических методов очистки жидких радиоактивных отходов, сектором «Б» руководил другой выдающийся русский ученый — Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский, занявшийся проблемой биологической очистки и миграции радиоактивных элементов в природных средах.

По воспоминаниям Николая Владимировича [13, с. 338], в «Сунгуль» он прибыл в мае 1947 г. Санаторий располагался

на берегу красивого одноименного озера, точнее, на северо-восточном побережье озера Сунгуль, на перешейке между ним и озером Силач [15], и представлял собой трехэтажный корпус. Условия здесь по сравнению с лагерем были просто фантастичными. «Мне полагалось по карточкам, — пишет он, — килограмм мяса в день, полкило рыбы в день, 125 граммов сливочного масла, поллитра сметаны, сколько-то сливок, шоколад, какие-то крупы и т. д.» [13, с. 340].

Примечательно отметить, что если до прибытия в «Сунгуль» Николай Владимирович не занимался проблемами биологической очистки радиоактивных стоков, однако имел богатый опыт работы с радиоактивными препаратами, то Сергей Александрович, напротив, хорошо знал приемы очистки промстоков, но не был знаком с радиоактивностью. Так что в этом отношении два замечательных ученых прекрасно дополнили друг друга.

О том, насколько значимым оказался вклад С. А. Вознесенского в разрешение «экологических проблем» ядерно-промышленного комплекса, профессор Ю. В. Егоров пишет: «...применительно к таким объектам человечество еще не имело опыта создания очистных схем. Прикладная радиоэкологическая технология начиналась с него и пионерские работы в этой области были выполнены именно С. А. Вознесенским и его учениками П. Ф. Долгих, Л. И. Басковым и А. А. Константиновичем, выпускниками физико-технического факультета УПИ... Так называемая «схема Б» — технология обезвреживания стоков малой и средней активности... была примером того, что позже стали называть «гибкими технологиями». Там впервые были использованы ионообменные смолы и приемы криотехнологии (замораживания и последующего оттаивания гидратных осадков, используемых как универсальные сорбенты)» [17, с. 13].

При инженерном решении данных радиоэкологических проблем группа С. А. Вознесенского разработала такие системы защиты от переоблучения, в которых использовался принцип минимального времени работы обслуживающего персонала и технических элементов (например, самотек растворов и пульп, минимум расхода доступных и экономичных (дешевых) реагентов, минимум вентилей, насосов и других средств, требующих ремонта и участия специалистов).

В 1955 г. в связи с расформированием контингента, сосредоточенного в «Сунгуле», С. А. Вознесенский был приглашен на заведование кафедрой радиохимии физтеха УПИ. Как отмечает в своих воспоминаниях Ю. В. Егоров, «его появление на факультете и нужно считать началом становления уральской радиохимической научной школы» [17, с. 13].

Благодаря Сергею Александровичу, на физтехе УПИ появилось и было развито еще одно очень важное «экологическое направление» — технология обезвреживания дебалансных радиоактивных стоков атомной промышленности, т. е. стоков, создаваемых вспомогательными объектами: банно-прачечными комплексами по гигиеническому очищению от радиоактивных компонентов персонала и спецодежды, системами дезактивации полов рабочих помещений и т. п. Специалистов такого профиля в Советском Союзе в то время никто не готовил [17, с. 13].

Таким образом, именно С. А. Вознесенский стал пионером этого крайне необходимого и важного направления. Данное направление оказалось непосредственно связанным с проблемами радиоэкологии, так как на первом этапе работы атомного комплекса дебалансные воды, как, впрочем, и сточные воды от основного производства, сбрасывались в близлежащие водоемы в расчете на механизм их самоочищения, благодаря которому водоемы самостоятельно смогут прийти в нормальное состояние.

С другой стороны, поиск высокоэффективных и дешевых сорбентов, исходя из житейских наблюдений за свойствами наиболее распространенных (а стало быть, доступных) естественных сорбентов, также приводил к необходимости понимания экологических механизмов высокоэкономичного блокирования радионуклидов типа глиняных «замков» и т. п. Вместе с тем Сергеем Александровичем была поставлена задача отыскания среди природных тел высокоселективных сорбентов для удаления из растворов техногенных радионуклидов, таких, как изотопы цезия, стронция, рутения и др. На кафедре редких металлов УПИ он открыл аспирантуру и специализацию по обезвреживанию радиоактивных промстоков (первый выпуск аспирантов состоялся в 1958 г.) [18, с. 92]. Первыми аспирантами, занявшимися исследованием некото-

рых природных сорбентов, их способностью поглощать радионуклиды, стали Владимир Вениаминович Пушкарев (гидроксид железа и алюминия) и Василий Федорович Багрецов (полуобожженный доломит и «магномасса»), а первым аспирантом, чья работа была посвящена физико-химической интерпретации явлений, возникающих в гидроксидах, в частности в гидроксиде железа, при криосорбции, стал Владимир Васильевич Вольхин. В последующем изучаются сорбционные свойства некоторых характерных уральских минералов (преимущественно алюмосиликатов группы слюд — вермикулита, биотита, гидробиотита и др.) [17, с. 14—15].

Тесно увязывая проблемы радиохимии с проблемами прикладной радиоэкологии, С. А. Вознесенский стал, по сути дела, основоположником междисциплинарного направления промышленной радиоэкологии — создателем «школы».

Исследования Н. В. Тимофеева-Ресовского на Урале примечательны по многим основаниям. Однако самым веским из них является то, что они стали квинтэссенцией русской экологической мысли XX в., а сам ученый — последним из ее титанов.

Уральский этап биографии Тимофеева-Ресовского, как говорилось выше, начался в мае 1947 г., когда он, едва избежав смерти, оказался в «Сунгуле». В декабре того же года там появляются и его сотрудники из лаборатории в Берлин-Бухе физик Карл Циммер, радиохимик, ученик Отто Гана Ганс Борн, радиобиолог Александр Кач, полтора года ожидавшие Николая Владимировича в Электростали [13, с. 325], где Н. В. Риль налаживал производство металлического урана и тепловыделяющих элементов (твэлов) для первых отечественых реакторов. В 1946 г. этим ураном (твэлами) был обеспечен первый в СССР экспериментальный реактор, а во втором квартале 1947 г. — первый промышленный атомный реактор [3, с. 34].

• К сожалению, автор практически не располагает биографическими сведениями о Карле Циммере. Известно лишь, что Карл Гюнтер Циммер (Karl Guinter Zimmer) родился 12 июля 1911 г. Получил физическое образование. Занимался расчетами в области радиационного воздействия на генный аппарат и соответствующими методиками. По возвращении в Германию из Советского Союза был директором Института биофизики в Карлсруэ. Умер в 1988 г.

О Гансе Йоахиме Борне (Hans-Joachim Born) автору также известно

предельно мало. Родился он 8 мая 1909 г. Был учеником Отто Гана. В отделе Тимофеева-Ресовского занимался радиоизотопами и связанными с радиобиологическими проблемами радиохимическими задачами. После возвращения в Германию стал профессором радиохимии в Мюнхенском техническом университете. Более подробную информацию можно найти в немецком биографическом ежегоднике «Wer ist wer» (аналог «Who's Who») за 1973 г.

Об Александре Сергеевиче Каче известно лишь то, что по возвращении в Германию он стал профессором Института биофизики в Карлсруэ и директором его биологического сектора [13, с. 324].

Помимо сотрудников Тимофеева-Ресовского, на «объекте» трудилось (по договору до 1952 г.) еще 20 немецких специалистов.

• Работа немецких специалистов очень хорошо оплачивалась. Тимофеев-Ресовский пишет: «...они получали колоссальное жалованье [Николай Васильевич] Риль, который приехал к нам с высоким званием научного консультанта всего объекта... получал 12 000 [рублей] в месяц [как министр Средмаша!] ... Так его и дразнили миллионером... А обыкновенные научные работники, немцы и австрийцы, получали 6000 [рублей] в месяц» [13, с. 340]. (Подробнее о советском периоде жизни Н. В. Риля см. автобиографическую книгу «Десять лет в золотой клетке» [19].)

Такие благодеяния говорят скорее не «об отеческой сталинской заботе», а о прогрессе в разработке ядерной проблемы, обеспеченном трудами этих ученых. Из статьи Жореса Медведева «Атомный ГУЛАГ» узнаем: «Ученым поставили жесткие условия: их отпустят домой только после того, как поставленная задача будет разрешена. На эту работу потребовалось почти десять лет...» [6, с. 199]. И далее: «В СССР было восемь научно-технических центров, укомплектованных немецкими учеными, для работ по атомной энергии. По скромным оценкам самих немцев, участвовавших в этих проектах, Советский Союз, безусловно, достиг бы тех же целей и без их содействия, но только на один или два года позже. Некоторых немецких экспертов приглашали временно и в Челябинск-40, когда там возникали сложные технические проблемы при пусках и работе реакторов и радиохимического завода» [там же, с. 200].

Очевидно, что на том этапе в практическом плане сектор Н. В. Тимофеева-Ресовского прежде всего решал задачу использования биологических методов защиты от промышленных радиоактивных загрязнений. К этой, казалось бы, далекой от «высокой науки» проблеме Николай Владимирович отнесся со свойственным ему размахом и глубиной осмысления. В ней он тотчас же увидел практическую возможность реализовать «вернадскологию с сукачевским уклоном», увязать прикладное знание с фундаментальным научным направлением — радиационной, а точнее, количественной биогеоценологией.

«Начиная с конца второго десятилетия текущего века В. И. Вернадский особенно много внимания уделял роли живых организмов в геохимических процессах. К 1926 г. им было сформулировано общее учение о биосфере... (т. е. оболочке. — *В. Л.*), в которой основную геохимическую роль играют живые организмы... В связи с [этим в последующем им] ...была сформулирована особая дисциплина — биогеохимия. Основными ее задачами являются изучение участия живых организмов в энергетических процессах биосферы, в круговороте, миграции и концентрации химических элементов, денудационных процессах (процессах разрушения горных пород и их переноса в пониженные места), в формировании почв, природных вод и осадочных пород... Биогеохимия... является наукой «больших масштабов... в рамках общего изучения геохимических ландшафтов... Но наряду с биогеохимией [идет] развитие встречной биологической дисциплины. Задачей [последней] должно являться детальное изучение отдельных элементарных биоценозов в их тесной связи со всеми косными компонентами занимаемой ими территории. При этом необходимо охватить круговорот энергии и элементов в пределах занимаемого биоценозом участка земной поверхности и связи в этом отношении данного биоценоза с соседними [20, с. 111]»

Такую встречную дисциплину, названную им биогеоценологией, в 1945 г. создает Владимир Николаевич Сукачев [20, с. 112]. В ней, собственно, и вскрываются конкретные механизмы геохимической деятельности отдельных видов и определенных сообществ живых организмов. Таким образом, по Н. В. Тимофееву-Ресовскому, биогеоценология находится в таких же отношениях с биогеохимией, в каких изучение микроэволюционных процессов находится по отношению к макроэволюции. В дальнейшем ученый развивает представление о биогеоценозах как об элементарных единицах биосферы [20, с. 201—213].

Радиационную биогеоценологию Н. В. Тимофеев-Ресовский определяет как «ветвь общей биогеоценологии, которая занимается изучением биогеоценотических процессов с применением радиоизотопов и ионизирующих излучений, а также оценкой роли радиоизотопов и ионизирующего излучения

в работе, перестройке и эволюции природных биогеоценозов и биосферы в целом» [20, с. 97]. При этом сами радиоизотопы он рассматривает как «меченые атомы», т. е. как наиболее удобный материал для прослеживания судьбы различных химических элементов в биогеоценозах.

• В 60-е гг. вместо термина «радиационная биогеоценология» стал употребляться термин «радиоэкология». Сам Николай Владимирович к нему относился критически, поскольку, по его мнению, «появление этого термина обязано весьма неясно сформулированному термину "экосистема", включающему, в сущности, понятия трофических цепей различной комплексности, вместо всесторонне обоснованного термина "биогеоценоз"» [20, с. 108].

Термин «экосистема» впервые употребил в 1935 г. А. Тенсли. В 1959 г. он широко входит в научный лексикон, благодаря Юджину Одуму [20, с. 209].

Применительно к конкретным условиям стоящую перед группой Н. В. Тимофеева-Ресовского общую проблему принципиально можно было решать как задачу о миграции радиоактивных элементов при участии живого вещества в различных звеньях данной природной среды в горизонтальном и вертикальном направлениях. При этом ввиду традиционной привязки производственных мощностей к рекам первостепенное значение приобретала проблема биологической доочистки производственных стоков. Как следует из воспоминаний Николая Владимировича, «в "ящике" ему пришлось заниматься разработками системы биологической доочистки радиоактивно загрязненных сточных вод и... был отчет, который так и назывался. В нем описывалась серия экспериментов на двух прудах-отстойниках, через которые должна была проходить очищенная якобы вода перед тем, как поступать в общий сток...» [13, с. 345]. Отсюда можно предположить, что если Тимофеев-Ресовский оказался в «Сунгуле» в мае 1947 г. и сразу начал заниматься проблемой дезактивации воды, то к моменту запуска радиохимического производства (22 декабря 1948 г.) первые варианты решения проблемы по биологической очистке могли уже существовать. Следовательно, возможная задержка в реализации предложенной схемы биологической доочистки промстоков могла быть связана как с сезонными проблемами, так и с «собачьим языком» секретности, когда передача материалов между различными подразделениями «объекта» требовала длительной бюрократической

процедуры раскодирования перлов вроде «окуривание крыс рентгеновскими лучами».

Таким образом, Н. В. Тимофеевым-Ресовским и его сотрудниками чрезвычайно актуальная проблема эффективной биологической доочистки стоков ядерно-промышленных производств была принципиально решена с помощью каскадов прудов-отстойников.

Практическим (и, к сожалению, уже не зависящим от Н. В. Тимофеева-Ресовского) шагом в этом направлении стало возведение в период с 1952 по 1964 г. 10 плотин вдоль поймы реки Течи для локализации и блокирования ее активности. Такое техническое решение проблемы (несмотря на дорого стоившее запаздывание в его реализации) было, безусловно, эффективным, поскольку, как говорилось выше, благодаря ему было локализовано 98 % радиационной активности.

Примечательно, что при изучении путей перевода радиоактивных примесей перифитоном из воды в твердые компоненты были всесторонне исследованы и смоделированы механизмы работы болотных сообществ, а также детально выяснены удерживающие способности сапропеля.

• На высокие радиосорбционные свойства сырых грязей обратил внимание еще в 1909 г. профессор В. А. Гемилиан, изучавший лечебные свойства грязей Крымского полуострова в Евпатории. Эту особенность сырых грязей он связал с их способностью поглощать и задерживать на своей клейкой пластической массе радиоактивные эманации.

Судя по всему, именно с исследований биогеоценотического функционирования болот началось активное сотрудничество Николая Владимировича с другим замечательным русским ученым, крупнейшим лесоведом и болотоведом, родоначальником современной биогеоценологии Владимиром Николаевичем Сукачевым (1880 – 1967).

• Основными вехами творческой биографии В. Н. Сукачева в аспекте данного исследования являются следующие.

В 1906 г., работая на минералогическом отделении Геологического музея в Санкт-Петербурге, Сукачев знакомится с В. И. Вернадским.

Летом 1909 г. в составе Северо-Уральской экспедиции Академии наук и РГО оказывается на Урале, где проводит свои первые экспедиционные ботанические сборы. В 1914 г. за достижения в изучении динамики биокомпонента в болотах и влияния последнего на образование, развитие и свойства болот получает Большую медаль им. Н. М. Пржевальского.

В 1915 г. в книге «Введение в учение о растительных сообществах» он

впервые высказывает идеи, составившие основу его учения о биогеоценозах. По словам Н. В. Тимофеева-Ресовского, именно эта книга повлияла на выбор им своей будущей профессии [13, с. 303].

В 1916 г. В. Н. Сукачев по предложению В. И. Вернадского был введен в состав Комиссии по естественным производительным силам (КЕПС). В 1920 г. Вернадский привлекает его к сбору и обработке материалов по начатым им биогеохимическим исследованиям.

В последующем, занимаясь преимущественно классификацией лесных сообществ, В. Н. Сукачев приходит к созданию нового научного направления — биогеоценологии (1940—1947).

Тем не менее он не прекращает заниматься своим первым увлечением — болотоведением. При этом рассматривает болота как особые биоценозы, выполняющие важную функцию — функцию консервации остатков палеорастений. В частности, им многоаспектно был изучен сапропель и показано его значение для сельского хозяйства.

С 1941 по 1943 г. ученый находился в эвакуации в Свердловске (жил по адресу: просп. Ленина, 54, корп. 2). Здесь он заведовал кафедрой биологических наук в Уральском лесотехническом институте. В 1942 г. Сукачев формирует понятие биогеоценоза [9, с. 239]. В этот же период, согласно устным воспоминаниям известного специалиста по естественно-научной истории Урала Нины Петровны Архиповой (супруги Павла Леонидовича Горчаковского), он много времени уделял проблемам изучения сапропеля.

По всей видимости, в рассматриваемый период работы по радиационной генетике в их классической постановке Н. В. Тимофеевым-Ресовским практически не велись. Этой проблемой просто некогда было заниматься, хотя исходный материал для нее — мухи дрозофилы из лаборатории в Бухе ему был доставлен. Как отмечает в своей статье Ж. Медведев, «в 1949 г. запрет на исследования по классической генетике дошел и до тюремных институтов. Поэтому группа Тимофеева-Ресовского переключилась на работу в области радиационной экологии. В короткий срок они разработали новые методы исследований по распределению разных изотопов по лесным, полевым и другим биоценозам, по компонентам водоемов и создали теоретические основы "радиационной биогеоценологии"» [21, с. 10].

• Однако, как пишет в своей работе Жорес Медведев, «заключенные исследователи делали научные выводы, а генерал-лейтенант А. И. Бурназян и другие получали за все эти работы награды, титулы и премии» [21, с. 11].

В числе задач, решаемых в этот период группой Н. В. Тимофеева-Ресовского, была и задача перехода радионуклидов по различным пищевым цепочкам и их распределения в живых организмах, в том числе — млекопитающих [16, с. 37].

Такие работы, выполненные в преддверии кыштымской трагедии, оказались чрезвычайно важными.

В середине 1955 г. лаборатория биофизики Н. В. Тимофеева-Ресовского в полном составе была переведена из «Сунгуля» в Уральский филиал АН СССР. При этом часть сотрудников разместили в Свердловске, а другую — направили в Ильменский заповедник, где Николаю Владимировичу предложили устроить биологическую станцию в Миассово (в 30 км от города Миасса, на берегу озера Большое Миассово).

Весной 1956 г. в Миассово начинается полевая практика — знаменитые «сезоны», или «трепы», как называл ее Николай Владимирович со своими учениками, а в Свердловске, в Биологическом институте Уральского филиала АН СССР, появляется, возглавляемая Тимофеевым-Ресовским Проблемная лаборатория.

• Биостанция в Миассово проработала 22 года. Как подразделение Уральского научного центра она была закрыта 17 октября 1977 г. Ее персонал перевели в поселок (ныне город) Заречный Свердловской области, где в 1979 г. была построена и пущена в эксплуатацию Биофизическая станция Отдела континентальной радиоэкологии Института растений и животных УрО АН СССР. Большая заслуга в создании и дальнейшем развитии биостанции в Миассово принадлежит ее организатору и руководителю Николаю Васильевичу Куликову, впоследствии доктору биологических наук [22].

С 1956 г. после известных разоблачений сталинского режима исследования Н. В. Тимофеева-Ресовского перестают быть засекреченными, об их содержании становится возможным писать открыто.

Осенью 1956 г., испытывая острую необходимость в кадрах, Тимофеев-Ресовский обращается на биологический факультет УрГУ с предложением начать целевую подготовку специалистов для новой лаборатории. Для этого было предложено дополнить учебные планы специальными курсами и направлять студентов на курсовые и дипломные практики в Миассово. Так с 1957 г. началось содружество кафедры физиологии растений с биостанцией в Миассово. За короткий срок экспериментальной биогеоценологии там были обучены, а затем стали сотрудниками кафедры ее выпускники Владимир Ильич Иванов (ныне академик), Л. Г. Халтурина (Кузнецова), Петр Иванович Юшков (ныне ст. науч. сотрудник,

канд. биол. наук), Эмилия Абрамовна Гилева (ныне ст. науч. сотрудник, канд. биол. наук), Елена Николаевна Караваева (ныне ст. науч. сотрудник, канд. биол. наук) и др.

• Понимая, что генетику необходимо возрождать, но и лысенковщину как фактор реальной жизни исключать невозможно, декан биофака УрГУ профессор Григорий Васильевич Заблуда проявил изощренную административную находчивость. Так, В. И. Иванова он направил к Н. В. Тимофееву-Ресовскому, как студента с неблагонадежной анкетой (выходец из русской семьи, проживавшей до 1955 г. в Харбине), якобы «уберегая» других студентов, с более надежными анкетными данными, от потенциально опасного носителя культуры Запада и идей «буржуазной науки».

Как биолог, Н. В. Тимофеев-Ресовский понимал всю сложность порожденной радиохимическим производством проблемы и, постоянно сталкиваясь с фактами радиационного загрязнения, пытался выразить свою обеспокоенность по поводу возможного отрицательного действия повышенного фона ионизирующих излучений на генетическое здоровье популяции человека. Причем и в вопросе радиационной безопасности он оставался верен принципиально своему бездозовому подходу, демонстрируя лучшие традиции представителей той «России, которую мы потеряли».

С появлением ВУРСа возникла проблема защиты от радиации большого числа людей, а также проблема радиационной дезактивации и хозяйственного использования загрязненных территорий. Потребовалась организация широкомасштабных радиоэкологических исследований.

Вполне естественным представлялось поручить эту работу опытному и большому коллективу Тимофеева-Ресовского. И действительно, вначале Николаю Владимировичу предложили создать, выражаясь шифрованным языком, «институт на плевке». Совместно с Владимиром Ивановичем Корогодиным он подготовил проект института (структура, перечень необходимых помещений, оборудования, список предполагаемых сотрудников) и отправил в главк. Самому себе Тимофеев-Ресовский отводил роль научного руководителя института, а административным директором он планировал назначить В. И. Корогодина.

Однако при обсуждении с министром среднего машиностроения мер, касающихся защиты населения, живущего на загрязненных территориях, Николай Владимирович потре-

бовал незамедлительной гласности. При сталинистской номенклатуре такое требование было расценено как политическая близорукость, поэтому от решения проблем ВУРСа ученый был отстранен и в дальнейшем к ним не привлекался. Начались ведомственные перестановки, в ходе которых Николаю Владимировичу не было предусмотрено места в планируемом институте даже в качестве консультанта.

В итоге вместо института 28 апреля 1958 г. создается Опытная научно-исследовательская станция (ОНИС), которой были переданы все загрязненные земли совхоза № 2 (695 га, ныне совхоз имени Ворошилова) [3, с. 220]. Организовать ее поручили консультанту по атомной энергии при Совете Министров СССР, заведующему кафедрой агрохимии и биохимии Сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева, профессору Всеволоду Маврикиевичу Клечковскому [21, с. 8—9].

Это была «закрытая» экспериментальная станция для изучения действия радиоактивных загрязнений на растения и животных. И если «открытая» лаборатория биофизики Уральского филиала Академии наук в период с 1958 по 1966 г. публиковала свои работы в обычной научной прессе, то «закрытая» станция готовила только секретные отчеты [21, с. 10].

«В результате «Институт на плевке» так и не был создан и наше отечество упустило уникальную возможность квалифицированно изучить последствия загрязнения радиоактивными изотопами больших территорий и разработать научные мероприятия по их последующему использованию. Никакие фрагментарные работы ни на самом «плевке», ни в различных «ящиках», как и в родившемся много лет спустя под Обнинском ВНИИсельхозрадиологии и его филиалах, не могли восполнить этот пробел — отсутствие систематической, по единой программе, комплексной разработки проблемы радиоактивных загрязнений. В результате к таким событиям, как чернобыльская катастрофа, мы оказались совершенно не подготовленными» [23, с. 257—258].

Насколько хорошо осознавал Н. В. Тимофеев-Реовский суть случившуюся после взрыва катастрофы и чем он руководствовался в анализе ее последствий, об этом можно судить, исходя из следующего.

Представления о безопасных дозах для Тимофеева-Ресов-

ского уже с 30-х гг. были фикцией, он понимал, что это лишь «корм» для чиновников от науки и экономистов от производства. Еще из довоенных опытов с дрозофилой Николай Владимирович хорошо знал не только то, что мутации возникают при различных дозах облучения, но и представлял статистическую сторону вопроса, которая позволяла судить о проценте мутаций, приходящемся на единицу дозы*. Кроме того, зная по экспериментам с дрозофилой, что относительное число мутаций, возникающих в разных хромосомах, примерно пропорционально относительной длине этих хромосом, он смог оценить — и это чрезвычайно важно — среднюю вероятность мутации на единицу дозы для других биологических видов [25; 19, с. 158—159].

Таким образом, в период с 1947 по 1960 г. Н. В. Тимофеев-Ресовский не только достиг принципиального решения ряда прикладных радиоэкологических задач, но и заложил основы фундаментального экологического знания, о чем еще пойдет речь далее. Период пребывания Николая Владимировича в «Сунгуле», Миассово и Свердловске можно считать наивысшей фазой развития экологической мысли на Урале за весь период его естественно-научной истории.

3.2.2. ПРОБЛЕМЫ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ УРАЛА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА НАСЕЛЕНИЕ

К сожалению, история развития мирового ядерного промышленного комплекса (ЯПК) одновременно является и историей радиационных катастроф, экологического невежества и человеческих жертв. Примеры тому можно обнаружить в истории развития ядерного промышленного комплекса как США, так и Советского Союза. В последнем случае, в силу особенностей тоталитарного режима, такие издержки проявились в наибольшей степени.

---

* См., например, первую открытую послевоенную публикацию ученого: *Тимофеев-Ресовский Н. В.* Биофизическая интерпретация действия слабых доз ионизирующих излучений на живые организмы // Тез. конф. по медицинской радиологии. Секция экспериментальной радиологии. М., 1956. Более ранние сведения о проявлении действия различных доз на дрозофилу можно обнаружить в цикле статей Николая Владимировича за 1928—1934 гг., полный перечень которых приведен в [24].

В данном разделе из этой обширной и многогранной темы будут рассмотрены лишь региональные последствия деятельности ЯПК — радиационные загрязнения на Урале.

На Урале можно обнаружить радиационные загрязнения трех основных типов. К первому из них относятся загрязнения, связанные с ненадежным хранением отходов, содержащих естественные радионуклиды, сконцентрированные в результате первичной промышленной переработки торийсодержащего сырья (к примеру, загрязнение в поселке Озерном Режевского района Свердловской области).

Вторым типом загрязнений являются радиоактивные выбросы и выносы искусственных радионуклидов, связанных с наработкой или использованием плутония (от таких загрязнений пострадали в Челябинской области река Теча и территории, примыкающие к производственному объединению «Маяк»).

Наконец, загрязнения, связанные с проведением ядерных взрывов (например, в Оренбургской и Пермской областях).

Остроту проблемы, связанной с радиоактивными загрязнениями первого типа, можно оценить на примере упомянутого поселка Озерного Режевского района Свердловской области (1380 человек населения, в том числе 500 детей). В районе Озерного расположено одно из немногих в мире месторождений монацита. С 1949 по 1964 г. здесь проводились работы по обогащению местного и привозного торийсодержащего сырья (монацитового песка). На границе карьеров тогда фиксировалось тысячекратное превышение среднестатистического («нормального») естественного радиационного фона (мощность экспозиционной дозы достигала величины 8—10 мР/ч). Впоследствии, когда обнаружилась экономическая невыгодность использования тория в качестве ядерного материала, извлечение сырья было прекращено. Отходы же с удельной активностью 0,3 мкКи/кг и объемом 2900 кубометров были захоронены на территории, прилегающей к промплощадке и водоему (могильник № 1), а также на территории, примыкающей к поселку (могильники № 2 и № 3). В результате образовались курганы с мощностью экспозиционной дозы на поверхности до 1200 мкР/ч [1, с. 64].

В дальнейшем под действием дождей, снега и ветров за-

щитный слой на курганах нарушился, из-за чего в зоне отвалов установился повышенный гамма-фон, а бесконтрольное использование населением эфельных песков с повышенным содержанием тория (до 15—30 нКи/кг) и урана (до 140—150 мкг/г) для благоустройства домов и участков привело к «пятнистому» загрязнению поселка Озерного и расположенного в трех километрах от него поселка Костоусово. Итогом такой «хозяйственности» стало повышение фона в отдельных местах этих поселков от 45 до 200 мкР/ч. Мощности доз от 150 до 230 мкР/ч были также зафиксированы на рабочих местах филиала Свердловского завода радиоаппаратуры, занявшего производственные корпуса бывшего п/я № 5. «На живописной площади захоронения, прилегающей к заводу и водоему, подростки умудрились соорудить прекрасный пляж с уровнем до 400 мкР/ч» [1, с. 64].

Следует отметить, что торий выделяет радиоактивный газ торон, который является мощным альфа-облучателем. Воздействие торона приводит к серьезному поражению легких, нарушению кроветворных функций организма, центральной нервной системы и т. п. Поэтому при оценке дозовых нагрузок облучения, которое получили жители поселка Озерного и особенно те из них, кто использовал песок из отвалов для выкладки и обмазки печей или фундаментов, прежде всего нужно учитывать вклад облучения именно тороном, так как при существенных дозах альфа-облучения могут возникать раковые заболевания. К сожалению, первые серьезные мероприятия по защите здоровья местных жителей и дезактивации загрязненных территорий в поселке Озерном начались только с 1990 г.

• В одном из последних выпусков Норм радиационной безопасности (НРБ) 76/87 нормативом безвредного воздействия радиации сверх естественного фона (приблизительно составляющего 0,5 бэра в год) считается 0,5 бэра в год. Это означает, что при постоянном воздействии избыточной и естественной радиации, не превышающей нормы (1 бэр в год) мощность экспозиционной дозы гамма-облучения весь год может держаться на уровне 120 мкР/ч. Отсюда следует, что человек без отрицательных последствий для здоровья в течение всей жизни (70 лет) сверх естественной дозы может получать 35 бэр. Такую величину можно получать при облучении всего тела.

В медицинских целях важно знать, что восприимчивость к радиации отдельных органов организма человека при одной величине общего облучения различная. С учетом этого органы подразделяют на две категории

критичности. К первой критической группе, т. е. органам, наиболее страдающим от радиации, относятся половые железы и красный костный мозг, ко второй — мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт, легкие, хрусталик глаза и др. (за исключением кожи, костной ткани, кистей рук, предплечий, лодыжек и стоп). Дозу, приходящуюся на отдельный орган, определяют умножением эквивалентной дозы на соответствующий коэффициент восприимчивости органа и называют эффективной эквивалентной дозой облучения. Допустимой эквивалентной дозой для органов первой группы считается 1,5 бэра в год, для второй — 3 бэра в год.

Вред здоровью от радиации проявляется в виде лучевой болезни, ожогов, катаракты, бесплодия, воспалений различных органов, лейкозов, рака, поражения плода при беременности и наследственных заболеваниях. Тем не менее выявить прямую зависимость от радиации часто достаточно сложно, что связано с наличием скрытого периода в развитии многих заболеваний. Ясно, что если скрытый период достаточно длителен, то на развитие болезни могут влиять и другие факторы. В настоящее время установлено, что точный медицинский прогноз можно дать лишь при дозах облучения выше 35 бэр [2, с. 27].

На последствия радиационного облучения влияет и время, в течение которого набирается определенная доза. Особо вредным является получение дозы за короткий промежуток времени. Наиболее отчетливо это проявляется при действии больших доз. Оказывается, что однократное облучение семенников при дозе в 10 бэр приводит к временной стерильности мужчин. Красный костный мозг теряет способность нормально функционировать при дозах выше 50 бэр. Облучение глаза сопровождается гибелью клеток хрусталика, в результате чего он утрачивает свою прозрачность и наступает слепота. Критическим значением дозы для хрусталика является 25—50 бэр.

Крайне чувствительны к радиации дети. Небольшие дозы облучения хрящевой ткани могут замедлить или вовсе остановить у них рост костей, что приводит к аномалиям развития скелета. Восприимчивым является мозг плода, особенно если мать подвергается облучению между восьмой и пятнадцатой неделями беременности, когда формируется кора головного мозга. Воздействие радиации в этот период сопряжено с риском рождения умственно отсталого ребенка.

В естественно-историческом аспекте приведем и проанализируем основополагающие факторы, которые были использованы для введения в СССР в 1976 г. норм радиационной безопасности (НРБ 76/78), а также статистику Научного комитета по действию атомной реакции (НКДАР) ООН в преддверии чернобыльских событий. Так, согласно НРБ 76/78, на миллион новорожденных ожидается от 50 до 350 случаев появления серьезных наследственных аномалий при получении одним из родителей дозы 1 бэр в год. При хроническом ее получении эта цифра увеличивается в 10 раз.

По сведениям НКДАР, одни из самых опасных заболеваний, связанных с облучением, раковые заболевания. Из них на первом месте стоят лейкозы. Они вызывают гибель людей в среднем через 10 лет с момента облучения. Установлено, что при дозе облучения всего тела в 100 бэр от лейкоза умирает один человек из 500 облученных. Другими распространенными разновидностями рака, возникающими после облучения, являются рак мо-

лочной и щитовидной желез. При той же дозе вероятность их возникновения достигает 0,01 на 100 облученных. Не лучше дело обстоит и с развитием рака легких: на каждые 200 человек, облученных дозой в 100 бэр, приходится одно заболевание. Скрытые периоды всех названных заболеваний могут превышать 20 лет.

Приведенные НКДАР оценки действия атомной радиации в большинстве случаев опираются на данные, полученные при анализе заболеваний пострадавших от облучения в Нагасаки и Хиросиме. Ясно, что уровень существовавших тогда методик по определению дозовых нагрузок вряд ли позволял проводить точные оценки воздействия атомной радиации. После чернобыльских событий МКРЗ пришла к выводу, что риск появления злокачественных образований в действительности в 2—4 раза выше. Именно поэтому в 1990 г. она предложила пересмотреть предельные дозы облучения.

По современным оценкам, в могильнике поселка Озерного сосредоточено отходов суммарной активностью 120 Ки [3, с. 106].

Сходные проблемы существуют и на станции Зюрзя Красноуфимского района, где с 1960 г. в полуистлевших мешках хранится 80 тысяч тонн монацитового песка со средним содержанием тория порядка 5%. Они находятся в 19 деревянных и 4 металлических складах бывшего филиала комбината «Победа» (ныне ГУ «Уралмонацит») и обеспечивают в отдельных местах складских и сопредельных помещений повышение гамма-фона до нескольких миллирентген в час. Снижение мощности экспозиционной дозы излучения до фоновых значений происходит в среднем на расстоянии 250—300 м от внешних заграждений. За пределами помещений складов отмечается также повышенная активность торона (радия-220) [4].

И в поселке Озерном, и на станции Зюрзя за плохое хранение радиационно опасного сырья расплачиваются люди, вынужденные соседствовать с опасными зонами. Так, в Озерном с 1990 г. в результате медицинских обследований детей были выявлены анемия, малокровие, поражения головного мозга.

В последнее время торийсодержащие отвалы и концентраты рассматриваются как исходное сырье для извлечения редкоземельных металлов. Это может грозить неконтролируемым облучением научному и кустарно-промышленному персоналу, занятому в данной сфере деятельности. Особую тревогу вызывает возможное растаскивание сырья неразборчивыми коммерческими структурами.

Первоначальными мерами в таких зонах должно быть информирование населения о местах захоронения отходов, предоставление сведений о состоянии этих захоронений и влиянии радиации на здоровье.

Но центральной радиоэкологической проблемой на Урале является загрязнение значительных территорий Челябинской, Свердловской и Курганской областей искусственными долгоживущими радионуклидами, образованными в результате деятельности плутониепроизводящего комплекса. Как следует из приведенных выше сведений, он был далеко не идеальным с технологической точки зрения, поэтому наработка плутония сопровождалась огромным количеством радиоактивных отходов, сбрасываемых в открытые водоемы.

Первой жертвой «плутониевой программы», как уже говорилось, стала река Теча (Челябинская, Курганская области), в верховьях которой действовало радиохимическое производство (в настоящее время производственное объединение «Маяк»).

Историю радиоактивного загрязнения Челябинской, Свердловской и Курганской областей можно разделить на следующие этапы.

С 1949 по 1952 г. происходит бесконтрольное загрязнение реки Течи. Радиоактивные отходы распространяются по всей ее длине и далее через Исеть (в Курганской области) попадают в Тобол, Иртыш, Обь, Северный Ледовитый океан.

С 1951 г. начинается слив отходов в замкнутые водоемы на территории промышленной площадки радиохимического комбината. Начинается печальная история озера Карачай и болота № 2. В донных отложениях озера, его воде и близрасположенных могильниках радиоактивных отходов сосредоточены радионуклиды активностью свыше 1 млрд Ки (более 20 Чернобылей). В настоящее время на берегу озера Карачай годовую дозу облучения можно получить в пределах одной минуты [5, с. 66].

В течение первого этапа облучению подверглось 124 тысячи человек гражданского населения. Повышенные дозы (от 3—5 до 170 бэр) получили из них 28 тысяч человек. Особо тяжелым оказалось положение жителей села Метлино с населением 1,2 тысячи человек, получивших верхний предел ука-

занных доз. В 1955—1956 гг. с чрезвычайно опасных для жизни территорий было отселено 20 населенных пунктов (8 тысяч жителей). Было зарегистрировано 935 случаев заболевания лучевой болезнью [5, с. 6](табл. 1, 2).

Таблица 1

Эффективная эквивалентная доза (ЭЭД) облучения эвакуированного населения, бэр

По реке Теча			По ВУРСу		
№	Населенный пункт	ЭЭД	№	Населенный пункт	ЭЭД
1	Метлино	170	1	Бердениш	57
2	Течаброд	140	2	Салтыковка	57
3	Назарово	120	3	Галикаево	57
4	Староасаново	120	4	Русская Караболка	45
5	Малое Таскино	95	5	Алабуга	12
6	Герасимовка	77	6	Юго — Конево	12
7	Надырово	62	7	Трошково	12
8	Надыров Мост	55	8	Малотрошково	12
9	Ибрагимово	51	9	Игиш	12
10	Исаево	33	10	Брюханово	5,6
11	Подсобное хозяйство	31	11	Мельниково	5,6
12	Курманово	16	12	Кажакуль	6,3
13	Коркино	20	13	Фадино	5,6
14	Заманиха	14	14	Гусево	5,6
15	Ветродуйка	18	15	Малое Шабурово	5,6
16	Паново	16	16	Боевское	5,6
17	Осолодка	13	17	Бакланово	3,5
18	Черепаново	10	18	Чекурово	2,3

Таблица 2

Эффективная эквивалентная доза (ЭЭД) облучения неэвакуированного населения по реке Тече, бэр

Челябинская область			Курганская область		
№	Населенный пункт	ЭЭД	№	Населенный пункт	ЭЭД
1	Муслюмово	28	1	Лобаново	9
2	Русская Теча	9	2	Анчугово	10
3	Нижняя Петропавловка	12	3	Верхняя Теча	11
			4	Скилягино	16
			5	Бугаево	10
			6	Дубасово	6

Вторым этапом радиоактивного загрязнения стал взрыв могильника радиоактивных отходов в октябре 1957 г. и образование Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС), охватившего и часть территорий Свердловской области (Каменск-Уральский и Богдановичский районы). В Челябинской области этот след прошел через Каслинский, Кунашакский и Аргаяшский районы. В результате взрыва было выброшено 20 млн Ки активности (в два с половиной раза меньше, чем в Чернобыле), образованной долгоживущими радионуклидами. При этом, как указывалось выше, 18 млн Ки осталось на промплощадке, а 2 млн Ки образовали ВУРС. Его длина (при плотности загрязнения в 0,1 Ки/км^2 по стронцию-90) составила 300 км, площадь — 23 км^2. В целом воздействию ВУРСа подверглось 272 тысячи человек. Наибольшему загрязнению подверглись указанные выше районы Челябинской области. Оттуда было эвакуировано 10,2 тысячи человек, получивших особо большие дозы [5, с. 6].

Согласно «Обзору радиационно-гигиенической обстановки в зоне ВУРСа на Среднем Урале», представленному коллективом сотрудников областной СЭС во главе с Семеном Израилевичем Трейгером в 1992 г., во время взрыва «в зону значительного радиоактивного загрязнения на территории Свердловской области частично попали населенные пункты бывшего Покровского, Каменского, Богдановичского и Камышловского районов, а также города Каменск-Уральский и Камышлов. Всего 42 населенных пункта с общей численностью сельского населения 23 тысячи человек и городского — 56 тысяч человек. Площадь загрязненной территории составила 45 тысяч гектар. Плотность загрязнения по интегральной радиоактивности составила от 10 до 240 Ки/км^2, по стронцию-90 — от 0,5 до 4 Ки/км^2, иногда больше. Уже в то время была установлена отчетливо выраженная пятнистость проявления радиоактивности» [6, с. 31].

Наибольшему загрязнению подверглись бывший Покровский и Каменский районы.

В списке сельских населенных пунктов с наиболее неблагоприятным радиационным фоном оказались поселки Тыгиш, Клюкино, Четыркино, Ключики, Ключи, Малая Кодинка, Госдороги, Кодинский (ж. -д. разъезд), Кодинка, Бортниково, Свобода, Смолинское, Малая Смолинка, Рыбниковское, Пролетарка,

Черемхово (бывшие Глуховское и Колмагорово). Численность жителей на момент аварии в этих населенных пунктах составила 5600 человек. Жители поселков Тыгиш, Четыркино и Клюкино, где поверхностная активность по стронцию-90 большей 4 Ки/км^2, были отселены. Расчетные дозы для критических групп населения на этих территориях составили 7 бэр и выше [3, с. 106].

В меньшей степени загрязнению подверглись населенные пункты Мазуля, Беловодье, Кремлевка, Чистяки, Мартюш, Ракита, Брод, Пестьянка, Октябрина, Щипачи, Троицкое, Калиновский, Сланцы, Колиновское, Поджиково, Обуховское, Верхняя Полдневая, Кокшарово, Полдневский рудник, Богатенково, Байны, Раскатиха, Попово, Чернокоровское, Паршино, Волковское, Первомайка, Сосновка [2, с. 106].

Хотя ось ВУРСа прошла западнее Каменска-Уральского, тем не менее часть этого города попала в зону загрязнения, в основном за счет стронция-90. Однако «след был оконтурен в первые годы после взрыва» [7, с. 39].

В целом, по сведениям, приведенным в государственном докладе «О состоянии окружающей природной среды и влиянии факторов среды обитания на здоровье населения Свердловской области в 1995 году», в результате аварии на территории Свердловской области радиационному воздействию с начальной плотностью загрязнения свыше 0,1 Ки/км^2 подверглось более 335 тысяч человек (391 населенный пункт) [2, с. 106].

По данным Свердловской областной СЭС, несмотря на проведение ряда трудоемких мероприятий (например, в деревне Байны для снижения радиационного загрязнения и облучения населения были вырублены колхозные сады и уничтожен скот). радиоактивность объектов внешней среды и продуктов питания снижалась медленно» [6, с. 32]. Был установлен контроль за радиоактивностью воды и рыбы в озерах Тыгиш, Сунгуль и Червяное, систематически проверялись продукты сельскохозяйственного производства и радиоактивность сельского населения, проживающего на следе. В 1958 г. уровень гамма-фона там превышал в 10 — 100 раз естественный [там же].

В настоящее время известно также, что количество военнослужащих, находившихся в непосредственной близости от места взрыва и подвергшихся облучению, составило 1007 че-

ловек. Из них 12 человек получили более 50 бэр, а 63 человека — от 10 до 50 бэр [8, с. 195–196].

Сведения о дозах, полученных заключенными, до сих пор не известны. Известно только, что «в северо-восточном направлении промышленная зона соприкасалась с комплексом лагерей для заключенных. В период с 1945 г. ... в этой зоне работали 25 000 советских солдат армии генерала Власова... Кроме них здесь в 1956 г. работали около 60 000 других заключенных, как мужчин, так и женщин» [7, с. 195]. Как можно понять из статьи, опубликованной в «Российской газете» 10 апреля 1993 г., эвакуация и жителей близлежащих деревень,и заключенных проводилась с запозданием на 10 дней. Эта и другая информация указывают на то, что очистка территории объекта от 18 млн Ки проводилась, по всей видимости, с использованием заключенных. Таким образом, список подвергшихся облучению во время взрыва 1957 г., может быть существенно расширен.

• В этой связи следует отметить, что, как пишет Ж. Медведев, после принятия законов о социальной помощи жертвам радиационных аварий среди большого потока заявлений от пострадавших в 1957 г. в центральных и местных органах власти не оказалось ни одного заявления от бывших заключенных [8]. «...Об их судьбе и о состоянии их здоровья тоже ничего не известно. Между тем им досталось, по-видимому, больше всех» [8, с. 195]. Очевидно, к заключенным была применена та же «методика», обеспечивающая молчание большого количества людей, что и к строителям атомных объектов — репатриированным гражданам и немцам по национальности. «Значительную часть неблагонадежных строителей отправили на Колыму, другие были вынуждены уехать в Среднюю Азию. У оставшихся под угрозой сурового наказания взяли подписку о неразглашении в течение двадцати пяти лет любой информации, связанной [со строительством объекта]» [9, с. 140].

В весенне-летний период 1967 г. в результате засухи оголилась береговая полоса озера Карачай и началась ветровая эрозия — разнос радиоактивной пыли по близлежащим районам Челябинской области. Общая активность выброса составила тогда около 600 тыс. Ки, площадь загрязнения — 2700 км^2. Облучению подверглось 42 тысячи человек. Эквивалентная доза для жителей ближайшей зоны составила 1,3 бэр, для более удаленных территорий — 0,7 бэр [4, с. 7].

Ветровое загрязнение территорий техногенными радионуклидами в апреле 1967 г. было зафиксировано и в Каменске-Уральском. В частности, в Красногорском районе города по

сравнению с 1966 г. оно возросло по стронцию-90 в 458 раз (от 0,2 до 91,6 мКи/км^2), а по цезию-137 — в 333 раза. В Синарском районе концентрация по стронцию-90 увеличилась в 289 раз (от 0,2 до 57,8 мКи/км^2) и в 500 раз по цезию-137 (от 0,2 до 200 мКи/км^2). Повышение радиоактивности почвы сказалось на содержании радионуклидов в молоке коров. Например, по данным за июнь и июль, оно увеличилось более чем в 4 раза. К сожалению, северные границы ветрового разноса Свердловской облСЭС не определялись. Однако, как указывают С. Ф. Койсин и Р. Г. Туруновская в своей статье «Вторичное аварийное загрязнение техногенными радионуклидами на Урале», к подвергшимся вторичному облучению в 1967 г. жителям Челябинской области «следует добавить еще порядка 200 тыс. человек населения, попавших в зону ветрового загрязнения в г. Каменск-Уральский и в Каменском районе Свердловской области» [9, с. 38].

В частности, как указано в материалах Уральского семинара [7, с. 42], по сравнению со среднестатистическими показателями по количеству канцерогенных проявлений в здоровье населения России, рассчитываемому на 100 тысяч человек, в Каменске-Уральском превышение составляло 1,41 в 1972 г. (250 человек против 177 среднестатистических) и 1,34 в 1986 г. (290 против 216 по России).

• О серьезнности проблем, связанных с ВУРСом и Течей, свидетельствует следующее.

Кратко остановимся на основных источниках радиоактивного загрязнения территорий, расположенных по ВУРСу и реке Теча. Как было отмечено выше, количественно здесь прежде всего преобладают долгоживущие изотопы цезий-137 и стронций-90. Вместе с тем в отходы частично попадают и основные производственные продукты — плутоний и уран, однако их количество достаточно мало. Допустимые пределы дозиметрических характеристик по радиоактивным элементам устанавливаются, исходя из непревышения величины годового норматива, определяемой для населения в 0,5 бэр/год. Прежде всего они устанавливаются для наиболее вредных изотопов в важных для жизнеподдержания средах — в воздухе и воде. Так, для стронция-90 допустимая концентрация (ДК) по активности в воздухе не должна превышать $4 \cdot 10^{-14}$ Ки/л*, а в воде — $4 \cdot 10^{-10}$ Ки/л. Для

* Здесь и далее в качестве единиц активности используются Кюри (Ки), поскольку большинство литературных данных, на которые приходится ссылаться, дается в этих единицах. Беккерель ($2{,}7 \cdot 10^{-11}$ Ки) появляется в научном лексиконе лишь с 1986 г. [10, с. 12].

цезия-137 она равна соответственно $5 \cdot 10^{-13}$ и $1{,}5 \cdot 10^{-8}$ Ки/л. Допустимая концентрация для урана-238 несколько меньше — $2 \cdot 10^{-15}$ Ки/л в воздухе и $6 \cdot 10^{-10}$ Ки/л в воде. Плутоний имеет еще меньшую ДК — $3 \cdot 10^{-17}$ Ки/л. Пониженная норма для содержания урана и плутония в воздухе объясняется тем, что они испускают альфа-частицы, приносящие организму человека наибольший вред.

При загрязнении территории радионуклидами немаловажной характеристикой является и предел годового поступления (ПГП) радионуклидов в организм с пищей и вдыхаемым воздухом. Ограничимся здесь указанием ПГП для поступающего с пищей стронция-90, так как оно положено в основу оценки допустимого для проживания поверхностного загрязнения территории. Указанная величина равна 0,32 мкКи. Если учесть, что при поверхностном загрязнении территорий в 1 Ки/км^2 за сутки вместе с пищей в организм человека попадает стронция-90 в количестве $1{,}4 \cdot 10^{-10}$ Ки, то при загрязнении территории в 4 Ки/км^2 суточное поступление стронция с пищей возрастет в 4 раза, что за год составит 0,2 мкКи. Как видно из приведенного примера, принятый в качестве безопасного уровень содержания стронция-90 в почве, или величина поверхностного загрязнения 4Ки/км^2, находился в соответствии с существующими нормами. Стронций был выбран потому, что он накапливается в костях и в отличие от цезия-137 значительно медленнее выводится из организма.

В кыштымских событиях 1957 г. значение 4 Ки/км^2 юыдл принято как критерий для отселения проживающего населения. Территория радиоактивного следа с загрязнением выше этого значения составила 700 км^2. Она вошла в санитарно-охраняемую зону (СОЗ).

Приведем еще одну важную радиационную характеристику территорий — удельную активность почвы. Она измеряется в единицах активности на килограмм (Ки/кг). Анализ проб грунта в пойме реки Течи показал, что удельная активность почвы за счет естественных радионуклидов (калий-40, радий-226, торий-232) составляет здесь 0,005—0,02 мкКи/кг. В то же время активность, обусловленная стронцием-90 и цезием-137, даже сегодня доходит на пойменных территориях до 1 мкКи/кг, т. е. искусственные радиоактивные загрязнители в десятки, сотни раз активнее естественных. Отсюда следует, что во столько же раз увеличится и поступление искусственных радионуклидов в пищевую цепочку. Таким образом, пойменные территории Течи до сих пор представляют серьезную опасность для населения.

Выборочный анализ почвы на радиоактивность в Свердловской области, например возле Двуреченска (эта территория относится к условно удовлетворительной в экологическом отношении), показывает, что удельная активность в глинистой почве, характерной для этих мест, по калию-40 составляет до 130 Бк/кг (3, 5 нКи/кг), по радию-226 (продукт распада урана-238) — до 60 Бк/кг (1, 6 нКи/кг), по торию-232 практически не наблюдается (0—5 Бк/кг). По нормам радиационной безопасности, действующим с 1976 по 1987 г. (НРБ 76/87), нормативы на допускаемое загрязнение почвы отсутствуют. На практике используются лишь контрольные уровни удельной активности, устанавливаемые на основные виды пищевой продукции. Для картофеля, корнеплодов, овощей, зелени и ягод значение контрольного уровня удельной активности составляет 75 Бк/кг, для грибов и

лекарственных растений — 7500 Бк/кг. Из этого видно, что с учетом коэффициента перехода радиоактивности из почвы в растения (меньше 0,1) указанные почвы могут считаться удовлетворительными.

° Поглощенная доза — энергия ионизирующего излучения, поглощенная единицей массы облучаемого тела. Единицей измерения является Грей (Гр). 1 Гр = 1 Дж/кг.

Экспозиционная доза — мера ионизационного действия гамма-излучения в воздухе, определяемая по количеству ионизированных молекул возвуха. Единица измерения — Рентген.

Эквивалентная доза — величина, определяющая радиационную опасность хронического облучения человека излучением произвольного состава (альфа-, бета-, гамма- и т. д., а также их комбинациями). Эквивалентная доза численно равна поглощенной дозе, умноженной на коэффициент качества, который отражает способность данного вида излучения повреждать ткани организма. Для гамма- и бета-излучений принимается равным единице, для альфа-излучения — двадцати. Единицей измерения эквивалентной дозы считается Зиверт (Зв). 1 Зв = 1 Дж/кг. Внесистемной единицей измерения эквивалентной дозы является биологический эквивалент Рентгена — бэр. 1 бэр = 0,01 Зв, или 1 сЗв (сантиЗиверту).

Для территорий, находящихся в пойме реки Течи, приведем еще одну важную радиационную характеристику — удельную активность. Она измеряется в единицах активности (Ки) на килограмм (Ки/кг). Анализ проб грунта показал, что удельная активность почвы за счет естественных радионуклидов (калий-40, радий-226, торий-232) составляет в районе Течи 0,005 — 0,02 мкКи/кг. В то же время удельная активность, обусловленная стронцием-90 и цезием-137, даже сегодня доходит на пойменных территориях до 1 мкКи/кг, т. е. искусственные загрязнители в десятки, сотни раз активнее естественных, а значит, во столько же раз увеличивается из-за них и поступление радионуклидов в пищевую цепочку. Таким образом, пойменные территории до сих пор представляют серьезную радиационную опасность для населения.

Уран и торий также содержатся в почвах, вместе с ними там же присутствует калий, изотоп которого калий-40 (период полураспада 1,3 млрд лет) тоже вносит свой вклад в создание естественного радиационного облучения местности. В верхнем метре земли может содержаться до 2 г/м^3 калия, 40,15 г тория-232 и до 5 г урана-238. Округление эквивалентной дозы, создаваемой этими элементами, составляет приблизительно 2 миллиЗиверта (или 0,2 бэра) в год. Повышенные ее значения (до 5—10 бэров в год в закрытых помещениях и в низинных районах) могут встречаться на глинистых (особенно на белых) почвах, что связано со способностью таких почв накапливать большие количество радона.

В соответствии с этим при оценке радиационного фона на открытой местности следует учитывать наличие в ней каменистых вкраплений, присутствие глинистых или песчаных пород, характер ее рельефа и продуваемость ветрами.

Современный этап изучения радиационного загрязнения территорий, примыкающих к предприятиям ядерно-топлив-

ного цикла Минатомэнегопрома, начинается с апреля 1990 г., когда по решению Третьего главного управления при Минздраве СССР снимаются грифы секретности с материалов, касающихся радиационной обстановки и состояния здоровья населения, проживающего на радиационно загрязненных территориях.

Результатом этого стало распоряжение Президиума АН СССР от 12 июня 1990 г. о формировании комплексной экспедиции специалистов Научно-инженерного центра экологической безопасности АН СССР (Свердловск), Челябинской СЭС, ПО «Маяк» (Челябинск-40), филиала Института биофизики АМН СССР (Челябинск) [5, с. 5].

8 августа 1990 г. Исполнительный комитет Челябинского областного Совета народных депутатов, учитывая значимость проблемы для населения области, дает разрешение на проведение общественной экспедиции по ВУРСу и реке Течe. Инициатором экспедиции стала бывшая инженер-дозиметрист Эльвира Ивановна Порецкая (Челябинск). При ее деятельном участии, а также при поддержке молодежных научно-технических объединений (челябинского «Практик-центра» и свердловского «ТЭКОЛа») создается Первая независимая общественнная радиоэкологическая экспедиция, в состав которой помимо Э. И. Порецкой, вошли: канд. физ.-мат. наук Сергей Яковлевич Баянкин, канд. физ.-мат. наук Петр Пантелеймонович Зольников, канд. физ.-мат. наук Владимир Васильевич Литовский (Екатеринбург), фотокорреспондент Александр Александрович Чуносов (Челябинск) [5, с. 5].

Экспедиция работала с 16 по 28 августа 1990 г. Исследования проводились на территории Челябинской области в два этапа: сначала изучалась радиационная обстановка в низовьях реки Течи, а именно в населенных пунктах Бродокалмак и Русская Теча (Челябинская область), а затем в ее верховьях — от Асановских болот (плотина № 11) до середины Течи (село Муслюмово и его окрестности).

В ходе экспедиции определялось гамма- и бета-излучение, проводился отбор почвенных проб для установления активности по гамма- (Cs-137) и бета- (Sr-90) излучению.

В частности, экспедицией было установлено, что в районе Асановских болот, непосредственно примыкающих к завер-

шающему каскад водохранилищ водоему № 11 (искусственный исток реки Течи), бета-излучение, обусловленное стронцием-90, достигало местами 700 (частиц/см²·мин), хотя в естественных условиях оно попросту должно было отсутствовать [5, с. 66].

Гамма-излучение в отдельных точках в районе болот достигало 1300 мкР/ч, что при постоянном пребывании здесь в течение года людей дает им физическую дозу, эквивалентную 10 бэрам.

Немногим лучше обстояли дела и в средней части пойменной территории реки Течи, где в низинах были обнаружены радиационные пятна с аномально высокими уровнями излучения. В частности, вблизи села Муслюмово Кунашакского района Челябинской области, где в настоящее время проживает 2 тысячи человек, а в 1949 г. проживало более 4 тысяч, в некоторых местах было зафиксировано бета-излучение свыше 200 (частиц/см²·мин) и гамма-излучение в 700—800 мкР/ч [5, с. 66]. Не исключено и присутствие плутония.

В низовьях реки, в селе Бродокалмак, расположенном в 75 км от плотины № 11, гамма-излучение на припойменных территориях достигало 100 мкР/ч, бета-излучение — 60 (частиц/см²·мин). Удельные активности в донных отложениях соответствовали 300 нКи/кг по цезию-137 и 120 нКи/кг по стронцию -90.

В селе Русская Теча, находящемся примерно в 100 км от плотины № 11, мощность экспозиционной дозы излучения составляла 50 мкР/ч. Плотность потока бета-частиц не превышала здесь 30 (частиц/см²·мин).

Проведенные исследования показали экспоненциальное убывание плотности потока бета-частиц и мощности экспозиционной дозы гамма-излучения с увеличением расстояния от места сбросов радионуклидов в реку Течу (плотина № 11).

29 августа 1990 г. результаты работы Первой независимой общественной экспедиции были представлены Координационному совету по проблемам экологии при Челябинском облисполкоме [5, с. 37]. 3 сентября 1990 г. они были сопоставлены с результатами работы академических специалистов в Президиуме АН СССР [там же, с. 38]. 5—6 октября результаты академических и общественных иследований были дове-

дены до сведения депутатского корпуса на слушаниях в Верховном Совете СССР [там же, с. 44].

Осенью того же года в серии газетных публикаций информация о радиационных катастрофах на Урале и порожденных ими проблемах впервые была доведена до широких слоев общественности (см., например, публикации в газете «Наука Урала», № 39 и № 46 за 1990 г.).

Проблемы, связанные с радиоактивным загрязнением ряда уральских территорий, остаются чрезвычайно острыми до сих пор. Дополнительные опасения вызывает возможное загрязнение новых территорий радиоактивными сапропелями (органическими отложениями) из загрязненных ВУРСом озер и болот, расположенных на территориях Каменск-Уральского района. Сапропели — ценнейшее питательное вещество для садово-огородных хозяйств и, согласно В. Н. Сукачеву, вещество стратегическое, так как оно служит для увеличения биопродуктивности в сельском хозяйстве (см. об этом, например, статью Н. В. Тимофеева-Ресовского «Биосфера и человечество» [11, с. 10]). Однако их бесконтрольная добыча грозит расползанием радиоактивности по всему Уральскому региону.

В 1992 г. под непосредственным руководством Петра Пантелеймоновича Зольникова были проведены первые открытые исследования радиоактивного загрязнения поймы реки Исети на территории Курганской области (участок от села Колчедан до деревни Мамонтовки) [12, с. 91]. Работы выполнялись по программе исследований Института промышленной экологии УрО РАН, общее руководство которой осуществил директор этого института профессор, доктор физико-математических наук Виктор Николаевич Чуканов.

Исследования проводились в весенне-летний период. Ввиду заболоченности поймы и недоступности ее отдельных участков при производстве измерений в различных сечениях поймы использовались лодки. Длина отдельных сечений достигала 5 км. В полевых условиях измерялся радиационный фон и брались пробы почвы и донных отложений. В период с 19 по 26 июня, наряду с названными измерениями, проводилась полевая гамма-спектрометрия. Стационарный спектрометрический анализ проб донных отложений Исети проводился в августе 1992 г.

В результате обнаружилось, что уровень радиационного фона в пойме реки Исети после впадения в нее Течи повышается по отношению к естественному фону на границе Свердловской и Курганской областей (7 мкР/ч) на 4—5 мкР/ч. Было установлено также, что радиационный фон в месте уреза реки был ниже, чем в пойменных местах, что объяснялось задержкой радиоактивных илов травяными покровами в паводковые периоды. Аномально высоких значений радиационного фона (пятен) не наблюдалось. С увеличением расстояния от места впадения Течи в Исеть фон падал с 11 мкР/ч у села Затеченского до 7—9 мкР/ч возле села Мехонского.

В ходе спектрометрических исследований было установлено, что цезий-137 в пойме реки находился на глубине 20 см, а его концентрация на пойменных территориях реки Исети ниже впадения в нее Течи была ниже концентрации естественного радионуклида калия-40.

Максимальная концентрация цезия-137 (5 нКи/кг) отмечалась возле села Красноисетского. Соответствующее значение наибольшей поверхностной активности достигало 0,5 Ки/км^2. После села Нечунаева она становилась меньше 0,1 Ки/км^2, а после села Портнягино не обнаруживалась вообще.

Таким образом, в ходе проведенных исследований было установлено, что в 100 км от места впадения Течи в Исеть пойменные территории практически значимых концентраций радиоцезия уже не содержали и их можно было считать радиационно безопасными. К сожалению, альфа- и бета-активность указанных территорий не изучалась, поэтому окончательные выводы делать рано.

Для широкой общественности результаты данных исследований представлены впервые.

Сведения о современной радиационной обстановке на территориях, подвергшихся загрязнению ВУРСом, были представлены в государственном докладе «О состоянии окружающей природной среды и влиянию факторов среды обитания на здоровье населения Свердловской области в 1995 г.» [3]. Там, в частности, было отмечено, что современные плотности загрязнения по стронцию-90, обусловленные физическим распадом радионуклида за время, прошедшее с аварии, составили для

районов сел Рыбниковского и Богатенкова 0,8—1,5 Ки/км², озера Тыгиш — 1,3—2,9 Ки/км², деревни Щербаковки — 1,2—1,6 Ки/км², для района Черемхово-Беловодье — 0,9—1,4 Ки/км², для северо-восточной части Каменск-Уральского района и части Богдановичского района — 0,2—0,8 Ки/км². Плотность загрязнения по стронцию-90 на территории Каменска-Уральского составила 0,2—0,5 Ки/км² в восточной части города и 0,3—0,8 Ки/км² в западной его части. В районе деревни Кодинки, расположенной на западной оконечности города, плотность загрязнения к 1995 г. достигала 0,8—1,2 Ки/км². Пятна с аномально высокой плотностью загрязнения были зафиксированы севернее озера Тыгиш (5,1—5,2 Ки/км²) и на территории Каменска-Уральского (6,9 Ки/км²) [3, 105].

В докладе Свердловской облСЭС прослежены также особенности динамики накопления и распределения этих доз . Отмечено, например, что существенный вклад во внутреннюю дозу облучения жителей сел Рыбникова и Богатенкова внесла рыба, особенно из озера Тыгиш, где она даже по сравнению с рыбой сильно загрязненных озер Сунгуль и Червяное оказалась в три раза радиоактивнее. Указано, что снижение радиоактивности воды по стронцию-90 в этих озерах шло быстрее, чем по закону физического распада. Экспериментально наблюдаемый период полуочищения воды составляет от 16 до 19 лет, тогда как в донных отложениях происходит накопление стронция-90, что позволяет сапропели из этих озер отнести к категории радиоактивных отходов [6, с. 33].

Индивидуальные дозы облучения населения за первые десять лет составляли в среднем 290—300 мбэр/год для взрослого населения (в два раза больше, чем от природного фона) и 1 бэр/год у детей (в семь раз больше по сравнению с дозой от природного фона (140 мбэр/год) [6, с. 34].

Существенную роль в уяснении специфики формирования ВУРСа сыграли работы, выполненные в Институте геофизики УрО РАН под руководством профессора Владимира Ивановича Уткина. Из них следует, что форма облака оказалась нехарактерной для «обычных» воздушных выбросов. В частности, отношение осей эллипсов рассеяния загрязнителей составило 1:10—1:13 [13, с. 12], тогда как для облака с типичным рассеянием выбросов загрязнителей в

воздухе оно обычно составляет 1:3 — 1:4. Эта особенность была связана с сильной ионизацией облака (по рассказам очевидцев, свечение облака было столь интенсивным, что его видели даже в Челябинске) и с наличием локальных геомагнитных аномалий. В работе «Радиационная обстановка на Урале» В. И. Уткин о странном «поведении» облака радионуклидов, образовавшего ВУРС, писал: «Сначала оно сжимается и распространяется узкой струей, потом расширяется, а далее опять сжимается. При этом в своем движении на северо-восток облако отклоняется от прямой линии и поворачивает несколько к югу» [13, с. 12]. Сопоставление направления движения облака с направленностью силовых линий вертикальной составляющей геомагнитного поля показало, что взаимодействие сильно ионизированного облака с геомагнитным полем на маршруте большой протяженности привело к искривлению траектории движения облака и придало ей форму дуги.

С другой стороны, была обнаружена «фокусировка» облака при движении поперек магнитных силовых линий в сторону их увеличения. Этот известный в физике эффект для природных объектов был зафиксирован впервые. Как отмечает В. И. Уткин, «при пересечении линии геомагнитного поля величиной 0,54 Э (0,54 мкТл. — *В. Л.*) облако радионуклидов встречается с сильным искажением равномерного поля, связанным с наличием в этом районе небольшого железорудного месторождения, которое вызывает тем не менее аномальное поле в вертикальной составляющей порядка 6 — 10 мЭ (6 — 10 нТл. — *В. Л.*). Это аномальное поле нарушает условие фокусировки, и поперечный размер облака увеличивается. Затем поле выравнивается, и поперечный размер облака опять уменьшается.

Рассмотренные особенности динамики поперечного размера движущегося облака радионуклидов приводит к важным следствиям:

1. Ввиду малого поперечного размера облака радиоактивные выпадения концентрируются вдоль оси его движения, и удельная плотность радиоактивного заражения существенно возрастает.

2. Ввиду фокусировки ионизированного облака в земном

магнитном поле радионуклиды распространились почти без рассеяния атмосферой на большое расстояние» [13, с. 13—14].

В работе отмечается также, что «за время, прошедшее после "Кыштымского взрыва", пространственное распределение радионуклидов в ближайшей зоне изменилось несущественно. До сих пор существует значительная зона с загрязнением более 5 Ки/км². А зона загрязнения плотностью 0,2—0,5 Ки/км² захватила северные окраины г. Челябинска» [13, с. 14].

3.2.3. ТОЦКИЕ ЯДЕРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ИХ ОТДАЛЕННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Еще одной причиной уральских радиационных проблем является проведение ядерных взрывов различного назначения. Известно, что всего в пределах Уральского региона было произведено 38 технологических ядерных взрывов, из них 5 с выбросом на поверхность. Ядерные взрывы проводились в Пермской и Оренбургской областях, а также на территории Башкирии, недалеко от города Стерлитамака [1, с. 11].

Наиболее полный обзор ядерных взрывов на Урале можно найти в работе В. И. Уткина «Радиационная обстановка на Урале» [1]. Из нее, в частности, следует, что в Пермской области было проведено, по крайней мере, 10 подземных ядерных взрывов. Причем на Осинском и Красновишерском (Гежском) нефтяных месторождениях они производились с целью увеличения добычи нефти, а в Чердынском районе — с целью реализации печально известного проекта переброски вод северных рек на юг (т. е. для строительства канала).

Об экономической целесообразности ядерных взрывов и их влиянии на окружающую среду говорят следующие факты. В сентябре 1969 г. было произведено два взрыва недалеко от города Оса (приблизительно в 10 км). Это позволило дополнительно извлечь 500 тысяч тонн нефти и получить прибыль 4 млн рублей. Однако через некоторое время из отработанных скважин пошла радиоактивная вода, а на рабочих площадках были обнаружены стронций-90 и цезий-137. В результате пришлось создавать в районе взрыва специальный могильник. Согласно данным, полученным в 1992 г., мощность экспозиционной дозы в районе взрывов не превышала

20 — 25 мкР/ч, тогда как концентрация радона в почвенном воздухе (особенно вблизи местных разломных структур) повысилась здесь в 3 — 5 раз, что существенно изменило радиационную обстановку на расположенных в этом районе садовых участках [1, с. 9].

Примерно та же картина наблюдается и на Гежском нефтяном месторождении Красновишерского района, где в 60-е гг. было проведено 5 взрывов. И по сей день здесь происходят выбросы радиоактивных газов из нефтеразведочных скважин. А исследование почвенного воздуха на месторождении выявляет, наряду с большими концентрациями радона (до 28 000 Бк/м^3), высокое содержание и других радиоактивных газов (до 40 000 Бк/м^3), предположительно криптона-85 с периодом полураспада 10,5 года.

Не менее плачевные последствия ядерного взрыва можно наблюдать и в Чердынском районе, вблизи Печоро-Илычского заповедника, где в марте 1971 г. для создания ложа переброcочного канала Печора — Кама был произведен групповой ядерный взрыв. Три ядерных заряда с предположительной мощностью в 160 килотонн были заложены на глубине около 130 м и на расстоянии 160 м друг от друга. На месте взрыва образовалось радиоактивное озеро. На четвертые сутки максимальная мощность экспозиционной дозы составляла там 12 Р/ч. После того как в 1991 г. закрытая зона с охраной были убраны, на берегу котлована в некоторых точках радиоактивный фон составлял 2500 мкР/ч, т. е. в 200 раз превышал естественный. На восток от озера наблюдался радиоактивный след длиной до 7,5 км и шириной до полутора километров [1, с. 10].

Исследования профессора Владимира Ивановича Уткина и его сотрудников из Института геофизики УрО РАН показывают, что землетрясения, вызываемые подземными ядерными взрывами, приводят к увеличению проницаемости земной поверхности и местных разломов, в результате чего увеличивается выделение из недр радона. При этом участки поверхности земли в радиусе до нескольких километров от точки взрыва становятся радоноопасными, концентрация здесь радона в почвенном воздухе возрастает от фоновых значений 200 — 300 Бк/м^3 до 10 — 15 тыс. Бк/м^3. Кроме того, при взрыве

образуется большое количество радиоактивного криптона-85, который, накапливаясь в полостях после взрыва, время от времени прорывается на поверхность и создает критические ситуации [2].

Работы В. И. Уткина с сотрудниками можно считать началом качественно нового этапа в оценке воздействия ядерных взрывов и радиационных выбросов на окружающую среду с использованием оригинального геосистемного подхода, учитывающего трансформацию кибернетического статуса локальных экологических факторов.

В частности, с одной стороны, они показывают необходимость учета взимодействия радиоактивных выпадений с геолого-геофизическими особенностями локальной окружающей среды, например, с местным геомагнитным полем; с другой стороны, указывают на скачкообразное изменение взаимообусловленных абиотических факторов, вызванное нарушениями в литосфере и педосфере, что влечет за собой трансформацию биогеоценозов и влияет на их эволюционную динамику.

Эти же работы привели к появлению перспективных методик по прогнозу сейсмических событий на основе изучения топологии радоновыделения на потенциально опасных территориях [3; 4].

• Суть прогноза состоит в том, что в месте будущего эпицентра землетрясения (в так называемой ближней зоне) незадолго перед его началом концентрация радона в воздухе сухой скважины или в шахте уменьшается в несколько раз, так как там создается зона сжатия пород, а в зоне растяжения (снятия напряжения, или так называемой дальней зоне), напротив, наблюдается их более интенсивное разрыхление и соответственно концентрация радона увеличивается. Исследование временной динамики этих процессов позволяет в итоге предсказывать возможные сроки землетрясения.

На территории Оренбургской области и в непосредственной близости от ее границ также производились ядерные взрывы. Так, 11 подземных ядерных взрывов было проведено с целью создания подземных газовых хранилищ, емкостей для захоронения вредных отходов промышленности, для сейсмического зондирования земной коры [5, с. 16]. (По всей видимости, одно из таких искусственных землетрясений, вызванных подземным ядерным взрывом вблизи села Городище, пришлось пережить и автору.) Насколько они оказались оправданными, неизвестно. Можно, однако, предположить, что эф-

фективность этих взрывов была ничуть не больше, чем проведенных в Пермской области.

Самым драматичным из всех ядерных взрывов, произведенных на территории Оренбургской области, стал воздушный ядерный взрыв, осуществленный в районе села Маховки Тоцкого района в ходе «показательных» войсковых учений в 1954 г. Его результатом стало переоблучение нескольких десятков тысяч военнослужащих и гражданского населения, а также образование Тоцкого радиоактивного следа (ТРАС).

Масштаб этих учений до сих пор будоражит воображение, а экономическая нецелесообразность, пренебрежение к человеческим судьбам, характер политического шоу наводят на тревожные размышления.

В учениях приняло участие 45 тысяч военнослужащих, которым было придано 600 танков и самоходно-артиллерийских установок, 500 орудий и минометов, 600 бронетранспортеров, 320 самолетов и 6 тысяч тягачей различного назначения.

На учениях были приглашены все министры обороны дружественных стран, маршалы Советского Союза А. М. Василевский, К. К. Рокоссовский, И. С. Конев, Р. Я. Малиновский и др. Возглавлял учения Г. К. Жуков. На учениях также присутствовали руководители Министерства среднего машиностроения во главе с В. А. Малышевым, ведущие физики-ядерщики И. И. Курчатов, по всей видимости, Ю. Б. Харитон и др. Из руководства страны присутствовали Н. С. Хрущев и Н. А. Булганин [5, с. 8].

Ядерное устройство (бомба мощностью 40 килотонн тротилового эквивалента) было взорвано в междуречье рек Маховки и Елшанки (Тоцкий полигон) 14 сентября 1954 г. в 9 часов 34 минуты по московскому времени на высоте 350 м над землей [5, с. 9]. В результате взрыва на высоте 350 м образовалась светящаяся область сферической формы, а на поверхности земли произошло испарение влаги и образовался сильно разогретый пылевой слой с температурой до 800°К и протяженностью до 1 км.

Дальнейшая динамика взрыва сводилась к следующему.

В пределах секунды взрывная волна сформировала пылевой вал высотой около 200 м и диаметром 3,5 км. Через 3,6 се-

кунды после взрыва светящийся шар достиг высоты 714 м и начал темнеть. Через 4—5 секунд его настиг поднявшийся вслед огромный пылевой столб, который придал области взрыва грибовидную форму. Спустя 20 секунд свечение области взрыва прекратилось, и она начала окутываться слоем конденсированного водяного пара. Через минуту облако поднялось на высоту примерно 4 км, а через 7 минут — на высоту 5 км. В течение всего времени подъема облако сносило ветром в восточном направлении. Спустя 15—20 минут после взрыва облако и пылевидный столб рассеялись, а их остатки были унесены ветром [5, с. 9]. Вдоль оси, протянувшейся от места взрыва в восточном направлении с северной компонентой, образовался Тоцкий радиоактивный след. По оценкам специалистов, его длина составила 210 км, а осевая линия прошла от деревни Маховки Сорочинского района, через деревню Яшкино в сторону поселка Пушкинского Красногвардейского района (бывшая деревня Старобогдановка) и деревни Рождественки Александровского района [5, с. 12].

Аэросиноптические условия на 14 сентября 1954 г. согласно выданной заведующему Оренбургского облздравотдела В. Л. Блинову начальником Оренбургского областного центра по гидрометеорологии А. И. Ефимовым справке № 180 от 13 марта 1991 г. были следующими:

«По аэросиноптическим данным на 11 часов 14.09.54 западная половина области находилась под влиянием передней части барической ложбины с холодным фронтом, смещающимся с Европейской территории на восток. Перед холодным фронтом отмечалось падение давления, равное 1,9 мб/3 часа, за фронтом — рост 3,1 мб/3 часа. Температура воздуха составляла 15—20 градусов тепла. Отмечался ветер западной четверти силой 30—40 км/ч.

На высоте 850 мб поверхности (примерно 1, 5 км над поверхностью земли) наблюдался ветер ЗЮЗ направления, силой 60 км/ч; на высоте 700 мб (3 км) — юго-западный ветер силой 50 км/ч; на высоте 500 мб (5 км) — западный ветер силою 70/км/ч.

Таким образом, преобладающее направление переноса воздушных масс в нижнем слое атмосферы 14.09.54 было с запада на восток с южной составляющей. Следовательно, радио-

активное облако вероятнее всего оказало влияние на Сорочинский, Грачевский, Красногвардейский, Александровский, Пономаревский, Шарлыкский районы» [5].

Ближайшей к месту взрыва оказалась деревня Маховка (общей площадью 1 км²; 173 двора), расположенная в 4,5 км северо-восточнее центра цели. В 4 км северо-западнее центра цели располагался лесозаготовительный участок, состоявший из трех деревянных и нескольких глинобитных домов полуземляночного типа. В том же направлении, на расстоянии 5 км от цели, находилась деревня Орловка (87 дворов). К ней примыкали деревни Ивановка (62 двора) и Елшанка-2 (143 двора). Ближайшие двухэтажные деревянные дома находились на расстоянии 6,6 км от центра цели (школа в деревне Елшанка-2), кирпичные — на удалении 10,5—11 км (лагерь и поселок Тоцкое) [5, с. 8].

Войска, предварительно разделенные на «западных» (обороняющихся) и «восточных» (наступающие), изначально заняли позиции: обороняющиеся — в 10—12 км от центра взрыва; наступающие — в 5 км (за рекой Маховкой) [5, с. 12].

Примерно через 3 часа после взрыва был получен сигнал атаки, и бэтээры с бойцами в противогазах на борту проследовали в 600 м от эпицентра взрыва. Скорость движения в районе атомного удара составляла 5 км/ч, в зоне эпицентра — 8—12 км/ч [5, с. 11].

• Относительно времени начала атаки существуют разночтения. Так, из воспоминаний участников учений, приведенных в статье «Жаркий сентябрь 1954» [6], следует, что отдельные подразделения и военнослужащие приступили к выполнению своих задач ранее указанного времени: «...через 40 минут те, кто находился в укрытиях, вышли по команде для выполнения боевой задачи».

Из воспоминаний Б. Глебова: «Минут за 15 до взрыва я, связист Володя Зибров и водитель (оба с Украины) получили боевой приказ восстановить правительственную связь. Выехали, только концы соединили, и в это время взрыв. А мы на открытой местности, без всякой защиты! Потом мне очень плохо было — голова болела, тошнило, в госпиталь тогда нас всех направили. Сразу. Потом мать Зиброва написала мне, что умер он через год после демобилизации...» [6].

Из воспоминаний В. Бенцианова: «...Дали команду на бо-

евое построение и каждому поставили боевую задачу: кому связь смотать, что почти от самого эпицентра тянется, кому приборы прочь с постов вынести... Над нами снаряды, ракеты несутся, а где-то совсем недалеко впереди все это разрывается, и гул стоит неумолчный. А ты бегом к эпицентру... Потом новая команда: «По машинам!» Противогазы натянули в палатки закутались... (и начали преодолевать зону ядерного поражения. — *В. Л.*). <...>

Школа стояла на обочине дороги — одноэтажная, деревенская. Так весь венец срезало, на десятки метров отбросило и горит. А дальше страшнее. Лес проезжали — горит, а деревья, как противотанковые надолбы, в землю забиты и расщеплены. Стволы пушек в кольца свились. Воздух густой, жара под 40 градусов. И пыль. Не оседает. Кто из нас понимал тогда, как она опасна?» [6].

В результате свыше 20 тысяч солдат (наступающие) были вынуждены пройти в непосредственной близости от эпицентра взрыва ядерной бомбы. В живых из них к настоящему времени осталось менее 2% (190 человек) [5, с. 129].

В зоне взрывного воздействия оказалось несколько населенных пунктов. Ближайшие из них к эпицентру взрыва (Маховка, Орловка и Елшанка) сгорели полностью. Их населе́ние было заблаговременно эвакуировано. Жители других населенных пунктов, таких, как Тоцкое, Кинзелька и др., были лишь информированы о предстоящих учениях и получили рекомендацию в установленное время укрыться в домах или подвалах [5, с. 14].

В ходе испытаний оказались загрязненными жилые и сельскохозяйственные помещения, личные и общественные подворья, имущество жителей, скот, значительные территории с зерновыми и другими сельскохозяйственными культурами. Предписанные рекомендации оказались явно недостаточными и во многих случаях игнорировались. Таким образом, десятки тысяч местного населения были также необоснованно подвергнуты воздействию ядерного взрыва.

• Мнение местных жителей об их роли в этих «испытаниях» отражено в статье «Уральская Хиросима» [7]: «...как объяснить, что в ходе испытаний отселили население только ближайших деревень, тогда как райцентр Тоцкое, находившийся на расстоянии не более 10 км от эпицентра, жил по-

прежнему. Населению только посоветовали выйти из домов и не смотреть на вспышку. Известны также случаи, когда людей из населенных пунктов даже запрещали вывозить. В поселке Ключевской в 5 км от эпицентра ограничились лишь рекомендациями — скотину распустить по лесу, а селянам пооткрывать окна и снять все со стен... Спрашивается — это тоже запланированные «НИР» (научно-исследовательские работы) или полубезумное варварство? И секретность, никакой информации. Через каждые пять лет медицинская статистика и районные архивы регулярно уничтожались...»

Длительное время информация о Тоцких ядерных испытаниях официально не разглашалась, и лишь спустя почти 40 лет научной общественностью были предприняты первые попытки систематического исследования их последствий. Таковыми оказались пионерские медико-экологические исследования, проведенные сотрудниками Оренбургской государственной медицинской академии в 1993 – 1995 гг. под общим руководством профессора Виктора Михайловича Боева. Позднее, в 1994 – 1997 гг. к эколого-генетическому анализу Тоцкого ядерного взрыва приступили специалисты Института экологии растений и животных (ИЭРиЖ) УрО РАН из Екатеринбурга: доктор биол. наук, внештатный науч. сотрудник Васильев Алексей Геннадьевич; доктор биол. наук, внештатный науч. сотрудник Гилева Эмилия Абрамовна; канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник Васильева Ирина Антоновна; доктор биол. наук, ст. науч. сотрудник Лукьянов Олег Анатольевич; канд. биол. наук, науч. сотрудник Чепраков Михаил Иванович (лаборатория экологических основ изменчивости организмов); проф., доктор биол. наук, зав. лабораторией Безель Виктор Сергеевич; канд. биол. наук, науч. сотрудник Мухачева Светлана Валерьевна (лаборатория экодиагностики и нормирования); проф., доктор биол. наук зав. лабораторией экотоксикологии, Наум Моисеевич Любашевский; доктор биол. наук, зав. лабораторией Молчанова Инна Владимировна; науч. сотрудник Михайловская Людмила Николаевна; канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник Караваева Елена Николаевна (лаборатория радиоэкологии и химизации почв); канд. биол. наук, зав. отделом континентальной радиоэкологии (ОКР) и биофизической станции (БФС) Трапезников Александр Викторович; мл. науч. сотрудник Гусева Валентина Павловна; канд. биол. наук, науч. сотрудник Трапезникова Вера Николаевна;

доктор биол. наук, ст. науч. сотрудник Чеботина Маргарита Яковлевна; канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник Юшков Петр Иванович (ОКР, г. Заречный Свердловской области); канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник Нифонтова Майя Гедальевна (г. Екатеринбург); аспирант лаборатории экологических основ изменчивости организмов Нохрин Денис Юрьевич; а также специалисты Института физики металлов (ИФМ) УрО РАН канд. физ.-мат. наук, зав. лабораторией Романюха Александр Алексеевич и аспирант Игнатьев Евгений Анатольевич.

Часть из них — ученики Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского.

В ходе экспедиционных исследований в зоне влияния Тоцкого ядерного взрыва анализировались:

а) степень радиоактивного загрязнения почвы, воды, донных отложений, растительности;

б) хромосомные и иные нарушения у индикаторных видов грызунов (домашних мышей и полевок);

в) дозовые нагрузки у очевидцев испытаний;

г) состояние здоровья ветеранов учений 1954 г.;

д) состояние здоровья населения.

При определении ретроспективных доз у свидетелей испытаний впервые в практике екатеринбургских исследователей сотрудниками ИФМ УрО РАН А. А. Романюхой и Е. А. Игнатьевым были предприняты попытки использования современных методов ЭПР-дозиметрии [5, с. 26, 162].

В целях прогнозирования отдаленных последствий воздействия взрыва на потомков его очевидцев в качестве объекта аппроксимационной модели изучалась популяция индикаторых видов грызунов, сменяемость поколений в которой существенно выше по сравнению с человеком.

Радионуклидное загрянение почвы и растительности в районе ТРАСа исследовалось летом 1994 г. сотрудниками Отдела континентальной экологии и лаборатории почвоведения ИЭРиЖ УрО РАН.

Для уяснения степени загрязнения почвенного покрова были избраны десять точек отбора проб, находящихся на территории предполагаемой центральной оси следа, а именно: в районе бывшей дервни Маховки (эпицентр взрыва), вблизи деревни Пронькино, рядом с деревней Кинзелькой, около де-

ревни Грачевки (в 7 км к югу от деревни Яшкино), в районе поселка Султакай, на левом берегу реки Неть (в 4 км от деревни Рождественки), расположенных соответственно на удалении 4,25, 35, 105 и 120 км от эпицентра. Вместе с тем были отобраны пробы у деревни Кирсановки (старица реки Сорочки), поблизости от населенного пункта Павлово-Антоновки, в районе Нижнекристалки и вблизи деревни Дмитриевки, которые рассматривались в качестве контрольных. Пробы анализировались на содержание цезия-137, стронция-90 и плутония [5, 29—31].

• Учитывая геофизические соображения, приведенные в предыдущем разделе, можно предположить, что, как и в случае с ВУРСом, из-за взаимодействия сильно ионизированного аэрозоля с геомагнитным полем должны были наблюдаться искривление траектории ТРАСа к югу и самофокусировка радиоактивного облака.

В итоге было установлено, что максимальная концентрация цезия-137 (до 100 Бк/кг, или 2,7 нКи/кг) сосредоточена в поверхностном слое десятисантиметровой толщины, а на глубине 30—40 см она становится пренебрежимо малой. Плотность загрязнения цезием почвенно-растительного покрова вблизи всех указанных выше точек в 1,5—3 раза выше глобального уровня, равного 4,6 кБк/кг, т. е. составила (6,9—13,8) кБк/м^2. Концентрация цезия в растениях изменялась в широких пределах от 1 до 284 Бк/кг сухого веса [5, с. 46].

По содержанию стронция-90 (до 10 Бк/кг) все исследованные почвы ТРАСа были отнесены к категории низкосодержащих. Так же, как и цезий-137, стронций-90 на территории ТРАСа сосредоточен в верхнем десятисантиметровом поверхностном слое почвы. Плотность загрязнения почв стронцием-90 составляет примерно 1,7 кБк/м^2 [5, с. 154].

Особо важными оказались результаты исследования почв на содержание плутония. Например, было установлено, что наибольшая концентрация изотопов плутония находится на глубине 10—12 см и варьируется в пределах от 4,1 до 82,6 Бк/кг. Соответствующие значения плотности загрязнения этого слоя изменяются в пределах от 42 до 5284 Бк/м^2. Было отмечено, что уровень содержания плутония в поверхностном слое почв Оренбургской области в 2—20 раз превышает соответствующие характеристики в «неблагополучной» Брянской области

[5, с. 53—54]. Плотность загрязнения на ряде участков территории ТРАСа также существенно превышает уровень глобальных выпадений (44 Бк/м²). В частности, наибольшее превышение было зафиксировано для почв у деревень Кирсановки (1,6 кБк/м²) и Грачевки (5,5 кБк/м²). В целом же на обследованной территории поверхностное загрязнение плутонием в 1,5—5 раз превышает уровень глобальных выпадений [5, с. 57], что свидетельствует о локальном происхождении выявленных загрязнений.

Согласно выводам исследователей (И. В. Молчанова, Е. Н. Караваева, Л. Н. Михайловская), в настоящее время радиоэкологическая обстановка в зоне влияния Тоцкого взрыва не представляется опасной. Тем не менее вследствие процессов биологической и биохимической миграции распределение основных дозообразующих изотопов стало мозаичным, так что в отдельных зонах предметом повышенного внимания должен стать плутоний.

Исследования загрязнения стронцием-90, цезием-137 и тритием воды рек и прудов, а также донных отложений и водных растений (А. В. Трапезников, П. И. Юшков, М. Я. Чеботина и их сотрудники) показали, что содержание указанных радионуклидов на несколько порядков величин ниже предельного уровня, регламентированного нормами радиационной безопасности. Так, у деревни Маховки содержание стронция-90 в донных отложениях оказалось в пределах от 4 до 18 Бк/кг воздушно-сухой массы, в донных отложениях из пруда у Пронькино — до 27 Бк/кг, из реки Неть у деревни Рождественка — 29 Бк/кг. Это позволило заключить, что преобладающим источником накопления стронция-90 в донных отложениях на ТРАСе вероятнее всего являются глобальные выпадения.

При изучении накопления радиоактивных изотопов водными растениями было установлено, что из исследованных растений (кубышка, рогоз, ряска, кладофора) наибольшими коэффициентами обладает кладофора. Ее коэффициент накопления, например, по стронцию-90, составляет 22 260, что на порядок выше соответствующей характеристики у других названных растений. Следовательно, при выборе биоиндикаторов следует отдавать предпочтение именно кладофоре [5, с. 62].

При проведении эколого-медицинского анализа использовался статистический подход. Был изучен характер заболеваемости как у ветеранов Тоцких войсковых учений, так и у населения, проживающего в зоне влияния Тоцкого ядерного взрыва. При этом исследователи учитывали интегральное (не только радиационно обусловленное) воздействие экологически неблагоприятных факторов на человека.

В частности, под общим руководством В. Б. Боева исследовались:

а) увеличение частоты хромосомных аберраций, проявляющееся в росте числа раковых заболеваний, обусловленных экологически неблагополучной обстановкой;

б) наследуемые генетические нарушения (уродства и функциональные нарушения деятельности организма у последующих поколений), обусловленные нарушениями родительского детородного материала.

В настоящее время 31,3% ветеранов признаны инвалидами. В структуре их заболеваний наиболее распространенными являются болезни сердечно-сосудистой системы (74,5%), органов пищеварения (20,5%), злокачественные новообразования и болезни крови (4,5%). В последней группе больных частота заболевания раком легких при однократном радиационном воздействии составила 29,4%, при многократном — 70,6% [5, с. 127—128].

Многие из умерших ветеранов также страдали злокачественными новообразованиями и болезнями крови. В частности, для умерших от рака желудка средний летальный период составил 37,4 года; от рака кожи — 31 год [5, с. 128].

Было установлено, что у всех (100%) пациентов — участников Тоцких учений в той или иной мере возникла патология опорно-двигательного аппарата (чаще всего остеохондроз позвоночника) [5, с. 130].

Исследования также показали, что с 1960 по 1994 г. показатель смертности от новообразований на территориях, подвергшихся воздействию ТРАСа, возрос в 2,3 раза, это выше, чем у сельского населения в целом по всей Оренбургской области.

По всем нозологическим формам наблюдается рост заболеваемости новорожденных, а именно: увеличение врожден-

ных аномалий — в 1,6 раза, врожденных пневмоний — в 2,3 раза; внутриматочной гипоксии и асфиксии при родах — в 2,9 раза. Среди причин младенческой смертности врожденные аномалии составили 22,1% [5, с. 131] (естественный уровень врожденных уродств в популяции человека, согласно данным МКРЗ, считается равным 6,0%).

Для гражданского населения по сравнению с 1950 г. было зафиксировано резкое увеличение заболеваемости (в отдельных районах — в 1,8 раза), снижение рождаемости (в 2,6 раза) и увеличение смертности (в 1,8 раза). До сих пор сохраняется на высоком уровне младенческая смертность во внутриутробном и ближайшем послеродовом периоде (19 детей на 1000 родившихся). Высок процент смертности от врожденных уродств [5, с. 131].

Особо резкий рост младенческой смертности был зафиксирован в селах Янтарное (на 500% по сравнению с 1960 г.), Березовка (на 115%) и Пронькино (на 98,3%) Сорочинского района [5, 134].

В общей картине заболеваемости населения наблюдается прирост болезней с новообразованиями и увеличение смертности от них (см. таблицу).

Таблица

Динамика смертности от новообразований в районе ТРАСа, на 100 тыс. жителей

Район, пункт	1988	1994	Прирост
Тоцкий р-н	140	179	39
Сорочинский р-н	114	198	84
В частности пос. Пристанционный и пос. Кирсановка	159	254	95

Из приведенных данных следует, что наиболее неблагополучным является Сорочинский район [5, с. 132], где новообразования в пересчете на тысячу человек обнаруживаются у трех человек.

Специальные исследования показали также, что в Сорочинском районе 92% случаев заболевания раком легких обусловлено именно радиоактивным загрязнением и лишь 8% —

другими причинами. В этом же районе отмечается высокий процент женщин, заболевших опухолями матки, яичников и молочной железы [5, с. 132].

Особенно высока доля онкозаболеваний в селах Березовка (1,19 человек из ста), Янтарное (1,15 из ста) и Ивановка (3,85 из ста) В ряде случаев зафиксирована наследственная связь онкозаболеваний в семьях, пострадавших от ядерного взрыва.

В Грачевском районе наибольшее число больных со злокачественными новообразованиями было выявлено в населенных пунктах, расположенных на расстоянии 20—30 км от места взрыва, а именно в селах Яшкино, Малояшкино, Покровка и Новоникольское [5, с. 133].

В ходе исследований было обращено внимание на то, что наибольший эффект радиационного воздействия должен был наблюдаться в первые 10 лет после взрыва, так как основным дозообразующим изотопом был кобальт-60 с периодом полураспада 5,27 года. Поэтому, если исключить из рассмотрения жителей загрязненных территорий, родившихся после 1965 г., процент раковых заболеваний будет еще выше.

При обследовании состояния здоровья детей из аборигенных семей было установлено, что у них ведущими заболеваниями являются онкопатология, заболевания крови и кроветворных органов. При среднем показателе онкозаболеваемости по области 1,9 на 1000 детей в районе ТРАСа она составляет от 3,7 до 8, 3 в том же пересчете [5, с. 135].

Исследования по оценке состояния иммунного здоровья детей показали снижение у них иммунитета.

Анализ хромосомных аберраций у жителей населенных пунктов в эпицентральной зоне показал, что здесь среднее число клеток с обменными аберрациями хромосомного типа на порядок больше, чем в группе сравнения из благополучных районов. Было также обнаружено, что уровень хромосомных аберраций в детской подгруппе, у внуков очевидцев взрыва, в 3 раза больше, чем у предыдущих поколений.

Для уяснения тенденции увеличения хромосомных аберраций в последующих поколениях были изучены хромосомные аберрации в популяциях домовой мыши и рыжей полевки из зоны взрыва и с «чистых» территорий. С учетом суще-

ственно большего числа сменившихся за истекший период поколений этих грызунов по сравнению с человеком (на порядок выше) можно было заглянуть в будущее аборигенного населения. Обнаружилось, что в зоне взрыва у домовых мышей частота хромосомных нарушений стала больше в 1,7 – 2 раза, а у полевки в 8 – 15 раз [5, с. 156]. Это позволило сделать вывод о том, что данная зона является зоной повышенной генетической опасности.

Реставрация с помощью ЭПР-дозиметрии дозовых нагрузок, полученных гражданским населением (до 3 Гр из весьма небольшой группы обследованных), показала существенно более высокие дозы по сравнению с теми, которые были ранее установлены другими исследователями. Причем на долю внутреннего облучения в среднем пришлось не более 10 % [5, с. 163]. Эти и другие исследования показали также, что с удалением более чем на 20 км от места взрыва внутреннее облучение населения существенно снижалось.

Существенно большим как внешнее, так и внутреннее облучение могло быть для военных, поскольку они выполняли свои задачи ближе к эпицентру и находились в зоне интенсивного запыления.

Подводя итог, можно сказать, что проблемы, порожденные Тоцким ядерным взрывом, будут ощущаться еще не одним поколением, генетически связанным с очевидцами и участниками Тоцких испытаний 1954 г. К сожалению, еще будет пополняться и список жертв этого непродуманного мероприятия.

3.3. РАЗВИТИЕ ВЗГЛЯДОВ ПО СОВОКУПНОМУ ДЕЙСТВИЮ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЧЕЛОВЕКА. А. Л. ЧИЖЕВСКИЙ И ЕГО ВКЛАД В СОЗДАНИЕ УЧЕНИЯ ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ КОМФОРТЕ

Органическая жизнь невозможна без определенной физико-химической среды, с которой организм обменивается своим веществом и энергией и обеспечивает свою наибольшую устойчивость.

Понятие о среде как совокупности физико-химических факторов, воздействующих на организм, возникло давно. Уже знаменитый французский естествоиспытатель Жан-Батист Ламарк (1744—1829) дает соответствующее расширенное его толкование. Для Ламарка особенно важным представлялось изменение среды как условие возникновения новых форм организации жизни. Среда, по его мнению, играет в отношении организмов творческую роль, видоизменяя их. Приспособляемость организмов к среде — главное условие их выживания.

Несколько иного подхода в оценке роли среды придерживался французский философ, основатель позитивизма Огюст Конт (1798—1857), который и приписывал себе введение в научный лексикон термина «среда» (milieu). «Я ввел его, — писал Конт, — для того, чтобы дать точное определение не только тому текущему веществу, в которое погружен организм, но и всей совокупности внешних условий какого бы то ни было рода, необходимых для существования каждого данного организма» [1, с. 91].

Конт не допускал бесконечной изменчивости организмов под влиянием среды. По его мнению, взаимодействие между организмом и средой — есть взаимодействие неизменяемых сил, механическим образом приводящее к установлению гармонии между средой и организмом. Под физической средой Конт подразумевал совокупность метеорологических и геофизических данных, главным образом барометрическое, гигрометрическое, термическое и электрическое состояние атмосферы, т.е. те влияния, которые находятся в зависимости от совокупности геофизических условий.

Позднее Эрнстом Геккелем (Haeckel, 1834 – 1919), немецким биологом из Иенского университета, была создана особая наука – экология. В 1866 г. вышла его книга «Всеобщая морфология организмов», где впервые используется термин «экология» в современном понимании. Предметом изучения экологии становятся отношения организма с окружающей его внешней средой, понимаемой как совокупность условий существования. Эти условия частью органические, частью неорганические. Следовательно, экология должна изучать отношения организмов как с неорганической средой (физико-химической или космотеллурической), так и с органической, помимо изучения отношений между организмами [1, с. 91].

При этом приспособляемость организмов не должна ограничиваться только биологической приспособляемостью, а включать прежде всего физико-химическую приспособляемость. В ходе длительной эволюции живых организмов в жесточайших физико-химических условиях окружающей среды они выработали наибольшую сопротивляемость к ее действию и автоматические механизмы оптимальной саморегуляции. Однако при нарушении действия этих механизмов достаточно небольшого колебания какого-либо из внешних физико-химических факторов (температурного или барометрического), чтобы вывести организм из строя.

Динамичность окружающей нас среды зависит от процессов, которые в ней протекают, а именно: от химических превращений вещества окружающего мира и колебаний физического состояния, зависящих как от химических процессов, так и от разных механических явлений, обусловленных геофизическими и космическими факторами.

В связи с этим можно привести высказывание Ивана Петровича Павлова (1849 – 1936) о том, что «каждый животный организм представляет собою сложную обособленную систему, внутренние силы которой каждый момент уравновешиваются с внешними силами окружающей среды. Чем сложнее организм, тем тоньше, многочисленнее и разнообразнее элементы уравновешивания. Придет время – пусть отдаленное, – когда математический анализ, опираясь на естественно-научный, охватит величественными формулами уравнений все эти уравновешивания...» [1, с. 99].

Известный метеоролог Александр Викторович Клоссовский (1846—1917) писал: «Жизнедеятельность нашего организма находится в тесной связи и зависимости от метеорологических факторов»; «Важную роль играют также изменения в количестве и напряжении солнечной инсоляции и атмосферного электричества. Если бы мы могли построить графически изменения каждого из многочисленных метеорологических элементов за известный период, то, быть может, кривая заболеваемости и смертности явилась бы результатом своего рода информации всех метеорологических элементов. Наконец, влияние метеорологических условий отражается на деятельности нашего организма не только непосредственно, но и косвенно. Эти факторы заключаются в том, что ими создаются более или менее благоприятные условия для развития и размножения болезненных бактерий» [1, с. 99].

Непосредственное действие метеорологических факторов (в частности, циклонов и антициклонов) на организм человека было установлено русским врачом М. И. Нижегородцевым в 1894 г. при изучении им поведения душевнобольных. Выбор данного контингента был обусловлен тем, что у душевнобольных нервная система расстроена, поэтому приспособляемость к изменениям среды оказывается несовершенной. В результате своих наблюдений он пришел к следующим основным выводам [1, с. 102—104].

Важно не только качественное состояние погоды (значение давления, влажности, температуры и т.д.), но и значение колебаний этих параметров. То есть основное условие, влияющее на человека и его мозговую деятельность, заключается в значительном нарушении данного равновесия. Влияние погоды выражается тем сильнее, чем резче, внезапнее ее перемена, т. е. чем короче и реже само данное метеорологическое состояние и чем более оно отличается от предшествовавшего (смена циклона антициклоном и наоборот). При частом же повторном следовании одного и того же состояния, например циклона, эффект воздействия каждого последующего состояния слабеет и наконец совсем не обнаруживается.

Циклоны — их возникновение, особенно приближение к месту наблюдения и, наконец, само нахождение под ними — почти для всех душевнобольных создают неблагоприятные

условия, так как действуют на них ухудшающе, возбуждающе и приводят иногда к весьма тяжелым последствиям.

Согласно М. И. Нижегородцеву, действие циклонов зависит:

а) от их силы и интенсивности (что выражается в величине перепада давления и близости изобар на синоптической карте);

б) от географического положения барометрического минимума к месту наблюдения;

в) от направления их передвижения по отношению к последнему.

Всего сильнее бывает воздействие зимних, весенних и осенних циклонов, сопровождающихся повышением температуры (оттепелью), выпадением осадков, сильными ветрами и бурями южного и отчасти юго-западного происхождения. Действие циклона более выражено, когда изобары на синоптической карте замкнуты.

Антициклонам (зимним, осенним и весенним) свойственно более благоприятное влияние, хотя и возбуждающего, но укрепляющего свойства.

Весьма неблагоприятным является метеорологическое влияние, когда место наблюдения находится в области, лежащей между циклоном и антициклоном, в особенности, когда они сближены и в разграничивающей их области дуют сильные ветры и появляются осадки.

Метеорологические условия могут явиться толчком к проявлению психозов. Степень влияния метеоусловий по возрастающей отражает такая их последовательность [1, с. 105]:

а) атмосферное давление;

б) температура;

в) осадки (снег, дождь);

г) сильные ветры и бури;

д) относительная влажность и облачность.

В совокупности с этими факторами не исключено и влияние атмосферного электричества и магнетизма.

Реакция организма на метеорологические явления, как правило, является следствием действия не одного, а совокупности метеоэлементов. Между мозговым состоянием и данным возбудителем должно существовать известное соотношение —

пороговое значение. Для достаточного возбуждения важна не только интенсивность возбудителя, но и контраст, отсутствие привычки, т. е. необходим так называемый эффект интерференционного суммирования, когда суммирующий результат больше, чем при алгебраическом суммировании.

Пониженное барометрическое давление вызывает ряд изменений в сердечно-сосудистой системе, что особенно проявляется при патологии сердца и сосудов, когда резкие колебания барометрического давления в сторону понижения могут стать причиной разрывов патологически изменившихся сосудов. Многие врачи считают, что в данном случае воздействие пониженного давления на организм начинается с брюшной полости [1, с. 107]. При растяжении брюшных покровов происходит переполнение внутрибрюшных сосудов и изменение работы сердца, что, в свою очередь, вызывает колебания внутрисосудистого давления, которые и приводят к разрыву патологически измененных сосудов. То есть, сидя у себя дома во время резкого падения показаний барометра, мы, образно говоря, оказываемся в положении туриста, поднимающегося на высокую гору, когда, как известно, дыхание становится более затрудненным, в ушах начинается шум и усиливается работа сердца.

Несколько позже было установлено:

1) что метеорологические условия влияют непосредственно, хотя и разными способами на метаболизм жизни, под которым понимаются окислительные процессы, происходящие в разных тканях организма;

2) что из всех жизнеобеспечивающих факторов организма наибольшему влиянию со стороны метеорологических перемен подвержена остаточная энергия, употребляемая на умственную деятельность;

3) что количество эмоций также всецело находится под влиянием метеорологических факторов;

4) и, наконец, что поступки составляют результат избытка остаточной энергии, не направленной на полезную деятельность [1, с. 109–110].

Химический подход к влиянию метеорологических факторов прежде всего может быть связан с термическим фактором. Известно, что скорость течения химических реакций ко-

леблется в огромных пределах: от долей секунды (реакция взрыва) до сотен тысяч лет (например, воздействие атмосферных водяных паров на горные породы). Повышение температуры вызывает ускорение любых химических реакций. В частности, повышение температуры на десять градусов увеличивает их скорость приблизительно в два раза. А такая интенсификация реакций неизбежно приводит к изменению характера взаимодействия организмов с окружающей средой.

Физиологи связывают с этим, например, весеннее усиление секреторной деятельности нашего организма. Весной повышается жизнедеятельность клеток организма, особенно клеток желез внутренней секреции, являющихся основными «химическими лабораториями» нашего организма. Повышение жизнедеятельности этих клеток выражается в усилении обмена веществ между ними и окружающей их средой — кровью, в которую начинает поступать большое количество секреторной жидкости определенного химического состава, оказывающей «пробуждающее» влияние на организм [1, с. 115—116].

Пусковым механизмом физико-химических процессов, приводящих к весенним аномалиям в нервно-психической деятельности человека, служит увеличение количества света, начиная с весеннего равноденствия, так как динамика ряда физиологических явлений четко следует за колебаниями количества света и тепла. «Солнечный луч как бы приводит в движение лишь спусковой механизм» [1, с. 571].

Действие солнца на человеческий организм проявляется, прежде всего в изменении химизма кожного пигмента, который играет важную роль в тепловой регуляции и защите организма от болезнетворных агентов.

Действительно, воздействие солнечного света на кожу вызывает избыточное наполнение сосудов кровью (гиперемию) с расширением капилляров. Распространяясь не только на капилляры кожи, но и на область глубоколежащих сосудов, это воздействие приводит к снижению артериального давления и ускорению сокращений сердца в течение всего времени облучения. При этом наибольший эффект повышения кровяного давления отмечается при синем и ультрафиолетовом свете [2, с. 58].

Влияя на кровеносные сосуды, свет изменяет и физико-химические свойства самой крови. Так, при увеличении освещенности наблюдается увеличение числа эритроцитов и гемоглобина. Эти изменения в химическом составе крови и влекут изменения в общем состоянии организма, его нервном тонусе.

Ультрафиолетовое облучение оказывает на атмосферный воздух двоякое воздействие. С одной стороны, при облучении воздуха ультрафиолетовыми лучами образуется озон, который при соответствующих концентрациях оказывает в какой-то степени благотворное воздействие на организм человека.

• Данный тезис, по всей видимости, дискуссионен. Так, по А.Л.Чижевскому, то или иное количество озона в атмосфере или помещениях является для биосистем скорее вредным, чем полезным. Благотворное влияние дождя, зачастую приписываемое озону, который при нем выделяется, состоит в другом и к озону прямого отношения не имеет, так как, по А. Л. Чижевскому, молекулы озона слишком тяжелы, их окислительные свойства являются излишне высокими, а транспортные свойства низки. Легкое же обнаружение этого газа по характерному запаху позволяет рассматривать его лишь в качестве удобного индикатора комфорта или дискомфорта среды.

Предельно допустимое содержание озона в воздухе жилых и общественных помещений составляет 0,01 мкг/л. Концентрация в пределах 1 мкг/л считается легкопереносимой при кратковременном пребывании в помещении, а концентрация в 18 мкг/л вызывает раздражение дыхательных путей и может приводить к пневмонии со смертельным исходом.

С другой стороны, облучение ультрафиолетом приводит к ионизации воздуха. Возникающие при этом отрицательные аэроионы оказывают положительное воздействие на живые организмы.

Именно открытие незаменимой функции аэроионов, всестороннее изучение их роли и осмысление аэроионизации как экологического фактора стало одной из выдающихся заслуг Александра Леонидовича Чижевского, его замечательным вкладом в науку об окружающей среде и экологическом комфорте. Последующее многоплановое рассмотрение проблемы аэроионизации приводит Чижевского к выявлению особой роли для биосистем радиации вообще и солнечной радиации в частности, а также к выявлению разноплановой роли электромагнитных полей в механизме действия солнечной активности как экологического фактора.

Масштаб дарования А. Л. Чижевского (1897—1964), бе-

зусловно, одного из крупнейших ученых XX в., в настоящее время еще не вполне осмыслен, хотя известно о нем , казалось бы, немало [см. например: 3—5]. В то же время в большинстве изданий сведения о жизни ученого разрозненны, а об уральском периоде в них и вовсе практически ничего не упоминается. Поэтому постараемся по мере возможности восполнить пробелы его биографии.

Александр Леонидович Чижевский родился 7 февраля (26 января по ст. ст.) 1897 г. в семье кадрового военного (впоследствии генерала) в посаде Цехановец Гродненской области. В 1913 г. он переезжает в Калугу, где в том же году поступает в реальное училище. Во время учебы знакомится с К. Э. Циолковским, под влиянием которого, по всей видимости, приобретает устойчивый интерес к космической проблематике, и в 1915 г. приступает к систематическому изучению влияния на организм возмущений в солнечной деятельности. К этому времени относится и его знакомство с работами по атмосферному электричеству, в которых указывалось на явное биологическое воздействие аэроионов. В том же 1915 г. он выступает с докладом «Периодическое влияние Солнца на биосферу Земли» в Московском археологическом институте и становится его студентом. Но ненадолго.

• Следует подчеркнуть, что термин «биосфера», впервые введенный в узкоспециальный научный лексикон в 1875 г. австрийским геологом Эдуардом Зюссом (Suess, 1831—1914), повторно был использован в 1911 г. В. И. Вернадским. В то время он, однако, еще не имел столь широкого хождения, какое приобрел с выходом в свет в 1926 г. знаменитого одноименного труда Чижевского. В этом отношении сразу же отчетливо проявила себя примечательная для всей дальнейшей творческой деятельности А. Л. Чижевского его поразительная прозорливость.

В 1916 г. в качестве вольноопределяющегося Чижевский уходит на фронт, участвует в боях за Галицию, получает Георгиевский крест 4-й степени, затем из-за ранения возвращается к учебе в институте. В 1917 г. Александр Леонидович защищает магистерскую диссертацию на тему «Русская лирика XVIII века», а в марте 1918 г. защищает на ученом совете историко-филологического факультета Московского университета диссертацию на тему «Исследование периодичности всемирно-исторического процесса».

В том же году, став вольнослушателем физико-математи-

ческого и медицинского факультетов университета, он сосредоточивается на изучении роли полярности аэроионов в их воздействии на живой организм и впервые применяет источник тока высокого напряжения с выпрямителем, позволяющим получать электрическое истечение в воздух аэроионов той или иной полярности [6, с. 45].

2 января 1919 г. в Калуге Чижевский приступает к своим знаменитым экспериментам над крысами [3, с. 36], а в декабре в докладе «Униполярная ионизация воздуха как важнейший физиологический деятель атмосферного электричества» убедительно показывает благотворное влияние на организм животных аэроионов отрицательной полярности и неблагоприятное – положительных [6, с. 45]. Этот результат становится известен выдающемуся шведскому физикохимику Сванте А. Аррениусу, автору блестящих работ по изучению биологического воздействия атмосферного электричества, и получает его положительную оценку.

В 1920–1922 гг. Александр Леонидович проводит серию опытов с отрицательными аэроионами и окончательно приходит к выводу о необходимости рассматривать их как целебный и благотворный фактор. В 1922 г. Чижевский завершает учебу в МГУ и (параллельно!) утверждается в звании профессора Московского археологического института. В том же году в докладе «Влияние периодической деятельности Солнца на возникновение и развитие эпидемий», прочитанном в Калуге, он впервые заявляет о «влиянии электрических, магнитных и электромагнитных пертурбаций во внешней физико-химической среде на возникновение, распространение и интенсивность эпидемий», а также высказывает ряд новых теоретических соображений [1, с. 11]. В 1924 г. эти соображения ученый развивает на статистически обработанном материале по исследовниию азиатской холеры (брошюра «Физические факторы исторического процесса»), который показывает синхронность развития эпидемий и активности Солнца.

В то же время он отмечает, что биоразнообразие и степень развития растительности различных географических зон (например, несоответствие между своеобразной и пышной растительностью полярных стран и относительно малым количеством в них солнечного света) определяются не только бла-

гоприятным сочетанием их метеорологических элементов, но и — что, пожалуй, даже более важно — характеристиками атмосферного электричества. Для подтверждения этого Чижевский тщательно исследовал и проанализировал изменение аэроионного режима при ветрах разных направлений и пришел к выводу о наличии в каждой конкретной местности устойчивых тенденций в этом явлении, т. е. существовании аэроионной розы ветров. Этот вывод можно считать качественно новым этапом развития современной климатологии и метеорологии. Аэроионная роза ветров может иметь первостепенное значение и при выборе мест для строительства санаториев, курортов, домов отдыха и др., т. е. она может играть важную роль в развитии курортологии и науки об экологическом комфорте. В прикладном аспекте это особенно актуально для северных, в том числе уральских, территорий.

В период с 1924 по 1931 г. А. Л. Чижевский продолжает исследовать действие униполярных аэроионов на экзотических животных и даже насекомых в Практической лаборатории зоопсихологии Главнауки Наркомпроса, более известной в широких кругах как «уголок Дурова» на Старой Божедомке. Владимира Леонидовича Дурова очень интересовали эксперименты по влиянию аэроионов на животных и людей, в связи с чем он постоянно настаивал на продолжении и углублении Александром Леонидовичем этих опытов. Мысль о превращении любого помещения в электрокурорт с достаточным числом аэроионов весьма привлекала и сотрудника «уголка Дурова» профессора-физиолога Александра Васильевича Леонтовича. Эта идея в виде аэроионоаспиратория для обезьян была реализована в большом зале лаборатории в 1927 г., для чего к потолку были подвешены две элекроэффлювиальные люстры Чижевского (см. ниже), приводившиеся на 20 минут в действие два раза в день.

Вскоре эти работы Александра Леонидовича стали известны за границей и вызвали международный научный резонанс. Одними из первых ими заинтересовались французские медики. В 1929 г., благодаря его статьям, во Франции появляется термин «аэроионотерапия» и начинает развиваться соответствующее научное направление, а самого Чижевского избирают членом Тулонской академии наук. В том же году его приглашают прочесть курс биофизики в Колумбийском универ-

ситете, а в 1930 г. медицинская ассоциация США командирует в СССР своего представителя для подробного ознакомления с исследованиями ученого и очередным выгодным предложением (8 месяцев поработать в качестве консультанта по аэронификации с контрактной оплатой в 80 тыс. долларов). Не остались незамеченными труды Чижевского и в Великобритании, откуда ему поступило предложение продать патент на изобретенную им люстру. На это он ответил решительным отказом и безвозмездной передачей своего изобретения в полное распоряжение своей страны.

Помимо прикладной работы в «лаборатории Дурова», в 1924—1930 гг. Александр Леонидович занимается сбором обширнейшего статистического материала по многолетней динамике самых различных процессов биосферы, что дает ему возможность выступить с хорошо обдуманной концепцией их связи с циклами солнечной активности. Примечательно, что знаменитые 11-летние циклы пришли в науку и были заимствованы Чижевским не из астрономических, а из климатологических и биологических статистических сведений. Такой подход, несмотря на безусловно известные ему передовые идеи самых «запретных» тем астрофизики, был обусловлен категорическим неприятием в широких научных кругах каких-либо астрологических теорий, статус которых расценивался почти как «неприличный».

Об изначальном же понимании Чижевским астрономического существа вопроса свидетельствуют многие его высказывания. Так, исследователь творчества ученого В. Н. Ягодинский указывает: «...он считал, что периодическая деятельностиь Солнца — процесс не вполне самостоятельный» [3, с. 64]. Более развернутый тезис можно найти у самого Александра Леонидовича: «Есть веские основания думать, что он [процесс периодической деятельности] находится в определенной зависимости от размещения планет Солнечной системы в пространстве, от их констелляций (положения относительно созвездий. — *В. Л.*) по отношению друг к другу и к Солнцу. Уже много лет назад астрономы предположили, что Солнце представляет собой тончайший инструмент, который учитывает все влияния планет соответственными изменениями» [там же].

Исходные климатологические сведения о периодических «возмущениях климата» А. Л. Чижевский получил в 20-х гг. у известного климатолога М. А. Боголепова, а также у видного геофизика того времени, директора Иркутской обсерватории В. Б. Шостаковича, который одним из первых занялся статистическим анализом цикличности природных явлений и натолкнул Александра Леонидовича на работу профессора Одесского университета Ф. Н. Шведова «Дерево как летопись засух». В ней на примере исследования колец среза ствола акации фиксировалось наличие 10-летней цикличности в выпадении количества атмосферных осадков. Заслуга же выяснения причин такой периодичности принадлежит американскому исследователю А. Дугласу, который 11-летнее чередование колец быстрого и медленного роста секвойи связал не только с колебаниями климата, но и с 11-летней цикличностью деятельности Солнца. Особое впечатление на Чижевского (и, кстати, на В. И. Ленина) прозвел печально подтвердившийся прогноз известного русского геофизика Владимира Александровича Михельсона, который еще в 1920 г. предупреждал советское правительство о грядущей крупной засухе в 1921 г.

Дальнейшие поиски привели А. Л. Чижевского к профессору Московского университета; известному зоологу и энтомологу Н. М. Кулагину. От него он узнал, что еще в 1870 г. другой замечательный русский энтомолог Федор Петрович Кеппен в книге о саранче, установил 11-летний цикл ее размножения, совпадающий с цикличностью Солнца.

Таким образом, принципиально необходимые данные по цикличности в природных явлениях были накоплены прежде всего в биологической науке.

Физическую же сторону вопроса в 1900 г. обосновал работавший в США известный английский астроном Эрнест Уильям Браун (1866—1938) [3, с. 65]. Согласно его предположению, планеты силой своего притяжения вызывают приливы в газообразном веществе Солнца, подобно тому, как Луна образует морские приливы на Земле. Эта теория в настоящее время получила подтверждение, и в периодах солнечной активности были обнаружены периоды планетных движений [7].

К 1928 г. А. Л. Чижевский набрасывает развернутый про-

спект книги «Солнечный пульс Земли (жизни)», рассчитанной на 50 печатных листов, под условным названием «Солнце и человечество». Отдельные разделы этой рукописи в период с 1927 по 1928 г. вышли в виде статей в «Русско-немецком медицинском журнале», а в 1930 г. — в другой книге ученого под названием «Эпидемические катастрофы и периодическая деятельность Солнца». В 30-х гг. парижское издательство «Гиппократ» обратилось к Александру Леонидовичу с предложением выпустить его труды во Франции сначала в виде продолжающейся серии статей, а потом отдельной книгой [3, с. 60]. В 1931 г. он подготовил такую книгу, известную теперь (вышла спустя 64 года, в 1995 г.) под названием «Земля в объятиях Солнца» [1]. В последующем он был намерен продолжить ее, но сложившиеся обстоятельства помешали этому. Лишь фрагмент этого капитального труда был опубликован в 1938 г. на французском языке в издательстве «Гиппократ» под названием «Les Épidémies et les perturbations electromagnétiques du milieu exteriéur» («Эпидемии и электромагнитные возмущения внешней среды»). К русскому читателю она возвратилась в обратном переводе с французского лишь спустя 35 лет, в 1973 г., под названием «Земное эхо солнечных бурь» [3, с. 60].

Опираясь на свои исследования, в 30-х гг. Александр Леонидович выступил в научной печати с предложением экранировать больничные палаты от губительных лучей солнечно-земной среды и настоял на организации во Франции первой Медицинской службы Солнца (1932—1938), которую возглавили профессора М(ишель?) Фор (M.Faure) и Г(ийом?) Сарду (G. Sardou) [3, с. 126].

В 1931 г. работам профессора А.Л. Чижевского было уделено должное внимание и в нашей стране. Постановлением Совнаркома СССР учреждается Центральная научно-исследовательская лаборатория ионификации (ЦНИЛИ). Александр Леонидович становится ее директором и получает премию за свои исследования.

С переходом на эту должность он оставляет «уголок Дурова» и приступает к не менее грандиозному, чем план ГОЭЛРО, плану аэронификации СССР [6, с. 56—62; 7].

Популярно суть этого плана, который исходил из доказан-

ности положительного воздействия отрицательных аэроинов на здоровье человека и животных, сводилась к тому, чтобы повсеместно насыщать аэроионами воздух помещений, промышленных предприятий, медицинских учреждений, общественных зданий, квартир, животноводческих ферм, теплиц, птичников и даже улиц крупных городов.

В промышленности это сулило повышение производительности труда на 15—20% при снижении заболеваемости рабочих почти на треть, в сельском хозяйстве – увеличение урожайности на 30—40%, а в животноводстве — ускорение роста скота и надоев на 20—25%! [8].

На ассигнованные правительством средства к работе в Центральной научно-исследовательской лаборатории ионификации были привлечены видные зоотехники, врачи, физиологи, биохимики. В исследованиях, выполненных ЦНИЛИ или по ее заданиям, приняли участие до 50 заметных научных деятелей.

Так, доктор биологических наук А. А. Передельский возглавил биологическое отделение ЦНИЛИ. Под его руководством на дрозофилах были изучены эмбриональное развитие под действием униполярных аэроионов, первичные механизмы биологической реакции на аэроионы, последствия их воздействия; также были установлены дозировки ионизации. В этой связи любопытно отметить, что впоследствии, касаясь проблемы влияния радиоактивного излучения, Александр Леонидович Чижевский, как и Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский, придерживался исключительно бездозовой концепции [6, с. 110].

Профессор зоологии МГУ Г. А. Кожевников консультировал проводимые лабораторией опыты над пчелами. По вопросам промышленного птицеводства консультантами были видные специалисты профессора Б. И. Куров и В. В. Фердинандов. Академик А. В. Леонтович курировал исследования по влиянию аэроионов на животных.

В качестве консультанта-физиолога из Ленинграда был приглашен профессор Л. Л. Васильев. Он и его сотрудники выполнили необходимые работы по расшифровке механизма воздействия униполярных аэроионов. Летом 1932 г. Васильев и Чижевский впервые экспериментально обосновали концепцию органического электрообмена, позволившую прибли-

зиться к пониманию механизмов физиологического действия униполярных ионов. Эти исследования по электрообмену продолжались и в 1933—1936 гг., а затем велись в 1939—1941 гг., когда при Управлении строительства Дворца Советов под руководством А. Л. Чижевского были созданы еще две лаборатории аэронификации.

По программам ЦНИЛИ в качестве разработчика физического оборудования и методов исследования работал и упомянутый ранее (см. гл. 3.1) профессор Леонид Николаевич Богоявленский. В 1938—1939 гг., благодаря прогрессу в технических разработках, были созданы условия для проведения соответствующих эксериментов на транспорте [6, с. 61].

О размахе исследований лаборатории свидетельствуют два капитальных тома, изданных в 1933—1934 гг., и список законченных исследований, которые должны были составить содержание еще двух томов. Труды ЦНИЛИ в скором времени были переведены на многие иностранные языки и получили мировое признание.

Повышенный интерес к деятельности лаборатории Чижевского проявили и знаменитые отечественные писатели Александр Романович Беляев (1884—1942) и Михаил Афанасьевич Булгаков (1891—1940). Произведение последнего «Роковые яйца», появившееся в 1924 г., блестяще предвосхитило одно из научных направлений работы этой лаборатории и стало, по всей видимости, отголоском развернувшейся в начале 20-х гг. дискуссии в научных кругах, тесно связанных с А. Л. Чижевским. Вполне вероятно, что о сути «яичной проблемы» М. А. Булгаков узнал от самого Александра Леонидовича, поскольку в литературных кругах ученый был известен как председатель Калужского отделения Всероссийского союза поэтов и активно участвовал в литературной жизни столицы. Поразительна перекличка «Роковых яиц» и со статьей Александра Леонидовича «Опыты применения метода ионификации при инкубировании яиц», опубликованной в первом томе работ ЦНИЛИ «Проблемы ионификации» (Воронеж, 1933, с. 167—218).

• Истоки «яичной проблемы» можно найти в трудах князя Дмитрия Алексеевича Голицына [3, с. 133], который, будучи высококультурным человеком с разносторонними интересами и живя во Франции и Нидерлан-

дах, еще в 1778 г. в работе «Письма о некоторых предметах электричества, адресованные Императорской Академии наук в Санкт-Петербурге» на экспериментальном материале показал, что подвергшиеся электризации куриные яйца высиживаются наседкой на сутки быстрее, чем обычно.

Суть благотворного действия отрицательных ионов воздуха на организм (или упрощенно – благотворных аэроионов) выяснялась и уточнялась А. Л. Чижевским в течение всей его творческой жизни. Вкратце же основные подходы воздействия аэроинов на организм в порядке их формирования сводились к следующему.

Согласно А. Л. Чижевскому, благотворное влияние на организм оказывает некий переизбыток легких отрицательных аэроионов над положительными при определенной концентрации ионов в воздухе. Как отмечалось выше, при нормальных условиях при ясной погоде вблизи поверхности земли всегда наблюдается преобладание положительных ионов. Так как тело человека имеет потенциал земли, т. е. заряжено отрицательно, электрические токи в нем имеют вполне определенное направление, а именно текут сверху вниз. Эти токи, текущие через наш организм либо по его периферической части (по телу или одежде), очень слабы и явно нами не ощущаются [1, с. 609]. Но поскольку они действуют на нас постоянно, иногда изменяясь по величине, то их влияние на нервную систему не может оставаться незамеченным, а при излишне частом несоответствии величины этих токов нормальным значениям их воздействие должно приводить к патологическим явлениям.

В нормальной естественной среде в безветренную погоду к нашему телу притягиваются лишь так называемые легкие аэроионы. В основном это ионизированные молекулы кислорода (азот не образует отрицательных ионов). Однако в воздухе их всегда бывает меньше, чем тяжелых. Последние не оказывают на нас какого-либо влияния, так как из-за своей массивности остаются в воздухе почти неподвижными и силы притяжения нашего тела на них практически не сказываются. Однако достаточно подуть легкому ветерку, как в процесс «бомбардировки» нашего тела вовлекаются и эти ионы, отдавая телу свои заряды [1, с. 610]. Исследование болезни, возникающей при альпийских «фенах» — ветрах, переваливающих через горный массив, показали, что они несут воздух с

чрезмерной положительной ионизацией. Этот и многие другие факты привели к установлению отрицательного воздействия на организм положительных ионов.

Другой механизм влияния ионизированного воздуха состоит в проникновении ионов в легкие, откуда они попадают в кровь [1, с. 611] и разносятся ею по организму, вызывая биологические эффекты (см. гл. 3.1).

Исследование проблемы биологического действия аэроионов привело А. Л. Чижевского к созданию нескольких интересных и необыкновенно полезных приборов — генераторов аэроионов, которые в настоящее время нашли широкое распространение как средство оздоровления и улучшения качества воздуха в жилых и рабочих помещениях. Один из таких приборов — электроэффлювиальная (от греч. «эффлювий» — истечение) люстра Чижевского [см. цикл статей 9—12]). Ее действие основано на следующем.

Как показали исследования, наиболее ионизирован и наиболее полезен для здоровья воздух на высоте 1—2 м от поверхности земли. Немаловажным при этом оказывался и рельеф местности, минеральный состав ее поверхности. Так, в чистом атмосферном воздухе на равнине содержится максимум 600 пар ионов, а в горах — 1000 пар ионов и более на 1 $см^3$. Поэтому даже на невысоких горах кровь более качественно насыщается ионами, что в конечном итоге оптимизирует обмен веществ. При небольшом удалении от поверхности земли количество аэроионов уменьшается, и на высоте 10-го этажа их практически уже нет. В помещениях из-за наличия искусственных электромагнитных полей и пыли отрицательных аэроионов в 10—15 раз меньше, чем на открытом воздухе. Этому также способствуют и раскаленные спирали бытовых электроплит и печей, которые выделяют в помещения, где они находятся, огромное количество положительных ионов, приводящих к почти полной рекомбинации благотворных отрицательных ионов, что вредно отражается на здоровье человека. Следует отметить, что хотя количество аэроионов в воздухе ничтожно — одна триллионная доля от общего числа нейтральных частиц воздуха — их роль для самочувствия человека существенна. Удаление аэроионов приводит, в частности, к головным болям, головокружению и т. п., что указы-

вает на необходимость присутствия данного экологического фактора.

С помощью люстры Чижевского в настоящее время лечат заболевания сердечно-сосудистой системы (тромбофлебит, гипер- и гипотония, стенокардия, незначительные нарушения мозгового кровообращения), болезни дыхательной системы (ОРЗ, тонзиллит, бронхит, бронхопневмония, 1-я степень туберкулеза), болезни обмена веществ (бронхиальная астма, дерматит и другие проявления аллергии), болезни пищеварительной системы (язва желудка и двенадцатиперстной кишки), болезни нервной системы (стресс, утомляемость, невроз, невралгия) и т. д.

Еще один способ влияния аэроионов на организм, по Чижевскому, это их опосредованное воздействие через нарушение бактериального равновесия в биожидкостях.

Действительно, так как тела бактерий представляют собой сложные коллоидные системы, несущие по преимуществу отрицательные ионы, то под влиянием ионов противоположного знака они могут легко нейтрализоваться и выпасть из раствора (коагулировать), в то время как ионы того же знака могут усилить их или стабилизировать. Из этого следует, что питание, рост и размножение бактерий в живом организме находится в прямой зависимости от количества свободных ионов в биожидкостях и изменение концентрации последних должно приводить соответственно к росту и размножению бактерий. Таким образом, количество ионов в биожидкостях оказывается тесно связанными с их бактериосодержанием, а через это и с состоянием живого организма.

Идея аэроионов как биокатализаторов, влияющих на равновесие обменных процессов организма, в частности в его кровотоке, на многие годы становится для А. Л. Чижевского центральной.

С учитом того, что система «воздух – кровь» является самой важной во взаимодействии организма с внешней средой, физическое состояние вдыхаемого воздуха должно быть для организма небезраличным. А так как эритроциты, тромбоциты и лейкоциты несут заряды отрицательного знака, то дополнительное влияние на них отрицательных аэроионов должно предотвращать их разрядку, а значит, и способность к коагуляции.

Вместе с тем количество аэроионов в атмосферном возду-

хе очень мало по сравнению с числом нейтральных молекул (при нормальных условиях 800 — 1000 на 1 $см^3$), и их относительно малые средние энергии (31,2 эВ) со всей очевидностью указывали на приоритет явно непрямого энергетического воздействия аэроионов на их некую кодовую (информационную) функцию, необходимую для запуска того или иного физико-химического механизма реакции организма на изменения окружающей среды.

Вероятно, те же функции в метаболизме живых организмов, как было отмечено самим Александром Леонидовичем, выполняет и лунный свет [1, с. 613, 622]. И хотя его доля (0,00016% по силе света) по сравнению с солнечным светом невелика, однако с учетом принципиальных различий между ними в поляризации (лунный свет поляризован) он может оказаться более важным для срабатывания кодового механизма.

По предположению А. Л. Чижевского, нарушения во внешней среде (т.е изменения «кода») влекут соответствующие изменения в физикохимии организма и тем или иным путем могут оказывать воздействие на молекулярную структуру половых клеток, в которых заложены механизмы изменчивости растительных и животных форм.

Таким образом, еще в 30-х гг. Чижевский вплотную подошел к проблеме кодирования и изменения физико-химической информации в ее материальных носителях.

Подводя итог исследованиям по аэронификации вплоть до начала Великой Отечественной войны, можно отметить, что главные ее проблемы были решены в нашей стране. А именно:

— было строго научно доказано благотворное действие на организм аэроионов отрицательной полярности;

— были выяснены дозировки отрицательных аэроионов, обладающие наилучшим действием на организм, без каких-либо вредных последствий;

— была разработана элекроэффлювиальная аппаратура, позволяющая ионизировать воздух помещений независимо от величины их кубатуры [6, с. 62].

В 1939 г. А. Л. Чижевский был заочно избран почетным президентом I Международного биофизического конгресса в Нью-Йорке и представлен группой выдающихся ученых (А. Д'Арсонвалем, П. Ланжевеном и др.) к Нобелевской премии.

Из 23 пунктов Меморандума его выдвижения на Нобелевскую премию приведем цитату лишь из одного (§17): «Тот факт, что жизнь биосферы Земли зависит от солярных явлений, давно стал трюизмом. Но впервые проф. Чижевский показал степень этой зависимости и ее интимную глубину. В этом заключается его громадная заслуга. Он раскрыл механизмы, тщательно засекреченные природой, показав, что живая клетка является тончайшим и избирательным резонатором для определения корпускулярных и электромагнитных процессов внешней среды» [3, с. 267].

От выдвижения на премию А. Л. Чижевский отказался «по этическим мотивам», а точнее, под давлением высоких инстанций [1, с. 740]. «Передо мной стояли творческие задачи, от которых мне не хотелось бы отрываться, а подпись мою все равно бы смогли подделать», — рассказывал он Л. В. Голованову [там же].

Весной 1941 г. по просьбе Калифорнийского университета Чижевский приступает к книге о своей жизни, которую после начала войны, продолжал писать и на Урале, в Челябинске, где он оказался вместе с семьей в эвакуации в конце того же года [13].

• В Челябинске Чижевского вместе с женой и дочерью поселяют в престижном доме работников облисполкома на пересечении улиц Кирова и Спартака (ныне ул. Труда). В настоящее время на этом доме установлена мемориальная доска.

В Челябинске Александр Леонидович намеревался внедрять аэронификационный метод для лечения огнестрельных ран, а также заняться проблемой аэронификации вагонов для раненых. К сожалению, в прежнем статусе и в желаемом объеме сделать это ему уже не удалось.

21 января 1942 г. то ли из-за давно не дававшей многим покоя неординарности общественно-исторических взглядов профессора, то ли из-за научной зависти или по каким-то еще более прозаическим, бытовым мотивам, Чижевского арестовывают и направляют в город Ивдель Свердловской области [13; 3, с. 181]. Там, находясь при клинической лаборатории и, естественно, не имея подходящей лабораторной базы, в практическом плане он в основном занимается методами ускорения заживления ран [3, с. 182; 14] и — что может вызвать крайнее

удивление современных скептиков — теоретическими проблемами аэронификации Дворца Советов — одного из помпезнейших проектов сталинского периода [15]. Работы по этим проблемам Чижевский продолжал в Ивделе и в 1944 г., в частности, к ним был привлечен врач И. Г. Савченко [6, с. 639—640].

• Грандиозное здание с гигантским памятником В. И. Ленина наверху и огромным количеством всевозможных залов заседаний должно было прославить навека величие достижений социализма. Генеральной «репетицией» к воплощению этого проекта стало возведение ныне хорошо известных высотных московских зданий, например здания МГУ.

На том этапе Александра Леонидовича занимала и еще одна важная практическая проблема — аэроионная очистка воздуха от микроорганизмов. Подготовленная им по этой теме статья [16] так, по всей видимости, и осталась в неопубликованном наследии ученого [3, с. 306].

Вместе с тем в общетеоретическом плане, на основе математических и физических подходов, Александр Леонидович задумывает одну из наиболее крупных своих работ — о структуре движущейся крови. Таким образом, электродинамическая модель крови как коллоида, в котором роль электролита отводилась плазме, а в роли взвешенных частиц выступали особым образом «упакованные» отрицательно заряженные эритроциты, возникла у Александра Леонидовича у нас, в Свердловской области, в ужасных условиях ивдельского заточения.

• Еще одним итогом этого заточения стало и значительное увеличение литературного наследия Чижевского. Так, только за 1943 г. им было написано около ста стихотворений [13].

Следует отметить и такой факт, совпадающий с пребыванием Чижевского на Урале: с 1943 г. Свердловская магнитная обсерватория впервые приступает к исследованиям 11-летней цикличности геомагнитной активности [17]. Скорее всего они были стимулированы Робертом Германовичем Абельсом (см. например, его статью «У истоков магнитных наблюдений России»; Наука Урала. 1986. 26 июня).

• Организации таких исследований могла способствовать и эвакуация в Екатеринбург Астрономического института им. П. К. Штернберга. Он был размещен в усадьбе А. А. Железнова (ул. Р. Люксембург, 56), где ныне расположен Институт истории и археологии УрО РАН.

Во второй половине 1944 г. Александр Леонидович, оставаясь все еще заключенным, оказывается в качестве консультанта в Кучине, под Москвой, затем несколько лет отбывает срок в Спасском, под Карагандой, а с 1950 по 1957 г. проживает в Караганде, сотрудничая в различных медицинских учреждениях. В этот период он проводит серию работ по гемодинамике, а также готовит материалы рукописей по аэронификации и структуре движущейся крови.

По одной из легенд, первый этап «освобождения» ученого был связан с письмом Сталину, которое он вынужден был написать, когда лагерное начальство в порыве изощренного садизма отобрало все его научные труды, лагерные дневники и т. п. В якобы поступившей от Сталина телефонограмме говорилось: «Прошу оставить в покое профессора Чижевского...» Ему все отдали и 22 февраля 1950 г. выпустили на «свободу». Но еще 8 лет он находился в ссылке, так что фактически оказался на свободе лишь через 16 лет после ареста, в 1958 г. [5, с. 171].

С 1958 г. до своей кончины 20 декабря 1964 г. Александр Леонидович проживал в Москве, где и был похоронен на Пятницком кладбище. В последний, московский период он был научным консультантом, а с 1962 г. — руководителем лаборатории ионификации и кондиционирования воздуха при тресте «Союзтехника» Госплана СССР. В 1959 г. вышла его монография «Структурный анализ движущейся крови», а в 1960-м появляется последнее прижизненное издание его классического труда «Аэронификации в народном хозяйстве».

Завершая обзор «экологического» наследия А. Л. Чижевского, важно отметить, что в дополнение к учению Чарльза Дарвина о происхождении видов, определяющему эволюцию как процесс взаимодействия организмов с окружающей их средой, Александр Леонидович Чижевский раскрывает фундаментальную роль в этих взаимодействиях солнечных возмущений, подчеркивает, что в них имеет место некоторая цикличность, и детально вскрывает и обобщает проявления этой цикличности во всем многообразии земных явлений. Примером тому являются следующие подходы Александра Леонидовича к указанной проблеме. Вот лишь некоторые из его рассуждений, свидетельствующие о поступательном движении к идее гелиодетерминизма в земных явлениях:

— «Мы вибрируем в унисон с тем огромным количеством различных колебаний, которые обусловлены непрерывной динамичностью физико-химических процессов внешней среды. В таком свете наш организм представляется нам как своего рода частица-клетка земного организма. И подобно тому, как клетка живого организма подчиняется целому организму, так и целый организм – будь то животное или человек — подчинен общей совокупной жизни земного шара со всеми его ритмами, колебаниями и возмущениями» [1, с. 127].

— «...Некоторые металлы обладают свойством быстро терять отрицательный заряд под влиянием прямого солнечного света. Даже когда металлическая пластинка не заряжена, она испускает отрицательные лучи, принимая таким образом положительный заряд. Каким лучам Солнца необходимо приписать этот фотоэлектрический эффект? Из видимой части спектра только одна фиолетовая часть оказывает подобное действие. Путем точных изысканий было установлено, что ряд минералов, прежде всего полевой шпат и гранит, также обнаруживают под влиянием этого излучения фотоэлектрический эффект. На этом основании Эльстер и Гейтель предположили, что под воздействием солнечного света у многих каменистых пород отрицательно заряженной земной поверхности выступают в воздух отрицательные электроны. Эти последние в случае наличия соответствующих условий могут также служить причиною ионизации атмосферы самой земной поверхности» [1, с. 556].

— В 1910 г. американский ученый, директор Отделения земного магнетизма Института Карнеги Луи Бауэр (L. Bayer) построил следующую теорию земного магнетизма и электричества. Первичными в ней являлись атмосферные токи, возникающие вследствие течения потоков энергии (частиц) от Солнца. Такие электрические токи в верхних слоях атмосферы, безусловно, зависят от движения отрицательных заряженных частиц. На основании этого им была создана ионная теория магнитных возмущений. В ней он исходил из того, что при ионизации воздуха проводимость последнего увеличивается. Это, в свою очередь, стимулирует развитие токов в верхних слоях атмосферы, где электрическое поле существует и для появления токов энергия имеется. Таким образом, при

приходе солнечной радиации проводимость, позволяющая возникнуть электрическому току, только увеличивается. Тем самым «солнечный луч как бы приводит в движение лишь спусковой механизм [1, с. 571].

— «Поле атмосферного электричества и вращение Земли создают энергию, необходимую для приведения ионов в движение над Землею и для развития магнитных бурь. Можно заметить, что отклоняющее действие земного шара на движение отрицательных зарядов к востоку заставляет их опускаться, причем уменьшается скорость распространения. При движении к западу ионы должны подниматься, и действие их на магнитную стрелку ослабевает. Следовательно, отклоняющее действие поля Земли должно способствовать распространению возмущений к востоку главным образом, и потому естественнно ждать преобладающего числа бурь именно в этом направлении» [1, с. 573].

В итоге можно отметить, что законы межвидового взаимодействия А. Л. Чижевский связал с закономерностями солнечного ритма, расширив традиционные взгляды на «земные проблемы» в рамках нового, созданного им направления — гелиобиологии.

Он подметил также, что, наряду с оптимумом геофизических условий, проявляющимся в специфике географического районирования (в частности, по критерию биоразнообразия), для человека тоже справедлив принцип оптимума, ответственный за его физиологический расцвет. Так, Чижевский указывает, что для человека существуют определенные температурные пределы, в которых его жизнедеятельность проявляется особенно ярко, и ссылается при этом на выявленную Львом Ильичом Мечниковым (1838—1888) закономерность: все цивилизованные и многолюдные города лежат между двумя крайними изотермическими линиями в +16° и + 4° С. На главной оси такого оптимального для современного человека климатического пояса с изотермой +10°С в настоящее время лежат города Чикаго, Нью-Йорк, Филадельфия, Лондон, Вена, Одесса и Пекин [1, с. 147].

Таким образом, Александр Леонидович Чижевский, по сути дела, заложил современные, гелиоцентрические основы учения об экологическом комфорте.

3.4. ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ УЧЕНИЯ А. Л. ЧИЖЕВСКОГО О СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫХ СВЯЗЯХ КАК ВКЛАД В ИЗУЧЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Под солнечной активностью Александр Леонидович Чижевский подразумевал совокупность нестационарных явлений на Солнце: появление солнечных пятен, факелов, флоккул, хромосферных вспышек и протуберанцев, возмущенных областей в солнечной короне, вариаций электромагнитного и корпускулярного излучения Солнца и т. п. [1, с. 75—76]. Ее интегрированное значение принято оценивать относительным числом Вольфа.

В 1957—1958 гг. установление земных проявлений солнечной активности, равно как и необходимость уяснения ее влияния на искусственные космические экосистемы, привело ученых всего мира к совместным координированным исследованиям по указанным проблемам в рамках так называемого Международного геофизического года. В частности, тогда впервые были созданы системы планетарных наблюдений над состоянием физических полей Земли и общей циркуляцией ее воздушной оболочки, выполнявшихся синхронно и передававшихся всем участникам наблюдений.

• В XX в. годами с пиками солнечной активности были 1906, 1917, 1928, 1937, 1958, 1968, 1979, 1991. Следующий пик солнечной активности ожидается в 2000—2001 гг. [2, с. 40—43].

В ходе предпринятых исследований было открыто новое физическое образование — радиационный пояс Земли, определяющий специфику солнечного воздействия на Землю (в частности, захват заряженных частиц геомагнитным полем). В соответствии с этим по современным представлениям магнитные бури вызываются потоками плазмы из активных областей Солнца и наблюдаются в периоды вблизи максимумов 11-летнего цикла солнечной активности.

• Внутренний радиационный пояс Земли был открыт американским физиком Джеймсом Альфредом Ван Алленом (1958), внешний радиационный пояс (в современной терминологии — внешняя зона радиационного пояса) — советскими физиками Сергеем Николаевичем Верновым и Александром Евгеньевичем Чудаковым (1958) [3, с. 384].

В 1964—1965 гг. была реализована программа «Международный год спокойного Солнца», в результате которой мировая сеть Службы Солнца расширилась, а получаемая ею информация стала публиковаться в виде карт, таблиц и графиков для каждого дня наблюдений и в виде ежегодного издания «Каталога солнечной активности». В ходе последующих исследований были также определены напряженность магнитного поля Солнца, составившая в среднем 80 А/м, и магнитные поля в солнечных пятнах, достигающие значений напряженности до 100 000 А/м и характеризующие степень солнечной активности [1, с. 743].

Исследования интенсивности ультрафиолетового излучения сверхмощных хромосферных вспышек показали, что они в сотни тысяч и даже миллионы раз выше ультрафиолетового излучения солнечной поверхности. При этом мощность солнечного радиоизлучения варьируется в прямой зависимости от величины пятен, силы вспышек, и в эпоху максимальной активности радиоизлучение больших пятен в миллионы раз превосходит уровень излучения спокойных эпох.

Фундаментальные исследования по влиянию гелиофизических факторов на физико-химические коллоидные системы в 50-е гг. нашего столетия выполнил итальянский ученый из Флорентийского университета Джорджио Пиккарди (1896—1972) [1, с. 737; 4]. Начиная с 1951 г., он провел большую серию парных опытов, руководствуясь тем, что каждый день и час характеризуют физическую и космическую обстановку, которая не остается постоянной и зависит от времени.

• Это может быть связано, например, с кинематическими характеристиками Земли. Так, известно, что в марте Земля движется по орбите вокруг Солнца с максимальной скоростью 45 км/с в плоскости экватора и ее направление движения ориентировано к центру Галактики; в сентябре же Земля движется с минимальной скоростью 24 км/ч и направление ее движения почти перпендикулярно указанному [1, с. 721].

Опыты Пиккарди заключались в следующем:

а) он исследовал проявления космического воздействия на воду, защищая ее металлическим экраном на одном стенде и сравнивая ее по химическим реакциям с водой на другом стенде, незащищенной от космического воздействия;

б) предварительно изменял структуру воды ее активацией и

сопоставлял ее поведение с поведением неактивированной воды при одинаковых условиях космического воздействия;

в) активировал воду и изменял величину космического воздействия на нее; далее проводил сопоставление результатов, полученных в данном случае и для обычной воды в обычных условиях.

• В качестве химического объекта, чувствительного к космическому воздействию, была избрана вода, так как она дает жизнь. Следует отметить, что в XX в. представления о составе и строении воды существенно дополнились. Отправным моментом для этого, очевидно, становятся, с одной стороны, исследования в области изотопного состава веществ, когда для разделения изотопов появляются метод газовой диффузии (1913, Фрэнсис Астон [3, с. 21]), первые масс-спектрометры (1918, Артур Демпстер [3, с. 370]), спектрографы (1919, Фрэнсис Астон [3, с. 21]) и в научный лексикон прочно входит сам термин «изотоп» (1913, Фредерик Содди [3, с. 369]), а с другой стороны, первые исследования структуры жидкости с помощью дифракции рентгеновских лучей (1916, Петер Дебай), для которой предлагается концепция ближнего порядка [5, с. 118].

Несколько ранее (1909), как отмечалось выше, Сьерен Сьеренсон вводит понятие водородного показателя — концентрации свободных ионов водорода в воде, а в 1919 г. Эрнест Резерфорд открывает протон, который соотносят с ядром атома водорода и одновременно с его ионом. С появлением масс-спектрографов большой разрешающей способности (1927) Астоном начинают изучаться не только изотопы химических элементов, но и изотопный состав молекул. В частности, таким способом было установлено, что природный кислород состоит из трех изотопов с массовыми числами 16, 17 и 18 (т.е. O^{16}, O^{17}, O^{18} в соотношении: 3150:5:1, или 99,81% O^{16}, 0,16% O^{17} и 0,03% O^{18} соответственно [6, с. 128]). В 1929 г. в связи с открытием изотопов кислорода был определен изотопный состав воды [5, с. 12]. Оказалось, что в среднем в воде, кроме H_2O^{16}, заметно представлены H_2O^{18} и H_2O^{17} в количестве 0,2% и 0,4% соответственно [5, с. 12].

Позднее (в 1932 г.), после открытия Джеймсом Чедвиком нейтрона, Гарольд Юри экспериментально обнаруживает изотоп водорода с массовым числом 2 (т.е. атом с ядром, включающим один протон и нейтрон — H^2). Он был назван им дейтерием (D). Ион (ядро) дейтерия также получил специальное название — дейтрон. В 1933 г. Гильберт Льюис получил тяжелую воду D_2O, которую год спустя получают и в СССР (1934; А. И. Бродский) [3, с. 376]. В том же 1934 г. в реакции синтеза дейтронов Эрнестом Резерфордом, Маркусом Олифантом и П.Хартеком [3, с. 376] был впервые получен водород с массовым числом 3 – тритий (H^3, или Т). Он представляет собой атом водорода с ядром, состоящим из одного протона и двух нейтронов (сверхтяжелый водород). Выяснилось также, что в природе тритий составляет всего лишь 10^{-16}%, тогда как дейтерий — 0,014 % от количества атомов обычного водорода (протия) [6, с. 23]. В природной (естественной) воде молекул, содержащих дейтроны (HDO) в среднем содержится 0,03% [5, с. 12], а молекул, включающих тритий, и вовсе исчезающе мало.

В 1929 г. У. Бернс (W. H. Barnes) с помощью дифракции рентгеновских лучей показал, что атомы кислорода в кристалле льда расположены в вершине тетраэдра [5, с. 76], а в 1933 г. Джон Бернал (J. D. Bernal) и Ральф Фаулер (R. H. Fowler) пришли к выводу, что лед является молекулярным кристаллом, т. е. кристаллом, в котором межмолекулярные связи оказываются значительно более слабыми по сравнению с внутримолекулярными [5, с. 77].

В 1935 г. Лайнус Полинг (L. Pauling) предлагает структуру льда с водородными связями [7, с. 24—23], в которой атом водорода при взаимодействии с атомом кислорода своей молекулы «на время» отдает ему его электронный заряд, так что сам на это время становится «голым», т. е. протоном. При усреднении процесса по времени его можно представить как стационарное взаимодействие «эффективного иона» кислорода с отрицательным зарядом −0,32 е и «эффективным положительным ионом» водорода с зарядом +0,32 е [5, с. 19]. С другой стороны, атом водорода временно пребывающий в протонном состоянии или представленный в модели стационарного «эффективного иона», начинает взаимодействовать с «эффективным ионом» соседнего атома кислорода, что приводит к колебательным движениям водорода вдоль оси, соединяющей свой атом кислорода с атомами кислорода соседних молекул. Таким образом вдоль осей О − О соседних молекул воды возникают протонные колебания, причем мгновенное расположение протонов отнюдь не обязательно должно быть одним и тем же во всех ячейках молекулярного кристалла воды и, согласно Полингу, возникает так называемый «ледовый (протонный) беспорядок» [8, с. 24—26].

Экспериментально такая свобода передвижения протона по линии связи О—О между двумя молекулами воды была обнаружена в 1957 г. методом дифракции нейтронов [5, с. 79]. В том же году в работе Ж. Декроля было установлено, что электропроводность льда является ионной, причем концентрация ионов, обусловленная диссоциацией молекул воды на ионы H^+ и OH^-, имеет порядок 10^{-10} моль·л$^{-1}$. В последующем суть электропереноса ионов была сведена к их движению по пустотам (каналам) в кристаллах воды. Наряду с этим, было установлено, что в зависимости от внешнего давления и температу-

ры в воде могут существовать неустойчивые (т.е. легко трансформируемые) структуры, подобные структурам ее твердофазного состояния (льдов). В частности, было отмечено (А. И. Невзоров, 1955 [5, с. 121]), что структура воды, полученной из ледсодержащих облаков, представляет собой самостоятельную полиморфную модификацию воды, так называемую А-фазу, причину возникновения которой популярно можно объяснить «памятью формы» исходной ледяной поверхности.

Это означает, что в воде при определенных условиях могут проявлять себя взаимодействия не только ближнего, но и дальнего порядка, т.е. кооперативное взаимодействие с синхронными колебаниями осцилляторов разной природы (протонов на внутри- и межмолекулярных связях, атомов кислорода и т.п.). Анализ экспериментальных данных и результатов машинного моделирования (в частности, методом молекулярной динамики) за последние 20 лет действительно привел к выводу, что структура жидкой воды представляет собой единую сетку широко распределенных водородных связей. Причем характерной особенностью перехода от льда к жидкой воде является уширение полосы ОН-колебаний и незначительное уменьшение частоты осциллирующих протонов. Изменение деформационной частоты колебаний протонов в жидкой и газообразной воде также показало слабую зависимость от температуры (например, от $4{,}907 \cdot 10^{13}$ Гц в воде при 20°С до $4{,}7435 \cdot 10^{13}$ Гц при переходе к пару).

Изотопное замещение части протонов H_2O на дейтроны в искусственно созданных растворах с 5%-ным содержанием молекул HDO в H_2O принципиально не влияет на такое дальнодействие, однако приводит к уширению полосы ОН-колебаний молекулы HOD до $7 \cdot 10^{12}$ Гц.

Можно отметить, что частоты О – О колебаний в водородсвязанных молекулах воды, составляющие $1{,}487 \cdot 10^{12}$; $5{,}0558 \cdot 10^{12}$; $8{,}6246 \cdot 10^{12}$ Гц при изотопном замещении Н на D не меняются [5, с. 132] и должны реагировать на соответствующие по частоте электромагнитные волны гектомикронного диапазона. В целом же, в жидкой воде отмечается широкое распределение расстояний О – О типа, которое предопределяет и широкое распределение О – Н или О – D расстояний, а следовательно, и частот.

Отмеченные выше особенности свидетельствуют о проявлении эффектов дальнего взаимодействия одинаковых осцилляторов в данных системах, на основании чего можно говорить о непрерывности структуры водородных связей в жидкой воде [5, с. 132]. Можно также отметить, что вследствие того, что в жидкой воде наблюдаются совокупные осцилляции (водород-связанных кислородов, протонов, электроны), энергия многочастичного дисперсионного взаимодействия оказывается сравнимой и даже больше колебательной энергии локального взаимодействия протонов и электронов в своей молекуле воды, что может приводить к принципиально важным особенностям, объясняющим уникальные свойства воды.

В частности, если в качестве примера рассмотреть отмеченное выше изменение деформационной частоты при переходе от свободной молекулы к связанным молекулам воды при температуре 20°С, то такой переход, сопровождаемый изменением частоты от $4{,}907 \cdot 10^{13}$ Гц в воде при 20°С до $4{,}7435 \cdot 10^{13}$ Гц при переходе к пару дает дисперсию частот отдельных осцилляторов в интервале до $0{,}1635 \cdot 10^{13}$ Гц. В связи с этим для молекул воды возникает возможность появления биений (периодического увеличения амплитуды колебаний через характерные интервалы времени) с минимальным периодом ($T_б = 6{,}12 \cdot 10^{-13}$ с) в 30 раз превышающим собственные периоды колебаний молекул воды ($2{,}04 \cdot 10^{-14}$ с). Соответственно, при взаимодействии с электромагнитными волнами длиной $\lambda = \upsilon \cdot T_б = 3 \cdot 10^8$ (м/с) $\cdot$ $6{,}12 \cdot 10^{-13}$ с $= 1{,}836 \cdot 10^4$ м, появляется возможность дополнительных резонансных явлений.

С другой стороны, биения, возникающие для отдельных молекул, вследствие широко распространенных водородных связей и соответствующего электрического взаимодействия должны приводить к волновым процессам в континууме молекул воды либо в их подсистемах (например, к возникновению и распространению синхронизированных протонных колебаний во всем объеме воды). В свою очередь, при отражении таких «фононов» в ограниченных объемах, например в капиллярах, возможно появление стоячих волн, приводящих к возникновению в континууме молекул воды регулярно распределенных «резонансов» – атомов со статистически более высокими амплитудами колебаний и, соответственно, к воз-

никновению мгновенной динамической сверхструктуры воды, обладающей «памятью формы» сосуда, в котором она находится. Под сверхструктурой (мой термин) при этом понимается структура с регулярностью резонансных колебаний молекул, превышающей одно межатомное расстояние.

В зависимости от времени жизни такой динамической структуры при отражении «фонона» от другой отражающей поверхности и выполнении условия интерференционного максимума могут возникать «фононные» моды с частотами ν_N меньше частоты исходного фонона ν_0 и кратными ей (т.е. $\nu_N = N \cdot \nu_0$).

Число таких более низкочастотных «фононов» будет определяться временем жизни динамической регулярной сверхструктуры, размером и формой содержащего воду сосуда, т.е. числом возможных отражений «фонона» от ограничивающих поверхностей с соблюдением условия интерференционного максимума за определенный интервал времени.

В последующий период времени биения возникают на другом континууме молекул воды, и образуется очередная мгновенная динамическая структура с новым полиморфизмом и «фононными» модами.

Вероятность возникновения «фононов» с частотами кратными ν_0 достаточно быстро убывает. Тем не менее в связи с увеличением синхронности колебаний молекул воды (например, при понижении температуры воды) период биений может превышать период исходных статистически усредненных колебаний молекул воды на два, три и более порядков. Соответственно гипотетически становятся возможными «фононы» с частотами на несколько порядков меньше частот исходных колебаний молекул воды и избирательное поглощение структурой волн длинноволнового диапазона.

Таким образом, можно выдвинуть гипотезу о существовании в воде регулярно появляющихся и сменяющих друг друга мгновенных динамических сверхструктур (т.е. структур с регулярностью больше одного межатомного расстояния), которые вследствие временной регулярности повторений можно было бы назвать автоколебательными динамическими сверхструктурами. Статистическое преобладание какой-либо из этих динамических сверхструктур за макропериод времени определяет в таком подходе полиморфизм воды.

Для обнаружения динамических сверхструктур воды требуются экспериментальные кристаллографические методики, успевающие фиксировать эти структуры за ультрамалое время взаимодействия электромагнитного излучения с динамическими сверхструктурами, сравнимое по длительности со временем существования той или иной фиксированной динамической структуры. В этом случае, как было отмечено выше, следует ожидать квантовых явлений и в радиодиапазоне.

Помимо физических особенностей воды, выявленных в XX столетии, следует указать и на обнаруженные ее химические особенности. В частности, кристаллографы и электрохимики уже давно указывают на существование в воде комплексонов $(OH)_4$, которые могут образовываться при реакции одной молекулы кислорода с двумя молекулами воды при импульсных ударных нагрузках [5, с. 119]. Образование таких комплексонов повышает электропроводность и увеличивает растворяющую способность воды.

Кроме того, в присутствии в воде растворенного кальция в ней может образовываться комплекс $Ca(H_5O)_6$, который приводит к снижению концентрации активного иона кальция Ca^{+2} в водных растворах и во внутренних средах организма и смещает равновесие в ионной среде.

Завершая обзор новейших представлений о воде, в биологическом аспекте следует указать, что она выполняет роль и переносчика заряда, и регулятора скорости и типа реакции. Причем со спецификой структуры воды связаны не только гомеостатические, но и автоколебательные реакции. Обнаруженные в биомембранах особенности при 20—40°С связаны с перестройками в структуре воды, благодаря которым создаются условия гомеостаза теплокровных животных [5, с. 120].

Таким образом, «существование весьма тонкой и чувствительной структуры воды позволяет предположить, что определенные воздействия должны неоднозначно изменять структуру воды, а следовательно, можно полагать, что вода чувствительна к внешним слабым воздействиям и способна приспосабливаться к самым разным условиям в такой степени, в какой не способна никакая другая жидкость... Вода является исключительным веществом» [4, 27]. Можно было бы доба-

вить: «Является веществом исключительным по информационной емкости и реакции».

По предположению профессора Джорджио Пиккарди, те свойства воды, которые зависят от ее структуры, легко должны были бы нарушаться космическими силами, активироваться ими, и соответственно различным образом проявляться, например, при осаждении в ней небольшого количества соединений висмута.

• Под не совсем удачным термином «активация воды» Пиккарди подразумевал физическое изменение свойств воды без изменения ее химического состава и обычных физических условий, в которых она встречается, т. е. температуры, давления, освещенности и т. д. [4, с. 15].

В итоге им было установлено, что вода, как объект чрезвычайно важный для жизнедеятельности, изменяет свои свойства от солнечной активности и геомагнитных бурь, а также (и это в контексте данного исследования более важно), «что электромагнитные поля низкой частоты и, следовательно, очень малой энергии способны воздействовать на воду» [4, с. 27] и, стало быть, на живые системы тоже.

В этой связи Джоржио Пиккарди указал на необходимость концентрации усилий в совершенно новой области знаний — связанной с выявлением в процессах жизнедеятельности роли волн ультранизких частот. В частности, особое внимание он обратил на наличие широких полос пропускания у воды в твердом состоянии при частотах электромагнитных волн 10 кГц (т. е. радиоволн с длинами волн в 30 км и энергией $6{,}6 \cdot 10^{-30}$ Дж, или $4{,}1 \cdot 10^{-11}$ эВ).

В период с 11 сентября 1955 г. по 29 февраля 1956 г. Пиккарди провел 1720 экспериментов по влиянию электромагнитного поля низкой частоты на эволюционирующие коллоидные системы, расположенные на расстоянии 2 и 20 м от передатчика мощностью 20 Вт. В их ходе выяснилось чрезвычайно важное обстоятельство: осаждение неорганической коллоидной системы (оксихлорида висмута) на расстоянии 20 м от передатчика протекало быстрее, чем на расстоянии 2 м [4, с. 37], т. е. реакция определялась отнюдь не энергетическим влиянием (оно уменьшается при этих условиях на два порядка), а усиливалась самим объектом воздействия!

Еще ранее, с 20-х гг., анализом влияния солнечной актив-

ности в различных диапазонах электромагнитного излучения занялся Александр Леонидович Чижевский [1, с. 3—7] и выявил сходные тенденции.

• Известно, что начало исследованиям воздействия электромагнитных волн разной длины на организм животных положил еще в 1900—1901 гг. Василий Яковлевич Данилевский (1852—1939) [1, с. 735] — один из пионеров электроэнцефалографии и организатор Харьковского женского медицинского института (1910).

Исследуя корреляции смертности в соответствии с солнечными циклами, Чижевский пришел к выводу, что причину синхронизма такой смертности следует искать в изменении белково-коллоидного равновесия в крови, лимфе и тканевых жидкостях, происходящих под влиянием так называемого (по А. Л. Чижевскому) Z-излучения Солнца. Последнее, согласно современным научным данным, по всей видимости, должно соотноситься с пульсациями вертикальной (Z-) компоненты электрического поля Земли, возникающими под воздействием солнечных возмущений в приземном слое атмосферы [1, с. 736; 9, с. 108—109].

В 1935 г., следуя идеям А. Л. Чижевского, к поискам чувствительной реакции на выпадение белковых фракций из сыворотки приступил профессор М. Таката. Его исследованиями также было установлено, что некоторые излучения Солнца производят чрезвычайно сильное воздействие на кровь человека (показатель реакции выпадения хлопьев в крови возрастает до 80), причем это воздействие не могло быть приписано ни одной из известных в то время частей солнечного спектра, начиная с ультрафиолетового и кончая инфракрасным. Примечательно, что эта реакция позволяла выявить не только 11-летний, но и 27-дневный период синодического обращения Солнца [1, с. 736].

В ходе исследований 1934—1942 гг. чрезвычайно интересные результаты, относящиеся к влиянию солнечных циклов на органические коллоидные системы, получил директор бактериологической лаборатории при Казанской инфекционной больнице доктор С. Т. Вельховер. Ежедневные бактериологические исследования индивидуальных проб рыночного молока на присутствие в них коринбактерий (одних из самых распространенных микроорганизмов, окружающих че-

ловека) показали, что образуемые ими так называемые метахроматические волютиновые зерна дают при окраске их щелочной синькой Леффлера реакцию метахромазии периодического характера, т. е. разложение исходной краски на ее монохроматические (одноцветные) компоненты, четко соотносящуюся с пятнообразовательными процессами на Солнце. Причем эта реакция проявлялась за несколько часов или даже суток до момента визуального наблюдения того или иного солнечного возмущения.

Эти результаты привели А. Л. Чижевского к мысли, что живую клетку отдельных разновидностей бактерий можно использовать в качестве высокочувствительного индикатора процессов, возникающих глубоко в недрах Солнца, ответственных за Z-излучение. В 1940 г. на вышеописанном эффекте им был построен живой, бактериальный прибор, предупреждающий появление избыточных излучений Солнца.

Решению данной сверхзадачи, по всей видимости, и были посвящены дальнейшие прикладные работы А. Л. Чижевского [10 – 12], в том числе выполненные на Урале (1942 – 1944), в Челябинске и Ивделе. В них последовательно развивалась модель действия униполярных аэроионов на кровяное русло и выявлялся механизм «зарядки» крови, ее белковых коллоидов и форменных элементов [13, с. 243]. В итоге Александр Леонидович столкнулся с проблемой энергетической малости ионизационного потенциала отрицательного аэроиона ($0{,}5 \cdot 10^{-17}$ Дж, или 31,75 эВ), что в рамках традиционных подходов позволяло говорить о превышении порогов чувствительности отдельных органов или рецепторов лишь при их многоканальном совокупном действии [13, с. 206 – 207].

Очень вероятно, что стремление установить некие корреляции между количеством аэроионов в атмосфере как экологическим фактором и Z-излучением привело его к заключению, что, «возможно, интересующие нас излучения лежат в области ультрарадиоволн, т. е. имеют длину в пределах сантиметр – гектомикрон» [1, с. 735], или ($10^{-2} – 10^{-4}$) м; соответственно по энергии: $2 \cdot 10^{-23} – 2 \cdot 10^{-21}$ Дж, или $1{,}24 \cdot 10^{-4} – 1{,}24 \cdot 10^{-2}$ эВ.

• Эти соображения, очевидно, были продиктованы тем, что высоколежащие ионизированные слои земной атмосферы задерживают часть электромагнитного спектра солнечной радиации. Волны же длиной от 20 м и мень-

ше частично проникают через эти слои и в ослабленном виде достигают поверхности Земли [1, с. 726].

С 1 октября 1952 г. исследованием воздействия космических факторов на эволюционирующие неорганические системы занялась руководитель работ Института электрохимии и металлургии при Брюссельском университете профессор Кармен Боут.

С 1 июля 1957 г. подобными исследованиями стали заниматься в Бельгийской королевской обсерватории.

В последующем Джоржио Пиккарди, анализируя работы Мюнхенской школы по влиянию электромагнитных волн разной длины на биологические виды, пришел к выводу о заметных биологических эффектах ультранизких частот в диапазоне от 1 до 25 Гц. Это явление он попытался связать с представлением о Земле вместе с окружающей ее ионосферой как о сферическом резонаторе с резонансной частотой порядка 10 Гц [4, с. 77]. Подводя итог, он сделал вывод о том, что биологические системы из-за их коллоидной основы, находящейся в водной среде, подвержены воздействию волн низких частот и что именно в этой области следует искать один из путей разрешения некоторых проблем медицинской климатологии.

Последние новейшие открытия французских биологов, касающиеся способности чистой воды «запоминать» некоторые свойства биологически активных молекул и передавать эту информацию живым клеткам, позволяют вскрыть механизм запоминания информации организмом и тем самым — замкнуть недостающие звенья трансформации космофизических влияний.

• То, что живые организмы обладают высокой способностью различать крайне малые отличия одного и того же химического вещества, подтверждают опыты с устойчивыми изотопами кислорода (O^{16}, O^{17} и O^{18}), которые являются крайне важными, так как обнаруживают разницу в атомном весе кислорода в зависимости от его происхождения. Так, кислород из воздуха оказывается чуть тяжелее, чем кислород из воды. Выяснилось, что живые организмы чувствуют эту разницу, обнаруживая тем самым высокую различающую способность, поскольку указанные отличия количественно можно определить только с помощью масс-спектрометров. Вместе с тем эксперименты показали и высокую детекторную способность организма в отношении различной прочности химических связей изотопов в молекулах воды, углекислого газа и т. д. [14, с. 17—18].

В дальнейшем, после смерти Джорджио Пиккарди, его бывшая сотрудница Кармен Капель-Боут, продолжила в Брюсселе исследования этого ученого, возглавив созданный ранее Международный союз по изучению факторов внешней (внеземной) среды (CIFA).

• В настоящее время деятельность CIFA осуществляется специальной секцией, занимающейся «космофизическими флуктуациями» в рамках регулярных международных конгрессов по «биометеорологии» [15, с. 186—187].

Прогностические аспекты влияния солнечной активности на атмосферные процессы были развиты метеорологом из горной Шории (Кузбасс) Анатолием Витальевичем Дьяковым, который в отличие от бытующего в метеорологии традиционного принципа прогноза на основе барических полей использовал в качестве главного показателя динамики атмосферы потоки воздуха [1, с. 751].

Свой подход А. В. Дьяков обосновал тем, что атмосфера Земли, являясь автоколебательной системой, подвержена существенным внешним воздействиям и прежде всего обусловлена состоянием солнечной активности. В результате атмосфера Земли непрерывно совершает собственные и вынужденные колебания с соответствующими фазами и амплитудами. Определение этих характеристик и лежит в основе его методики прогноза атмосферных процессов в зависимости от солярной активности.

Согласно А. В. Дьякову, увеличение длительности неустойчивых состояний воздушных потоков (возмущений атмосферной циркуляции) зависит явным образом от увеличения солнечной активности, определяющим фактором которой для динамических процессов является ее изменение, определяемое, в свою очередь, производной роста величины площади солнечных пятен по времени.

С помощью выявленных им закономерностей Дьяков с 1940 г. начал проводить регулярные наблюдения за состоянием поверхности Солнца и довел успешность декадных прогнозов погоды для Западной Сибири до 90—95%, а месячных и сезонных — до 80—85% (см. комментарии к книге А. Л. Чижевского «Земля в объятьях Солнца» [1, с. 751—752]).

Тем не менее долгое время, как и учение самого А. Л. Чи-

жевского, работы Анатолия Витальевича Дьякова оставались без должного внимания и считались спорными. Апогеем дискуссии по поводу его исследований стало I Всесоюзное совещание «Солнечно-атмосферные связи в теории климата и прогнозах погоды», проходившее 30 октября — 1 ноября 1972 г., после которого было официально признано наличие существенного влияния солнечной активности и других космогеофизических факторов на атмосферные процессы, а проблема «Солнце — нижняя атмосфера» была названа одной из важнейших проблем, стоящих перед Гидрометслужбой.

В 1975 г. был обнаружен биогенный магнетизм сначала у микроорганизмов, а затем и у человека, что дало основание для развития еще одного научного направления — магнитоэкологии [16; 17].

В 1983, 1990, 1993 и 1996 гг. в Институте биофизики в Пущине-на-Оке прошли симпозиумы «Космофизические флуктуации в биологических и физико-химических процессах», материалы которых были опубликованы в академическом журнале «Биофизика».

Таким образом, труды Александра Леонидовича Чижевского заложили основы не только гелиобиологии, но и космической экологии.

3.5. ИЛЬЯ ПРИГОЖИН И НОВЕЙШИЕ ПОДХОДЫ К ОПИСАНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СРЕД

Известно, что идея эволюции была введена в физику в XIX в. в виде второго начала термодинамики. В 1865 г. Рудольф Клаузиус ввел понятие энтропии [1, с. 363], некой внутренней неупорядоченности системы, и показал, что энтропия изолированной системы не может убывать при любых происходящих в ней процессах. Статистически это было истолковано (Людвиг Больцман, 1872) как обязательное возрастание с течением времени числа всевозможных микроперераспределений (так называемая термодинамическая вероятность), соответствующих одному и тому же состоянию с фиксированным значением энергии, давления, объема и температуры [1, с. 364].

В свое время данная формулировка вызвала мировоззренческую дискуссию, так как из нее следовал вывод о неизбежности тепловой смерти Вселенной, что явно расходилось с наблюдениями над процессами, происходящими во Вселенной. Это повлекло развитие новых концептуальных подходов. Один из них был предложен выдающимся бельгийским физико-химиком русского происхождения — Ильей Романовичем Пригожиным в рамках термодинамики открытых неравновесных систем.

• Илья Романович Пригожин родился 25 января 1917 г. в Москве. В десятилетнем возрасте вместе с семьей эмигрировал в Бельгию. В 1947 г. он доказывает свою знаменитую теорему, а в 1977 г. становится Нобелевским лауреатом в области химии [2, с. 1058].

Пригожиным, в частности, было показано, что неравновесность может служить источником упорядоченности [3], наглядным примером чего служит разделение химических компонентов бинарной газовой смеси при нагреве одной из стенок сосуда и охлаждении противоположной. В этом случае, как показывает эксперимент, один из газов скапливается вблизи горячей стенки, а другой — вблизи холодной. Другим примером является пример с жидкостью, интенсивность нагрева которой можно менять в ходе опыта. Оказывается, в этом случае при определенном перепаде температур жидкости возле

дна сосуда и у ее поверхности самопроизвольно возникают ячейки, получившие название бернаровских, с регулярным течением (циркуляцией) жидкости. Понятно, что это становится возможным лишь за счет переноса энергии от хаотического теплового движения к макроскопическому конвекционному движению. Таким образом, вдали от состояний термодинамического равновесия возникает новый тип самоорганизации системы с динамическими процессами внутри нее. Такие структуры, существующие вдали от равновесия лишь за счет достаточно больших потоков энергии и вещества, были названы Пригожиным диссипативными [2].

Как показано в классической термодинамике, при абсолютном нуле в замкнутой термодинамической системе всякое движение прекращается и ее состояние соответствует условию минимума внутренней энергии E. Однако при отличных от нуля температурах в системе возникают различные типы движения и возникает неупорядоченность, существующая за счет мобилизации внутренних энергетических резервов системы, что приводит к необходимости для описания состояния системы пользоваться свободной энергией F, определяемой разностью E и T · S:

$$F = E - T \cdot S.$$

При равновесии, согласно второму началу термодинамики, энтропия замкнутой системы будет максимальной, и следовательно, свободная энергия будет минимальной.

В случае открытых термодинамических систем приходится учитывать работу против внешних сил, действующих на систему, а также изменение энергии за счет изменения количества вещества в системе dm, поэтому вместо F приходится пользоваться термодинамическим потенциалом Гиббса:

$$G = E + p \cdot V - T \cdot S,$$

частный вид которого для случая равновесия открытой системы может быть представлен формулой:

$$T \cdot dS = dE + p \cdot dV - \mu \cdot dm,$$

где μ — химический потенциал единицы массы компонента, количество которого изменяется в системе.

С учетом обмена открытой системы веществом и энергией изменение энтропии за интервал времени может быть представлено как сумма двух вкладов: потока энтропии, обусловленного обменом с окружающей средой, и поток энтропии внутри системы, например, вследствие диффузии или химических реакций. Последнее изменение всегда положительно (энтропия увеличивается), тогда как первое не имеет определенного знака и при условии обеспечения равновесия (равенства нулю суммарной энтропии) за счет внешних сил должна быть отрицательной. Таким образом, было показано, что при поступлении в систему достаточно больших отрицательных потоков энтропии в ней может неопределенно долго удерживаться некоторая упорядоченная конфигурация [2].

Данный вывод оказался чрезвычайно важным для уяснения существования живых систем, так как биосфера является неравновесной системой, поддерживаемой за счет воздействия потока солнечной энергии. Это же оказалось справедливо и для клеточного уровня, когда при описании явлений на клеточных мембранах приходится иметь дело со значительными концентрационными перепадами химических компонентов, длительное время определяющими внутриклеточные процессы. Этот диапазон практического использования идей термодинамики неравновесных систем сделал ее главным инструментом для количественного описания не только биохимических, но и экологических явлений, развитых Брюссельской школой во главе с И. Р. Пригожиным.

Началом развития Брюссельской школы, по всей видимости, следует считать диссертацию Ильи Романовича Пригожина, представленную в 1945 г. в Брюссельском свободном университете.

В 1947 г. им было введено понятие производства и потока энтропии (внутреннего беспорядка и превращений) в термодинамической системе и на этой основе дана локальная формулировка второго начала термодинамики. Вместе с тем Пригожин вводит более адекватный для описания реальных физических систем принцип локального равновесия и формулирует фундаментальную теорему, получившую его имя: в стационарном состоянии при фиксированных внешних парамет-

рах скорость производства энтропии в термодинамической системе минимальна.

Не менее замечательным является и критерий Пригожина, согласно которому «производство энтропии для необратимых процессов в открытой системе стремится к минимуму». В дальнейших работах он показывает, что при удалении термодинамических систем от равновесного состояния за счет внешних сил в них возникают условия, при которых становятся существенными вклады малейших флуктуаций, обеспечивающих несколько возможных сценариев эволюции систем в особых (критических) точках, получивших название точек ветвления (бифуркаций). Это фундаментальное положение открыло новую эру в изучении закономерностей эволюции химических и биологических систем, определило новую область науки — флуктуационную химию [2].

Действительно, в послевоенный период в биохимии открываются циклические реакции, представляющие собой цепочку биохимических превращений с конечным возвращением к исходному веществу. Однако для построения недостающих звеньев предбиологической эволюции, возникновения пульса жизни в неорганических системах, недоставало соответствующего экспериментального материала. Такой материал в 1951 г. был найден Борисом Павловичем Белоусовым [4, с. 153], открывшим колебательную химическую реакцию, что завершило почти 150-летний поиск колебательных режимов в химических процессах. Это открытие, по мнению И. Р. Пригожина, стало научным подвигом XX в. [4, с. 150].

• Белоусов Борис Павлович (1893—1970) — сын банковского служащего, в 12 лет вместе с братьями становится участником революционных событий 1905 г., из-за чего их семья вынуждена была эмигрировать в Швейцарию. Во время Первой мировой войны возвращается в Россию и начинает работать в химической лаборатории металлургического завода Гужона (ныне завод «Серп и молот»), где совершенствует свое образование и становится военным химиком. С 1933 г. старший преподаватель Военно-химической академии им. К. Е. Ворошилова; за разработку универсальных индикаторов по определению малых концентраций вредных газообразных соединений в воздухе без защиты диссертации (по совокупности работ) получает степень доктора химических наук. По военной линии становится комбригом (генерал-майором). В 1935 г. Б. П. Белоусов увольняется из армии. Это спасло ему жизнь, так как репрессии 1937—1938 гг. привели почти к полной замене высшего офицерского состава, начиная с майоров. Свою деятельность про-

должил в секретном медицинском институте, где решали проблемы токсикологии. В послевоенный период занимался проблемами противолучевых препаратов на основе хитина.

После открытия в биохимии циклических реакций Б. П. Белоусов попытался применить данное открытие к неорганическим реакциям, что и сделал в 1951 г. Однако результаты этой работы, предложенные для опубликования в «Журнал общей химии», были отвергнуты консервативным редакционным советом и впервые были опубликованы только в 1959 г. в сборнике «Рефераты по радиационной медицине за 1958 год».

• Визуально колебательная реакция Белоусова представляет собой периодическое изменение цвета жидкости со специально подобранными химическими реагентами. Например, периодическое окрашивание красно-лиловой жидкости в ярко-синий цвет и обратно. Ее можно наблюдать в обычном стакане, если использовать реагенты следующих концентраций: $KbrO_3$ — 0,3 М; броммалоновая кислота — 0,1 М; ферроин — 0,005 М, H_2SO_4 — 0,25 М [4, с. 457].

В 1964 г. в журнале «Биофизика» [5] А. М. Жаботинским была предложена теория колебательной реакции Белоусова, что впоследствии привело к закреплению в научном лексиконе нового термина «реакция Белоусова — Жаботинского».

В июне 1963 г. в Москву приезжает знаменитый американский биохимик Бриттен Чанс и выступает в МГУ с сообщением о своих исследованиях кинетики гликолиза.

• Гликолиз — ращепление углеводов в животном организме без участия кислорода, сопровождающееся образованием молочной кислоты. Выделяемая при этом энергия используется организмом для поддержания жизнедеятельности.

Во время выступления американского ученого будущий известный советский биохимик Симон Эльевич Шноль обратил его внимание на колебательные процессы в ходе демонстрируемых слайдов фосфофруктозокиназной реакции, которые сам Чанс относил к шумам аппаратуры [4, с. 162—163].

Осенью 1964 г. Бриттен Чанс публикует статью о колебательной кинетике фосфофруктозокиназной реакции, и в биохимии начинается бум исследования колебательных режимов [4, с. 163].

Так реакция Белоусова — Жаботинского и колебания концентраций веществ в гликолитическом цикле Чанса становятся объектами пристального внимания Брюссельской школы Пригожина и основой новой науки — синергетики, изучающей совокупные воздействия на что-либо с эффектом, превышающим сумму отдельных вкладов каждого из воздействий.

В 1971 г. совместностно с профессором П. Гленсдорфом Илья Пригожин публикует монографию «Термодинамическая теория структуры устойчивости и флуктуаций», где представляет теорию неравновесных систем во всем диапазоне макроскопического описания, начиная от равновесия и кончая нелинейной областью и неустойчивостью. В частности, он детально исследует процессы и диапазоны физических характеристик, приводящие к образованию диссипативных структур. При исследовании этих вопросов большое внимание уделяется «случайному шуму», играющему роль возмущений в теории устойчивости. Этот «шум» является своего рода тестом на выявление нормального или аномального функционирования той или иной системы. При наличии флуктуаций вблизи точек бифуркации он становится своеобразным индикатором выбора одной из возможных ветвей (вида) следующего устойчивого состояния системы.

Позднее в книге «Самоорганизация в неравновесных системах. От диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации» (на русском языке издана в 1979 г.) Пригожин в соавторстве с Г. Николисом развивает новейшие подходы к эволюционной теории. В этом труде реакция Белоусова рассматривается как образец самоорганизации на предбиологической стадии эволюции. С помощью диссипативных структур авторы смоделировали режимы клеточного деления и показали, что существенную роль в данном процессе играет неустойчивость, связанная с диффузией, которая может приводить к неодинаковой реакции системы на различные факторы вдоль определенных осей. Последнее, в свою очередь, может привести к последовательности неустойчивостей и в итоге — к появлению нового уровня сложности.

Еще одним важным классом химических реакций, приводящих к эффектам самоорганизации на предбиологическом уровне, по Пригожину, являются цепные реакции, так как в них удается зафиксировать три стадии, обеспечивающие саморегуляцию системы: стадию инициирования, разветвления (бифуркации), рекомбинации, или обрыва. На первой стадии создается некоторая «популяция» свободных радикалов, на второй — их критическая концентрация, приводящая к разветвлению реакции и автокаталитическому ускорению отдель-

ных ветвей, наконец, на третьей стадии возникает значительная рекомбинация, что приводит в итоге к обрыву цепи.

На субклеточном уровне саморегуляция системы осуществляется в процессе биохимических колебаний как в виде периодического синтеза ферментов (этот период равен примерно одному часу), контролируемого генетическим механизмом, так и в виде периодически изменяющейся ферментативной активности, собственно и относящейся к метаболическим колебаниям (ее период равен примерно одной минуте). В этом случае с учетом возможных скоростей изменения концентрации метаболитов в диапазоне от 10^{-5} до 10^{-3} мин следует ожидать, что система будет обладать «люфтом» и срабатывать должным образом (приводить к затухающим колебаниям) лишь при потоках меньше некоторых критических значений.

Таким образом, эволюция, по И. Р. Пригожину, рассматривается как последовательность переходов в иерархии структур возрастающей сложности, причем, как указывает Ю. Чизмаджев в предисловии к указанному изданию, «отбор идет в условиях все возрастающей диссипации, тогда как любое стационарное состояние удовлетворяет принципу минимума энтропии» [2].

Все это в конечном итоге привело к появлению нового естественно-научного мировоззрения — синергического мировидения [6] (синергизм — совместное действие каких либо органов или систем).

Согласно этой концепции, природа содержит в себе случайность и необратимость как существенные факторы. Причем материя не является пассивной, а обладает возможностью самопроизвольной (спонтанной) активности, а явления, происходящие в системах далеких от равновесия, вопреки привычным ожиданиям здравого смысла, приводят к множеству стабильных состояний. Решающую роль в развитии стабильности той или иной диссипативной структуры при этом играют флуктуации вблизи точек бифуркации, которые через процессы разрушения — упорядочения обеспечивают соответствующий переход.

3.6. НОВЕЙШИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТОЧЕЧНЫХ СРЕД: КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ. СОВРЕМЕННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ СРЕДЫ (ЕКАТЕРИНБУРГСКИЙ АСПЕКТ)

Развитие телекоммуникационных и информационных систем стало одним из выдающихся событий уходящего века. Вместе с тем оно породило массу новых серьезных проблем, к числу которых относится и создание дискомфортных сред в производственной и бытовой сфере. Последнее особенно важно, так как присутствие электронных коммуникационных и мультимедийных средств в жилых помещениях лишает человека последнего рубежа экологической защищенности и, по сути дела, не дает ему возможности другого выбора.

Это тем более важно, поскольку компьютерные системы характеризуются комплексным сочетанным загрязнением точечных сред, в том числе и качественно новым загрязнением информационного типа, в то время как проблема их экологичности все еще находится в стадии теоретического осмысления. Поэтому, несмотря на очевидный технический прогресс, в экологическом отношении их пока следует рассматривать как несовершенные изделия или, образно выражаясь, как «электронных динозавров» XX в.

Для уяснения специфических особенностей загрязнения компьютерными и мультимедийными средствами точечной среды, а также временной динамики, создаваемой ими дополнительной экологической нагрузки, рассмотрим ключевые этапы технического развития вычислительных машин.

Отправным моментом идеологии современной компьютерной техники принято считать 1835 г., когда английский ученый Чарлз Бэббедж (1792—1871) предложил идею аналитической машины, работающей на основе инструкций, считываемых с перфорированной бумажной ленты (см. CD-диск «Oxford interactive Encyclopedia», 1997, статья: computer, history of. etc.).

Дальнейший принципиальный сдвиг произошел в конце XIX в. и был обусловлен развитием телекоммуникаций на ос-

нове электронной техники. Его связывают с выдвижением принципа последовательной передачи элементов изображения с помощью их преобразования в пункте передачи в последовательность электрических сигналов, которые после этого передаются по каналам связи в пункт приема, где и осуществляется их обратное преобразование. Эту принципиальную идею первыми начали развивать португальский ученый А. Ди Пайва и русский ученый Порфирий Иванович Бахметьев (1860 – 1913).

• Порфирий Иванович Бахметьев известен и своими выдающимися трудами в области биологии, в частности исследованиями по влиянию переохлаждения на организм животных. Он первым экспериментально вызвал анабиоз у млекопитающих (летучих мышей) [1, с. 116].

В 1907 г. американский инженер Ли де Форест (L. De Forest, 1873 – 1961) [2, с. 6] ввел в лампу управляющую сетку, т. е. создал триод, а профессор Петербургского университета Борис Львович Розинг (1869 – 1933) предложил применить электронно-лучевую трубку для приема изображений [2, с. 6; 3, с. 236]. В 1911 г. он впервые осуществил передачу изображения на расстояние, продемонстрировав прием простых геометрических фигур [3, с. 236], и тем самым осуществил принципиально новый переход к электронным телевизионным системам. До этого времени практические шаги по созданию телевидения основывались на использовании синтеза оптико-механических устройств, начало которому в 1884 г. положил немецкий инженер П. Нипков.

В 1926 г. шотландский изобретатель Лоджи Бейрд продемонстрировал первую телевизионную передачу и в 1929 г. создал первую в мире телевизионную студию.

В 1931 г. эмигрировавший в Америку русский ученый Владимир Кузьмич Зворыкин (1889 – 1982) создает первую передающую телевизионную трубку — иконоскоп и закладывает принципы современного электронного телевидения [4, с. 44].

В СССР исследованиями в области электронного телевидения ханимаются И. А. Адамиан, В. П. Грабовский, А. П. Константинов и др. Все это приводит к тому, что регулярное черно-белое телевизионное вещание в СССР начинается с 1939 г.

С 1941 г. регулярные черно-белые телетрансляции начинаются и в США.

С 1953 г., в связи с созданием сотрудниками корпорации «Си-би-эс» цветного телевизора, телевидение приобретает современные черты.

В начале 50-х гг. в СССР также были разработаны электронные системы цветного телевидения, а в 1954 – 1956 гг. в Москве началось опытное телевизионное вещание.

Таким образом, комплексное экологически неблагоприятное воздействие черно-белого телевидения на массового пользователя начинается с 40-х, а цветного – с середины 50-х гг.

В экологическом отношении такое разделение важно, поскольку оно связано как с различной степенью интенсивности комплексного загрязнения первого и второго типа телевидения, так и с их качественными различиями, например, связанными с тем, что цветные телевизоры являются еще и источниками корпускулярного ионизирующего излучения (обусловленного материалом фосфоров, дающих цветное изображение).

В 30-х гг. нашего столетия идеи Чарлза Бэббиджа были использованы для нового витка работ в области компьютерной техники, а именно с применением новой элементной базы – электронных ламп. В 1941 г. на этой основе Конраду Зюсу удается построить первый программно управляемый компьютер в Германии. В 1943 г. Алан Мэтисон Тьюринг (1912 – 1954) создает первый электронный компьютер в Великобритании, а Говард Айкэн (Aiken) совместно с «Ай-би-эм» (IBM – International Business Machines) создает калькулятор в Америке.

В конце 40-х гг. в Великобритании создаются первые коммерчески пригодные компьютеры «Ferranti Mark1» и «LEO».

Однако эпоха ламповых компьютеров оказалась недолговечной. Ее закат предопределило создание в 1948 г. Уолтером Браттейном совместно с Джоном Бардиным полупроводникового транзистора. В 1953 г. это позволило создать первый транзисторный компьютер (Манчестерский университет, Великобритания) и показало перспективные возможности его миниатюризации.

В 1954 г. Джон Бэйкус из корпорации IBM создает первый интернациональный компьютерный язык FORTRAN, а успехи американских разработчиков в области интегральных схем на основе кремния (1959) смещают центр компьютерных разработок в Соединенные Штаты Америки.

В 1969 г. там при финансовой поддержке Министерства обороны несколько университетов и ряд научно-исследовательских групп создают первую в мире компьютерную сеть ARAPNET (Advanced Researth Project Agency Network), ставшую впоследствии прообразом интернациональной компьютерной системы InterNet.

В 1972 г. корпорация «Интел» создает первый в мире микропроцессор «Intel 4004», который оказался коммерчески перспективным и предопределил прогресс в области совершенствования ЧИПов и создания микрокомпьютеров.

В 1976 г. появляется практичный персональный компьютер «Apple», получивший высокую оцунку у профессиональных пользователей.

Немаловажным моментом в развитии электронной техники в 70—80-х гг. стало снижение цен на микроэлектронику, что позволило совместить компьютерную технику с телекоммуникационными средствами и привело к проблеме использования телефонных и иных массово доступных сетей для передачи информации. Так, в 1984 г. в США появляются первые коммерчески приемлемые модемы (от «*mo*dulator — *dem*odulator»).

В 90-х гг. в ЦЕРНе, в Женеве, появляется высокоуровневая служба международных электронных коммуникаций, получившая название Web (The World Wide Web) и рассчитанная прежде всего на академические и исследовательские организации.

С середины 90-х гг., благодаря массовому распространению персональных компьютеров, возможности электронных коммуникаций быстро оценили коммерческие структуры и частные пользователи, которые нашли в них качественно новые средства быстрого и удобного обмена деловой и другой полезной информацией.

Таким образом, середину 90-х гг. следует считать временем массового проникновения электронных коммуникационных систем в производственную и бытовую сферу.

Негативные стороны воздействия на пользователей компьютерных и электронных коммуникационных систем были обнаружены достаточно быстро, что привело к появлению соответствующих регламентирующих документов, в частности

«Временных санитарно-гигиенических норм для работников ВЦ» (Министерство здравоохранения СССР, Москва, 1988 г.), в основу которых были положены принципы, предусматривающие материальную компенсацию за профессиональный риск для взрослого персонала.

Эти же концептуально непригодные с момента их появления нормы были использованы и для кабинетов информатики и вычислительной техники (КИВТ) в связи с появлением в школьной программе курса «Основы информатики и вычислительной техники» (1985/86 уч. г.).

Лишь спустя 11 лет после введения этого курса появились модернизированные «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, ПЭВМ и организации работы» [5], в которых приведены и требования к организации и оборудованию рабочих мест с видеотерминалами и персональными компьютерами для учащихся различных категорий.

Тем не менее они по-прежнему не исходят из понятия экологически комфортной среды и содержат в себе все недостатки бытующей концепции профессиональных рисков.

Чтобы разобраться с этим чрезвычайно актуальным вопросом, приведем и проанализируем вводимые ими нормы.

Так, по микроклиматическим параметрам в классе нормальными для лета приняты: температура +23...+24°С, относительная влажность 60—40%, скорость движения воздуха 0,1—0,2 м/с. Для зимних условий — +22...+24°С, 60—40% и 0,1 м/с соответственно.

В числе дополнительных требований отмечается обязательность предварительной очистки воздуха, поступающего в компьютерный класс, от пыли и микроорганизмов. При этом считается, что температура воздуха, подаваемого в помещение кондиционером, не должна быть ниже +19°С.

На техногенные факторы также накладываются ограничения, среди которых выделяются следующие:

1) по статическому электричеству: допускаемые уровни напряженности электростатических полей не должны превышать 15 кВ/м, а поверхностные потенциалы — 0,5 кВ;

2) по постоянному магнетизму ограничения не приводятся;

3) по электромагнитному неионизирующему излучению на расстоянии 50 см от ВДТ: для электрической составляющей

напряженности электромагнитного поля — 10 В/м, для магнитной — 0,3 А/м;

4) по уровню аэроионизации: минимально необходимой считается концентрация положительных аэроионов — 400, а отрицательных — 600 на 1 $см^3$ воздуха; соответствующие максимально допустимые значения для обоих типов аэроионов могут достигать 50 тыс., при этом оптимальными для отрицательных аэроионов принимаются значения, равные 30—50 тыс. на 1 $см^3$;

5) по шуму и вибрации: уровни шума в учебных помещениях, где используются ПЭВМ, не должны превышать 50 дБА;

6) по освещенности: величина освещенности на поверхности рабочего документа должна соответствовать диапазону 300—500 лк, а внешняя освещенность экрана — 100—250 лк; пульсации освещенностей, создаваемых люминесцентными лампами, при этом не должны превышать 10%;

7) по яркости: фон экрана в полной темноте должен соответствовать диапазону от 35 до 120 кд/$м^2$; фон светящихся поверхностей (окон, светильников и т. д.) не должен превышать 200 кд/$м^2$. Контрастность изображения (разность между яркостью объекта и фона, отнесенная к величине фона) допускается равной не более 0,8; высота символов на экране считается нормальной, если она не менее 3,8 мм при расстоянии от глаз оператора до экрана 40—80 см;

8) по ионизирующему излучению: считается, что конструкция видеотерминала и ПЭВМ не должна создавать экспозиционную дозу на расстоянии 5 см от экрана и корпуса более 100 мкР/ч.

Покажем теперь, насколько заложенные в нормах параметры соответствуют локальным микроклиматическим и геофизическим характеристикам Екатеринбурга, определяющим экологический комфорт его жителей.

Локальные микроклиматические и геофизические характеристики Екатеринбурга

Локальные микроклиматические и геофизические характеристики Екатеринбурга в настоящее время изучены достаточно полно. Систематические исследования такого рода, как

отмечалось выше, в Екатеринбурге проводятся с 1836 г. и включают большие массивы экспериментальных данных [6, с. 7]. Это позволяет не только учитывать суточный или годовой ход локальных геофизических элементов, но и судить об их вековых вариациях.

Ниже проведено обобщение необходимой для предмета исследования информации о наиболее важных из микроклиматических и геофизических характеристик города [6 – 10].

1. Микроклиматические характеристики Екатеринбурга

Высота города над уровнем моря – 284 м.
Внутригородские перепады высот – 65 м.

Аэрологические характеристики

Преобладающее направление ветра в течение года	западное
Зимой	западное
Летом	западное (18 – 20%), северо-западное (15 – 17%) и северное (12 – 15%)
Среднегодовая скорость ветра	3 м/с
Среднегодовая продолжительность ветра со скоростью 0 – 1 м/с	22 %
Максимальная скорость ветра	39 м/с (7 июля 1893 г.)

Атмосферное давление

Среднее давление	737 мм рт. ст. = 98200 Па
Высота над уровнем моря	284 м
Внутригородские перепады высоты	65 м
Максимальное значение давления	773 мм рт. ст. = 10290 Па (1910 г.)
Минимальное значение давления	690 мм рт. ст. = 91880 Па (1884 г.)
Среднегодовой максимум давления	740 мм рт. ст. = 98600 Па
Среднегодовой минимум давления	735 мм рт. ст. = 97900 Па

Таблица 1

Температура, °С

Значения температуры	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Средняя	-16	-15	-8	2	10	15	17	15	9	1	-7	-14
Средняя по абс. максимуму	-2	0	7	18	27	30	31	29	24	15	5	0
Абсолютный максимум	6	8	17	28	33	35	38	37	30	25	14	6
Средняя по абс. минимуму	-32	-30	-25	-13	-4	2	6	3	2	-12	-23	-30
Абсолютный минимум	-44	-42	-39	-21	-14	-2	2	-1	-9	-22	-39	-43

Изменения температуры в течение 1 ч, $\Delta T/\Delta t$

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\Delta T/\Delta t$	0,35	0,60	0,77	0,72	0,75	0,86	0,71	0,80	0,69	0,49	0,36	0,33

Среднемесячные значения относительной влажности, В, %

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
В, %	80	76	71	64	58	60	68	72	75	77	79	81

Таблица 2

Освещенность горизонтальной поверхности по месяцам и времени суток, клк

Месяц	6 ч 30 мин	9 ч 30 мин	12 ч 30 мин	15 ч 30 мин	18 ч 30 мин
1	—	—	13,1	—	—
2	—	14,0	25,9	8,7	—
3	—	18,4	24,1	13,7	—
4	10,7	42,5	52,0	29,2	—
5	19,8	48,9	56,3	36,2	7,7
6	23,3	52,2	57,2	39,6	11,2
7	20,1	49,0	56,8	38,2	10,7
8	13,1	40,8	49,7	31,4	5,0
9	4,9	28,9	35,2	18,0	—
10	—	15,9	20,0	6,3	—
11	—	7,7	13,3	—	—
12	—	—	9,2	—	—

Среднегодовое значение относительной влажности в Екатеринбурге – 72 %.

Характеристики освещенностей вертикальных поверхностей определяются при использовании коэффициентов пересчета (см. табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты пересчета с горизонтальной поверхности на вертикальную

Ориентация стены	Месяц							
	3	4	5	6	7	8	9	10
Север	0,25	0,25	0,28	0,28	0,25	0,26	0,31	–
Северо-восток	0,32	0,36	0,38	0,39	0,36	0,35	0,35	–
Восток	0,56	0,57	0,52	0,52	0,52	0,53	0,57	0,56
Юго-восток	0,90	0,71	0,59	0,54	0,56	0,65	0,82	–
Юг	1,10	0,73	0,54	0,46	0,50	0,63	0,90	1,18

Для расчета времени солнечного облучения в разные месяцы года при условии соблюдения лечебной дозы облучения (210 кДж/м^2) или инсоляции помещений может быть использована табл. 4.

Таблица 4

Интенсивность солнечного облучения, Дж/ (с·м^2)

Дата, место замера	Время, ч					
	10	11	12	13	14	15
19.03						
Верхнее Дуброво	65	50	80	100	65	10
Екатеринбург, центр	350	260	420	400	350	280
Уралмаш	150	150	160	160	160	140
Уктус	160	180	210	200	190	120
04.08						
Верхнее Дуброво	440	510	520	510	480	350
Екатеринбург, центр	450	470	450	420	400	300
Уралмаш	430	440	450	440	420	300
Уктус	440	530	520	490	480	350

Так, из табл. 4 следует, что для центра Екатеринбурга 19 марта в 11 ч время начального минимального облучения (сеанс загара) соответствует 10 мин.

• Известно, что солнечные лучи убивают болезнетворные бактерии и микроорганизмы, поэтому каждая комната в помещении должна получать солнечную радиацию (инсолироваться) в течение нескольких часов, что защищает, например, от таких заболеваний, как грипп и туберкулез. При этом важно присутствие в помещении всего спектра солнечного излучения, в частности ультрафиолетового.

В связи с этим в настоящее время разработаны специальные стекла для так называемых биоокон. Биоокно состоит из двойной рамы, створки которой открываются независимо. В наружной раме вставлено стекло, пропускающее ультрафиолетовое излучение (плексиглас), а во внутренней — обычное простое стекло. В тихую солнечную погоду зимой внутреннюю раму открывают и ультрафиолетовое излучение проникает в жилище.

2. Локальные геофизические факторы Екатеринбурга

Таблица 5

Напряженность электрического поля, В/м

Напряженость	Зима	Весна	Лето	Осень
Суточные изменения	135 (5 ч) – 230 (18 ч)	140 (4 ч) – 170 (8 ч, 18–22 ч)	110 (14 ч) – 145 (24–02 ч)	130 (6 ч) – 170 (18 –22 ч)
Среднесуточные значения	180	145	130	150
Среднегодовое значение	–	145	—	—

Характеристики магнитного поля

Индукция магнитного поля	53 мкТл
Горизонтальная составляющая магнитного поля	17–18 мкТл
Вертикальная составляющая магнитного поля	51 мкТл
Магнитное склонение	11–13°
Магнитное наклонение	70–73°

Суточные вариации индукции магнитного поля:

Наибольшие (июнь — июль)	до 28 нТл

Основной максимум	от 17 до 19 ч,
Второстепенный максимум	от 4 до 8 ч
Наименьшие (декабрь)	6 нТл
Основной минимум (с марта по октябрь)	от 11 до 12 ч
В январе – феврале и ноябре – декабре выражен слабо	
Второстепенный минимум (наблюдается в течение всего года)	от 2 до 3 ч

Краткосрочные изменения магнитной индукции, нТл

Магнитная активность			
Слабая	Средняя	Сильная	Очень сильная
10 – 60	до 120	до 300	Более 300

Наибольшие известные автору значения магнитной индукции бурь наблюдались в Екатеринбурге в 1967 г. (1, 08 мкТл) и в 1968 г. (1, 064 мкТл). Магнитные бури с индукцией около 1 мкТл наблюдались: один раз в 1957 г. и дважды в 1958 г. [11].

Радиоактивное излучение

Естественный гамма-фон (среднегодовые значения)	8 – 10 мкР/ч
Минимум – в лесопарковой зоне	4 – 8 мкР/ч
Максимум – в Шарташском гранитном массиве	8 – 20 мкР/ч
Естественная объемная активность приповерхностного воздуха (радон-222, торон-220 с продуктами распада)	10^{-13} Ки/л
Естественная удельная активность почвы (калий-40, радий-226, торий-232)	0,005 – 0,02 мкКи/кг

Диапазоны толерантности экологических факторов в Екатеринбурге

Условия экологического комфорта в Екатеринбурге определяются диапазонами толерантности его экологических факторов. Из этих факторов наиболее изученными являются локальные абиотические факторы (климатические, метеорологические, физические, химические). В этом контексте ниже приведена оценка диапазонов толерантности для локальной плотности атмосферы, температуры, давления, влажности, локальных геофизических факторов и факторов антропогенного происхождения. Для уяснения величины антропогенной нагрузки сопоставление значений экологических факторов естественной и искусственной среды проведено на примере стандартной учебной среды, в частности кабинета информатики и вычислительной техники (КИВТ).

Относительные значения плотности атмосферы в Екатеринбурге с учетом высоты его нахождения над уровнем моря и максимального диапазона температур составляют соответственно от 96,85% при +31°С до 96,05% при −32°С.

Отсюда следует, что для самого теплого летнего дня отклонение плотности воздуха составляет +3,15%, а для самого холодного дня зимы −3,95% относительно уровня моря.

Диапазон относительных изменений плотности воздуха в зависимости от температуры тогда составляет 0,8%. Данный диапазон соответствует изменению плотности воздуха при изменении высоты на 70 м при температуре +31°С, либо на 60 м при температуре −32°С относительно высоты 284 м над уровнем моря. Таким образом, городские перепады высот соответствуют условию экологической комфортности.

Максимальная скорость изменения плотности воздуха для Екатеринбурга наблюдается в июне и для средних июньских температур (+15°С) составляет 0,02% в час. Соответствующее значение для максимальных июньских температур (+31°С) составляет 0,05% в час.

Наиболее существенные среднемесячные изменения плотности городской атмосферы наблюдаются в феврале—марте — 0,1%, марте—апреле — 0,13% (с тенденцией сглаживания плотности по высоте), а также в августе—сентябре — 0,07% и в сентябре—октябре — 0,10% (тенденция усиления неоднород-

ности распределения плотности воздуха по высоте). Последнее усиливает неравновесность атмосферы и может приводить в отмеченные сроки к температурным инверсиям. Диапазон толерантности по температуре — от −32°С до +31°С.

Диапазон толерантных скоростей изменения температуры — 0,35—0,86°С/ч.

Максимальный диапазон изменения давления в Екатеринбурге составляет 83 мм рт. ст., что соответствует изменению давления на 11,26% от его среднего значения (737 мм рт. ст). Усредненная годовая разность давлений несколько меньше — 70 мм рт. ст. Она и определяет диапазон толерантности по плотности.

Диапазон толерантности по относительной влажности — от 58% (май) до 81% (декабрь).

Диапазон толерантности по максимальной освещенности (12 ч 30 мин) — от 9 клк в декабре до 68 клк в июле.

Наибольшие среднемесячные изменения освещенности наблюдаются в июле — от 35 до 68 клк (12 ч 30 мин). Отметим, что естественные адаптивные возможности глаза эффективны в диапазоне от 1 мклк (полная темнота) до 100 клк (прямой солнечный свет).

Диапазон толерантных изменений напряженности электрического поля — 110—230 В/м. Среднесуточные изменения напряженности электрического поля (Е) зимой достигают 100 В/м, в остальные сезоны — 35—40 В/м.

Диапазон толерантных изменений индукции магнитного поля:
а) суточные изменения горизонтальной составляющей:
наибольшие — 0,04 мкТл (июнь),
наименьшие — 0,01 мкТл (декабрь),
среднегодовое суточное изменение — 0,02 мкТл;
б) суточные изменения вертикальной составляющей:
наибольшие — 0,02 мкТл (май—июль),
наименьшие — 0,01 мкТл (январь—декабрь);
в) суточные изменения полной индукции магнитного поля:
наибольшие — 0,028 мкТл (июнь—июль),
наименьшие — 0,006 мкТл (декабрь).

Среднегодовая амплитуда суточных возмущений составляет 0,01 мкТл.

Годовые максимальные амплитуды возмущений магнитного поля наблюдаются в марте и сентябре—октябре (0,15 мкТл).

Влияние магнитных бурь приводит к появлению разности потенциалов до нескольких сот Вольт в различных пунктах земного шара. В заземленных проводах в таких случаях возникают токи, измеряемые сотнями миллиАмперов. Среднее значение градиента потенциала земли, вызванное нормальными суточными изменениями земного электромагнетизма, составляет 0,2 В/км. Во время магнитных бурь он увеличивается до 1 В/км. Экспериментально градиенты обнаруживают в цепях постоянного тока, в частности в заземленных телеграфных проводах. Для Урала они могут быть зафиксированы путем наблюдений за показаниями миллиамперметра, включенного в заземленный провод линии Екатеринбург — Тюмень. В среднем магнитные возмущения приводят к токам от 20 до 50 мА. Однако известны случаи возникновения токов и до 0,2 А.

Сильные магнитные бури могут приводить к изменению величины магнитного поля в пределах от 50 до 300 нТл, а очень сильные (как в 1957 и 1958 гг.) — до 1 мкТл и выше [11, с. 67].

Диапазон толерантных изменений мощности экспозиционной дозы (гамма-фона) — 4 — 20 мкР/ч.

С учетом этих диапазонов оценим нагрузки, создаваемые в искусственных точечных средах Екатеринбурга. В качестве объекта исследования рассмотрим искусственную среду в кабинетах информатики и вычислительной техники (КИВТ), считающихся наиболее защищенными в плане санитарных правил и норм.

Антропогенные нагрузки в КИВТ школ Екатеринбурга

Антропогенные нагрузки в КИВТ школ Екатеринбурга обусловлены разностями между экологическими факторами внутри помещения и соответствующими характеристиками естественной локальной среды. Данные нагрузки не приводят к экологическому дискомфорту, если они ограничиваются пределами локальных диапазонов толерантности для соответствующего момента времени.

Ниже приведены антропогенные нагрузки для КИВТ в Екатеринбурге. В частности, это нагрузки, связанные:

1) с температурными перепадами в разные периоды года составляют (в январе — 2,44, в июле — 0,41);

2) с разностью плотности воздуха в помещении и на улице (в январе — 0,15, в июле — 0,02);

3) с разностью относительной влажности (в январе — 0,38, в мае — 0,13, в июле — 0,26);

4) с разностью освещенностей горизонтальной поверхности в помещении и на улице (в июле — 0,99, в декабре — 0,92);

5) с разностью яркостей экрана видеомониторов и естественной яркости освещенных поверхностей (в июле — 0,98, в декабре — 0,89);

6) с разностью напряженностей, создаваемых полем компьютера (статическим электричеством) и естественным электростатическим полем (зимой — 110, летом — 153);

7) с разностью концентраций аэроионов в помещении и на улице (49);

8) с разностью между постоянными искусственным и естественным магнитными полями (188);

9) с разностью между шумом в помещении, создаваемым принтером и процессором, и естественным шумом листвы на улице (от 3 до 5);

10) с разностью между радиационным фоном, создаваемым стенами помещения и компьютером, и локальной естественной радиоактивностью. В среднем мощность излучения вблизи экрана компьютеров колеблется от 30 до 60 мкР/ч, что соответствует дополнительным нагрузкам от 0,5 до 2.

В дополнение к указанным нагрузкам следует добавить нагрузки, обусловленные переменным электромагнитным полем, химические нагрузки, обусловленные конструкционными материалами стен помещения, лакокрасочными материалами, мебелью, материалами ИВТ и ее инфраструктуры [12].

Из приведенных оценок следует, что требования санитарно-гигиенических нормативов существенно отличаются от требований, необходимых для обеспечения экологического комфорта.

Такое различие связано с учетом санитарно-гигиенических нормативов профессиональных рисков, компенсируемых материальными благами или другими производственными привилегиями. Под риском при этом понимается возможное отклонение того или иного жизненно значимого параметра, возникающее в ходе профессиональной деятельности, от соответ-

ствующего параметра естественной среды, что может приводить к болезнетворным физиологическим расстройствам.

Такие риски рассчитываются из производственной необходимости, т. е. из минимально необходимых условий жизнеобеспечения. Для примера рассмотрим критерии, закладываемые санитарными правилами и нормами, для расчета допустимых значений напряженности электрического поля

Известно, что при усредненной естественной напряженности электростатического поля вблизи поверхности земли в 130 В/м разность потенциалов между головой человека и землей (U) составляет 220 В. Следовательно, в нормальных условиях через его тело (сопротивление R=1 МОм) может пройти ток силой I = 0,22 мА. Это значение силы тока меньше порога чувствительности человека к току (1 мА) [13, с. 339]. Для Екатеринбурга максимальные значения потенциально возможной силы тока в нормальных условиях может составлять 0,4 мА. Санитарно-гигиенические нормы исходят из возможных значений напряженности электростатических полей до 20 кВ/м. Срок пребывания персонала в таких условиях не ограничен [12, с. 119]. Укажем, что данные напряженности соответствуют потенциально возможным токам в нормальных условиях — до 40 мА, т. е. в 100 раз превышающим естественно возможные. Такой ток уже способен вызывать болезненные ощущения (нарушение дыхания, сокращение мышц). Заметим, что ток в 70 мА уже сильно нарушает дыхание, а ток больше 200 мА останавливает его вовсе и дает сильные ожоги.

Таким образом, данный норматив защищает только от экстремальных ситуаций и не обеспечивает экологического комфорта. Аналогичная ситуация имеет место и для других контролируемых факторов.

Очевидно, что подобные критерии не могут быть признаны удовлетворительными для учебных аудиторий, где риски ничем не скомпенсированы. Поэтому для них требования к техническим средствам обучения, создающим дополнительные нагрузки, должны исходить из соблюдения принципа экологического комфорта.

В качестве одного из способов решения таких задач при использовании широко распространенных в образовательной сфере компьютеров может служить авторская разработка в виде Интернет-пакета, которая содержит простейшие методи-

ки экологической самодиагностики и снижения нагрузок, реализуемые на основе стандартного лабораторного оборудования физических кабинетов [14; 15].

Следует учитывать и еще один вид загрязнения — создаваемый телевизорами и компьютерными системами. Известно, что телевизионное изображение формируется с кадровой частотой 25 Гц и информационной емкостью примерно 600 · 600 элементов. Тактовые частоты комьютеров на несколько порядков выше телевизионных. В частности, современные схемы позволяют увеличивать информационную емкость до массивов из миллиона элементов. Однако для их обработки требуются триллионы операций в секунду. Технически это неизбежно создает взаимные наводки в близкорасположенных к друг другу трассах межсоединений, электромагнитные поля сложной информационной топологии в месте нахождения компьютера. Их конкретное воздействие непредсказуемо для компьютерного пользователя, но в любом случае оно выступает как дополнительный искусственный раздражитель нервной системы. Таким образом, в ближайшей перспективе придется учитывать и еще один тип загрязнения точечных сред, которые можно назвать информационным загрязнением.

Завершая экскурс по экологическим исследованиям ушедшего века, можно констатировать, что он стал веком не только традиционных видов загрязнения окружающей среды, но и принципиально новых, в частности искусственного электромагнитного и ионизирующего радиационного загрязнения. В этом отношении XX в. можно считать веком искусственных излучений.

• Впервые наиболее емко влияние изменения городского электромагнитного фона на экологический комфорт его жителей отметил в 1930 г. известный французский ученый Шарль Нордманн. В частности, он указал на то, «что большие города представляют собой своего рода "электрическое поле" вследствие наличия различных электрических установок: станций, трамваев, электрических железных дорог, телефонов, телеграфа, электрического освещения, радио и пр. Различные участки этого поля постоянно претерпевают изменения в зависимости от местных обстоятельств. Достаточно для этого взяться за ручку телефона, включить электричество, радиоприемник. Всякий раз, когда вблизи организма замыкается или прекращается ток или колеблется степень его напряженности, в нем возникают так называемые индукционные наведенные токи, которые, так или иначе влияя на организм, не могут не влиять также и на нашу нервно-психическую деятельность и вызывают в ней различные шоки, смены настроения, колеба-

ния и пр.» [16, с. 605]. На этом основании Ш. Нордманн полагал, что скоро наступит время «электрократии», когда «электроскоп станет главной силой в государстве, когда, глядя на его показания, государство будет принимать те или иные решения: разрешать или запрещать прения в парламенте, объявлять войны, чинить суд и т. д.» [там же]. Как отмечал сам А. Л. Чижевский [16, с. 608] подход Шарля Нордманна далеко не беспочвенен, так как в больших городах действие ионизации воздуха особенно значимо вследствие загрязненности атмосферы частицами угля и другими загрязнителями. В результате этого ионизация значительно ослаблена, и, соответственно, возникает дефицит благотворных отрицательных ионов.

Вместе с тем XX в. стал веком набора информации по воздействию на биосистемы и неорганические природные объекты малых доз. При этом в работах А. Л. Чижевского, Н. В. Тимофеева-Ресовского, И. Р. Пригожина было показано, что малые воздействия также способны приводить к макропоследствиям для биосистем как соматического, так и генетического порядка.

В контексте данных работ малые воздействия следует рассматривать, по всей видимости, как некий ключ к сложному кодовому механизму вскрытия биологической защиты живых систем. Существенную роль при этом должны играть не столько абсолютные значения тех или иных экологических факторов или их вариаций, сколько их аномально быстрые временные изменения, выходящие за пределы естественных диапазонов толерантности.

Вот почему в будущих концепциях экологической безопасности следует учитывать, помимо диапазонов толерантности, характерных для избранных локальных сред, и мгновенные градиентные вклады соответствующих экологических факторов.

При сочетанном воздействии экологических факторов, выходящих за максимальные естественные диапазоны толерантности как по абсолютным, так и по временным градиентным значениям, следует ожидать пригожинских сценариев новой самоорганизации, проявляющихся в «квантовом» возникновении соматических и генетических расстройств. Не последнюю роль в этом механизме могут играть и информационные загрязнения, так как сигналы, перегруженные информацией, могут приводить к сбою в считывании основной информации о локальных экологических факторах и к соответствующим сбоям в реакции на них организма в целом.

Об одной из попыток решения данной проблемы речь пойдет в следующей главе.

3.7. ИНФОРМАЦИОННО-ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД К ВОЗДЕЙСТВИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Развиваемый ниже информационно-вероятностный подход к воздействию малых экологических факторов на сложные биосистемы основывается на идеях «русской линии» в биосферном естествознании, в частности на идеях, вытекающих из классических работ А. Л. Чижевского [1—9], Н. В. Тимофеева-Ресовского [10—20] и И. Р. Пригожина [21—27], из работ их учеников и последователей [28—50]. Наметившийся прогресс [20, 50] использования бездозовой концепции [19] при рассмотрении проблем радиационной безопасности, комплексный анализ последствий радиационных катастроф [51—54] и других факторов воздействия на окружающую среду на Урале [55—61] с учетом естественно-исторического анализа работ названных выше исследователей [4, 42, 44, 48—49, 60] все явственнее показывает, что эффекты воздействия экологических факторов, и тем более «малых» факторов, не могут быть сведены только к энергетическому описанию. Причиной тому являются эффекты усиления, обнаруживаемые как в различных подразделениях неживой природы, так и в биосистемах, возникающие вследствие использования собственных энергетических ресурсов, приводимых в действие различными кодовыми механизмами. В этой связи корректные и тем более первопринципные физические или физико-химические подходы оказываются малопригодными. Вместе с тем результаты, полученные в рамках развитых физических, химических и биологических подходов, по действию экологических факторов, обнаруживают сходные тенденции и, по всей видимости, могут быть обобщены в рамках единого феноменологического подхода, основанного на понятийном аппарате теории вероятностей и информации.

Исходя из этого, в данной работе на основе информационно-вероятностного подхода предпринята попытка прогнозирования и воспроизведения закономерностей совокупного действия экологических факторов на сложные биосистемы.

Для постановки проблемы и подтверждения гипотезы исследования был проанализирован ряд взаимоподтверждаю-

щих и дополняющих выводов и следствий из работ вышеупомянутых авторов, сделанных на основе качественно различных подходов в различных областях естествознания: в физике, химии и биологии. Были обобщены сходные сведения о действии экологических факторов различной природы и выделены следующие посылки для развития предлагаемого подхода.

1. Действие агентов окружающей среды следует рассматривать в комплексе и во взаимодействии на конечной стадии перед их воздействием на биосистему.

При этом необходимо учитывать, что, согласно А. Л. Чижевскому, геофизические, геохимические, атмосферные и биосферные характеристики Земли, условно рассматриваемые в данной работе как факторы геоинформационного поля, испытывают сложное влияние со стороны космофизических факторов и прежде всего гелиофакторов, которые здесь можно условно рассматривать как факторы гелиоинформационного поля. При рассмотрении взаимодействия биосистемы с совокупным действием факторов этих полей, равно как и при проведении различных осреднений, принципиально нельзя пренебрегать локальной и точечной информацией, создаваемой ближним порядком с его естественными и искусственными компонентами, поскольку именно точечная среда ответственна за конечную входную информацию в биосистему, определяет ее истинное содержание.

Таким образом, в данном подходе экологический фактор рассматривается как понятие, содержащее адекватную конечную синтетическую информацию о ближнем (точечная среда), промежуточном (местная среда) и дальнем порядке (геосфера и гелиосфера).

При анализе возможных механизмов взаимодействия этих сфер была учтена идея А. Л. Чижевского о кодовой и усилительной функции этого взаимодействия, которую он, рассматривая действие солнечной активности на геосферу и биосферу, формулировал образно. Согласно ему, «солнечный луч как бы приводит в движение лишь спусковой механизм» [4, с. 571]. При рассмотрении механизмов возникновения возмущений электрического и магнитного поля вблизи поверхности Земли он особенно подчеркивал усилительную роль

промежуточного агента — атмосферы [4, с. 571—572]. Вместе с тем было обращено внимание на выделенный А. Л. Чижевским «кибернетический аспект» действия отдельных составляющих солнечной радиации [3; 4, с. 582—623]. Так, в связи с аэроионным фактором он отмечал ведущую роль электромагнитного поля в механизме действия ведомых им заряженных частиц и особенно роль поля как фактора «активизации» заряженных частиц в самой биосистеме, например в кровотоке [6; 7; 9]. Главенствующая роль поля при этом определялась, с одной стороны, его электрической, магнитной, структурной и пространственной организацией ионов, а с другой стороны, дополнительно индуцируемым и усиленным вследствие создания более высоко организованной ионной системы внутренним полем, транслирующим действие ионов-катализаторов на большие массивы вещества биологических сред. Из этого для развития предлагаемого подхода была сделана вторая посылка/

2. При оценке роли малых факторов необходимо учитывать их качественное отличие от больших факторов, их кодовую функцию, проявляющуюся во включении механизмов усиления для полноценного восприятия информации и адекватной реакции на нее.

Эта посылка, в частности, основывается на выявленных А. Л. Чижевским фактах и идеях об особой роли малых факторов, а именно: лунного света, аэроионов и радиоизлучения гектомикронного диапазона (или, в терминах самого Чижевского, «биоактивного Z-излучения») [4, с. 735].

• В контексте данной работы отметим, что Z-излучение А. Л. Чижевского относится к области спектра электромагнитного излучения, практически не достигающего земной поверхности в периоды спокойного Солнца из-за эффективного поглощения его в атмосфере молекулами кислорода и воды [62, с. 206]. Соответственно для биосистем Z-излучение следует отнести к редко встречаемой в естественных условиях информации, возникающей лишь в связи с солнечной активностью. По всей видимости, эти соображения касаются и радиоволн с длинами больше десятков метров, для прохождения которых необходимо особое стечение обстоятельств — аномально высокое динамическое разряжение ионосферы или волны, порождаемые ею же при торможении солнечного ветра [47, с. 22].

Особо примечательным Z-излучение гектомикронного диапазона оказывается и в связи с потенциально возможным совпадением периодов перестроек короткоживущих динамических сверхструктур воды в узких ка-

пиллярах [35; 47], существование которые можно предположить, руководствуясь общей информацией о спектральных и структурных характеристиках воды [63; 64].

А. Л. Чижевский обратил внимание на то, что, несмотря на малость доли лунного света по отношению к солнечному (0,00016 %), из-за принципиального отличия в их поляризации (информационном коде) лунный свет распознается биосистемами и, в используемых терминах, приводит к срабатыванию их кодовых механизмов [4, с. 613, 622].

Его идея о роли малых концентраций аэроионов с определенным коэффициентом униполярности [4; 5; 8] как катализаторах, влияющих на равновесие обменных процессов организма, в частности в его кровотоке [6], также подтверждает генеральную идею экологической значимости малых факторов и последовательно развивалась ученым в его поздних работах [7; 9].

Вместе с тем естественное число аэроионов в атмосферном воздухе, как известно, очень мало ($10^2 - 10^3$ на 1 $см^3$) по сравнению с числом нейтральных молекул, а относительно малые средние энергии со всей очевидностью могут указывать лишь на их непрямое энергетического воздействие, на их некую кодовую (информационную) функцию, необходимую для запуска того или иного физико-химического механизма реакции организма на изменения окружающей среды.

Исследуя Z-излучение [3; 4], А. Л. Чижевский также столкнулся с проблемой его малоэнергетичности [4, с. 725—738] и энергетически несоизмеримого действия на органические коллоидные растворы. Причем, как было показано в последующем, в модельных экспериментах по влиянию низкочастотного радиоизлучения (10 кГц) на неорганические водные коллоидные растворы [41; 4, с. 737], расположенные на различных расстояниях от передатчика (мощность 20 Вт), осаждение коллоидной системы (оксихлорида висмута) на большем расстоянии (20 м) от передатчика протекало даже быстрее, чем на меньшем расстоянии (2 м). [41, с. 37], т. е. осаждение определялось не энергетическим влиянием, которое уменьшалось при этих условиях на два порядка, а усилением в среде самого объекта воздействия, в данном случае — в воде.

Таким образом, А. Л. Чижевский и его сподвижники зало-

жили мощный фундамент для развития информационного подхода к явлениям взаимодействия объектов живой и неживой природы с малыми экологическими факторами.

В дальнейших работах последователей А. Л. Чижевского, в частности А. В. Дьякова, был развит эффективный прогностический подход к метеорологическим явлениям, в котором увеличение длительности неустойчивых состояний воздушных потоков (возмущений атмосферной циркуляции) соотносилось с производной роста величины площади солнечных пятен по времени [4, с. 751 – 752]. Из этого следовало, что и в экологическом отношении целесообразно учитывать не только вероятности пространственно варьируемых экологических факторов, но и вероятности скоростей их изменения, из чего вытекала третья исходная посылка для развиваемого ниже подхода.

3. При комплексной оценке действия экологических факторов необходимо учитывать не только вероятности реализаций их неких абсолютных значений, но и вероятность скоростей их изменения.

Итак, из анализа физической линии, использованной для раскрытия общих принципов и особенностей действия экологических факторов, в работах А. Л. Чижевского, следует: при решении экологических проблем необходимо принимать во внимание не только совокупное действие больших физических факторов и их прямое энергетическое воздействие, но и кодовое действие малых факторов, особенно малоэнергетических. Частично кодовое действие должно быть связано с величинами мгновенных скоростей изменения экологических факторов.

В рамках биологического и химического подходов указания на эти особенности можно обнаружить у Н. В. Тимофеева-Ресовского, Дж. Пиккарди, И. Пригожина. В рамках системного подхода на парадокс действия малых и малоэнергетических факторов указал Н. Ф. Реймерс [47, с. 294 – 300].

В предлагаемом подходе возникший парадокс можно снять с помощью общей идеи усиления действия малых факторов посредством кодового запуска биологической системы и идеи повышения их статистического веса вследствие обязательно полного считывания любой информации, так как только это

обеспечивает эффективное взаимодействие биосистемы со сферами всех порядков, в том числе и дальнего, например с Солнцем.

Приведенные выводы А. Л. Чижевского во многом совпадают с выводами, сделанными в биологической сфере Н. В. Тимофеевым-Ресовским и его школой в рамках развитой в послевоенные годы радиационной биогеоценологии [15; 16; 36—38; 42; 50]. Последнюю, как известно, Н. В. Тимофеев-Ресовский определял как «ветвь общей биогеоценологии, занимающуюся изучением биогеоценотических процессов с применением радиоизотопов и ионизирующих излучений, а также оценкой роли радиоизотопов и ионизирующего излучения в работе, перестройке и эволюции природных биогеоценозов и биосферы в целом» [16; 42, с. 97], т. е. кибернетический аспект был заложен уже в самом определении радиобиоценологии. Принципиально и то, что сами радиоизотопы им рассматривались как носители комплексной, сложной информации, а не только как «меченые атомы».

• В 60-е гг. вместо термина «радиационная биогеоценология» стал употребляться термин «радиоэкология». Сам Николай Владимирович к этому относился критически, поскольку, по его мнению, «появление этого термина обязано весьма неясно сформулированному термину «экосистема», включающему, в сущности, понятия трофических цепей различной комплексности, вместо всесторонне обоснованного термина «биогеоценоз» (термин «экосистема» впервые употребил в 1935 г. А. Тенсли. В 1959 г. он был широко введен в научный лексикон благодаря трудам Юджина Одума) [42, с. 209].

Так, в интересующем нас контексте важно подчеркнуть, что радиоизотопы им были избраны, с одной стороны, как элементы не только с химическим, но и с физическим действием, а следовательно, с изначально заложенным фактором потенциальной синергии при взаимодействии с живым веществом. С другой стороны, в качестве «меток» были избраны искусственные радионуклиды, являющиеся к моменту начала этих исследований для информационных систем живого вещества качественно новыми, причем с той особенностью, что их концентрация в естественном биогеоценозе ничтожно мала, а воздействие длительно (чаще всего больше времени жизни биообъекта).

• Известно, что на одном из месторождений в Западной Африке соотношение между ураном-235 и ураном-238 в урановой руде составляет не 0,72 %,

являющихся своего рода мировой константой, а 0,64%, что привело специалистов к мысли о его выгорании во время работы природного реактора. Действительно, если учесть, что период полураспада урана-236 меньше периода полураспада урана-238 примерно в 6,5 раза, то это означает, что содержание изотопов урана-235 примерно 2 млрд лет тому назад составляло 3%. Таким образом, естественный уран того времени обладал свойствами нынешнего обогащенного урана, а стало быть, в качестве природного замедлителя могла быть пригодна обычная вода. С учетом того, что изначально урановосная жила была пронизана грунтовыми водами и имела длину до 0,9 км при толщине до 10 м, то со временем в ней образовались глинистые линзы размером до 20 × 1 м, содержащие урана до 40%. Они-то, по мнению геофизиков, и стали зонами естественного реактора, в которых могла развиваться цепная реакция деления. Эта версия позднее подтвердилась обнаружением в руде избытка плутония и редкоземельных элементов. Численные расчеты показали, что естественный природный реактор проработал примерно 600 тысяч лет и, по гипотезам некоторых исследователей, мог сыграть позитивную роль в эволюции человека [65, с. 155 – 156].

Вместе с тем для развития кибернетических подходов при исследовании биосферных процессов Н. В. Тимофеевым-Ресовским были избраны наиболее комфортные в экологическом отношении биогеоценозы (т. е. такие, где действие агентов среды по отношению к другим биогеоценозам заведомо ослаблено или, по крайней мере, менее выражено), которые сам Николай Владимирович, развивая идеи В. Н. Сукачева, рассматривал как элементарные природные ячейки («биохорологические единицы») с относительно устойчивыми внутренними связями, временно находящиеся в динамическом равновесии с соседними ячейками.

• Биохор – подразделение биосферы, включающее группы сходных биотопов – участков среды обитания растений, животных и микроорганизмов с относительно однородными условиями (например, болото, пойменный луг, высокоствольная дубрава).

При таком подходе потеря внутренней устойчивости экологически комфортного биогеоценоза, например водоема, вследствие разумно выбранного малоэнергетического фактора, несущего ранее неизвестную информацию (искусственная радиация), теоретически давала возможность наиболее зримо отследить действие всего кибернетического механизма жизни биогеоценоза и информационные потоки в его отдельных звеньях.

Из этого же следовало, что для нарушения внутренней устойчивости биогеоценоза достаточно найти ведущий биотоп,

или вид, и нарушить его эволюционную константу равновесия.

Практические работы лаборатории Н. В. Тимофеева-Ресовского в Миассово наглядно подтверждают это. Так, в ней было начато изучение способности водных и сухопутных растений и организмов накапливать радионуклиды осколочных элементов урана, установление коэффициентов их накопления в различных подразделениях комфортных биогеоценозов [42; 50]. Именно этот обширный материал составил экспериментальную базу для экологического моделирования судьбы рассеянных элементов (включая элементы группы урана) в биосфере, с одной стороны, и судьбу видов в связи с их концентрационной способностью — с другой.

Кибернетические аспекты обнаруживаются и в принципиальных выводах, сделанных в Миассово Н. В. Тимофеевым-Ресовским и его сотрудниками.

Так, на основе экспериментальных данных по коэффициентам накопления было показано, что пределы накопления радионуклидов чрезвычайно широки для разных видов организмов [50, с. 9—20]:

— были выявлены виды организмов с особенно высокими коэффициентами накопления, которые стали использоваться как радиоиндикаторы (мхи, лишайники, хвоя сосны и т. д.) [11; 15; 42; 50]; более точно — как наиболее активные звенья эволюционного процесса;

— был установлен факт радиостимуляции растений, бактериальной флоры почвы и перифитона и предпринята первая попытка объяснения этого явления [там же].

Важно подчеркнуть, что развернутые в Миассово исследования проводились с помощью рационально редуцированных (упрощенных) модельных имитаторов естественных биогеоценозов, что позволило выделить в них ведущие (управляющие) и ведомые (управляемые) биологические единицы, иначе говоря, элементарные единицы точечного эволюционного процесса при условиях нарушения экологического равновесия.

В этом отношении, примечателен вывод, сделанный А. Н. Тюрюкановым и В. М. Федоровым: «Н. В. Тимофеев-Ресовский сделал следующий шаг в выявлении геохимичес-

ких функций живого вещества "открыв класс его управленческих функций"» [42, с. 202].

Как отмечено ими же, «учение об управляющих функциях живого вещества напрямую сопряжено с учением об уровнях организации Жизни. Эти функции совершаются в особых природных системах — ячейках — биогеоценозах, размеры и внешние границы которых задаются целой совокупностью разнообразных природных условий (рельефом местности, типом растительного и почвенного покрова, климатом, гидрорежимом и т. д.). Поэтому закономерен был интерес Н. В. Тимофеева-Ресовского к кибернетическому и математическому моделированию работы биогеоценозов... В середине шестидесятых годов изучение управляющих функций вещества позволило ученому логически и фактически обосновать представление о биогеоценозах как элементарных биохорологических единицах биосферы» [там же].

С этой же идеей сомкнулся и вопрос о роли в естественном отборе рассеянных микроэлементов, находящихся в среде обитания в ничтожных концентрациях, или, как отмечают А. Н. Тюрюканов и В. М. Федоров, вопрос о том, имеется ли зависимость между способностью живых организмов «крутить» атомы рассеянных элементов. Ответ на него дал ученик Н. В. Тимофеева-Ресовского Г. В. Гегамян [42, с. 101]. Согласно сформулированному им принципу, в ходе эволюции отбираются именно те виды, которые способны ускорять биогенную миграцию атомов. В рамках развиваемого подхода можно сказать, что в ходе эволюции отбираются именно те виды, которые наиболее быстро усваивают новую информацию при сохранении фундаментальной тенденции высокоорганизованных систем к минимуму энергетических затрат (действий).

• Биолог Гензель Вртанесович Гегамян был вынужден покинуть СССР в «доперестроечный» период, не имея какой-либо надежды на научную работу. Понимая сложность ситуации, Николай Владимирович дал ему для трудоустройства свою рекомендацию в оригинальной форме. «Он поставил свою очень характерную подпись на нескольких чистых листах бумаги:

— Сам сообразишь, кому адресовать. Меня ведь кое-кто из басурман еще помнит...

В первой же лаборатории в Париже, куда обратился Гегамян с рекомендательным письмом Тимофеева-Ресовского, его тут же взяли на работу...» [66, с. 757].

Об отношении Г. В. Гегамяна к своему учителю более чем красноречиво свидетельствует следующее. «В 1996 году появляется книга А. Н. Тюрюканова и В. М. Федорова "Н. В. Тимофеев-Ресовский. Биосферные раздумья". Книгу издал в Париже на свои деньги Гензель Гегамян» [66, с. 798].

Третьей линией для развития и проверки информационно-вероятностного подхода стала «химическая» линия, базирующаяся на работах И. Р. Пригожина, выполненных им в послевоенные годы в Брюссельском свободном университете в рамках химической термодинамики необратимых процессов и флуктуационной химии [21 – 27].

Для подтверждения гипотезы и выводов данного исследования принимались, в частности, во внимание его более адекватный для описания реальных физических систем принцип локального равновесия, его теорема, согласно которой в стационарном состоянии при фиксированных внешних параметрах скорость производства энтропии в термодинамической системе минимальна, а также критерий: «производство энтропии для необратимых процессов в открытой системе стремится к минимуму».

Непосредственно для обоснования и доказательной базы были использованы:

— вывод И. Р. Пригожина о том, что при удалении термодинамических систем от равновесного состояния за счет внешних сил в них возникают условия, при которых становятся существенными вклады малейших флуктуаций (пространственно различных состояний), ответственных за разнообразие сценариев эволюции системы в особых (критических) точках ветвления (бифуркации);

— его информация о процессах и диапазонах физических характеристик, приводящих к образованию диссипативных структур;

— а также идея фундаментальной роли «случайных шумов», которые, по его мнению, являются своеобразным тестом на выявление устойчивости функционирования систем и способности их к эволюционированию.

Существенной для развития предлагаемого подхода стала идея И. Р. Пригожина о том, что при наличии флуктуаций вблизи точек бифуркации шум можно рассматривать в качестве активатора одной из возможных ветвей процесса перехо-

да к следующему устойчивому состоянию системы, т. е. в качестве кода, говоря в терминах данной работы.

Принципиальными стали его концептуальное положение об универсальности явления самоорганизации в сильно неравновесных системах разной природы и распространение закономерностей, выведенных им для физических и химических систем, на биологические.

В частном аспекте для данного исследования большой интерес представляет рассмотрение И. Р. Пригожиным процессов самоорганизации на субклеточном уровне, а именно биохимических колебаний с наименьшими из возможных периодами (10^{-5} мин). Из этого, с учетом вышеприведенной информации, было отмечено, что на биохимическом уровне биосистема должна проявлять свои инертные свойства с временных интервалов того же порядка и, стало быть, химически должным образом не срабатывать при поступлении более кратковременных потоков информации. С учетом же того, что эти периоды совпадают с граничными высокоамплитудными периодами естественных электромагнитных шумов в диапазоне инфранизких частот, достигающих поверхности Земли и тесно связанных с солнечной активностью [47, с. 22—23], статус радиоволн инфранизких частот для биосистем становится особым. Это происходит потому, что как экологический фактор для биосистем они одновременно сочетают в себе три качества для провоцирования синергического эффекта (синергизм — совместное действие каких-либо органов или систем): являются низкоэнергетичными, редкими в естественных геофизических условиях, совпадают по периоду с химически граничными возможностями распознавательного механизма биосистем.

• На субклеточном уровне из биохимических колебаний наблюдаются: периодический синтез ферментов (с периодом равным примерно одному часу); периодически изменяющаяся ферментативная активность (период равен примерно одной минуте); периодически изменяющаяся концентрация метаболитов (период от 0,00001 мин до 0,001 мин). В связи с этим следует ожидать, что система будет обладать «люфтом» и срабатывать должным образом (приводить к затухающим колебаниям) лишь при потоках меньше некоторых критических значений.

Таким образом, придерживаясь общеметодологической линии рассмотрения эволюции по И. Р. Пригожину, во вновь

создаваемых теоретических моделях следует учитывать все вышеприведенные обстоятельства.

Завершая естественно-исторический обзор результатов исследований действия экологических факторов на биосистемы с использованием физических, химических и биологических подходов, еще раз отметим, что все они указывают на принципиальную роль и незаменимость малых факторов, выявляют их непрямое (кодовое) действие, обнаруживают ограниченность и противоречия строгого энергетического описания.

Из полученных А. Л. Чижевским, Н. В. Тимофеевым-Ресовским и И. Р. Пригожиным результатов и поставленных проблем следует, что при описании эффектов, порождаемых в биосфере и геосфере экологическими факторами, наиболее целесообразным называется системный статистический подход, принципиально использующий неэнергетические вероятностные характеристики и представления о взаимодействии как информационном обмене.

В нем под информацией, по аналогии с математическим и кибернетическим толкованием, будем понимать меру устранения неопределенности, или меру организованности системы. Под экоинформацией будем понимать весь комплекс взаимодействий живого вещества с окружающей средой. В естественной среде поток экоинформации будем рассматривать традиционно, как совокупность «приготовленных» абиотических и биотических факторов, изменяющихся в определенных диапазонах и определяющих «программу» оптимального приспособления организма к данной локальной среде. При этом экологически комфортным состоянием организма будем считать состояние с минимальным обменом экоинформацией, поскольку только такое условие обеспечивает в соответствии с принципом Пригожина минимальную скорость производства энтропии в клетках организма.

Для оценки среднестатистических информационных нагрузок на организм первоначально оценим вероятность поступления экоинформации, обусловленную автономным действием одного экологического фактора. В качестве примера рассмотрим информационную нагрузку, связанную с естественными изменениями индукции магнитного поля в Екатерин-

бурге, сведения о которой имеются с 1841 г., причем с 1887 г. — высококачественные [55; 60; 61].

За исходную единицу информации примем вероятность реализации события с экологическим фактором А, Р (А) и его характерным временным изменением V_A, Р (v_A), т. е. вероятность Р (А, v_A) (например, поля с индукцией В и временным изменением ΔВ):

$$P\ (A,\ v_A) = P\ (A) \cdot P\ (v_A).$$

С учетом условно вековых, годовых и суточных вариаций фактора А, а также в предположении их независимости вышеуказанная вероятность будет равна:

$$P_{(A)} = \frac{N_A\ (t_1) \cdot N_A\ (t_2) \cdot N_A\ (t_3)}{N\ (t_1) \cdot N\ (t_2) \cdot N\ (t_3)},$$

где $N_A\ (t_1)$, $N_A\ (t_2)$, $N_A\ (t_3)$ — число реализаций фактора А с конкретным его значением за условный век, год и сутки, а $N\ (t_1)$, $N\ (t_2)$, $N\ (t_3)$ — полное число возможных значений фактора А за те же сроки. Соответственно вероятность, Р (v_A), реализации события А с характерным временным изменением V_A определяется по формуле:

$$P\ (v_A) = \frac{N\ (v_A, t_1) \cdot N\ (v_A, t_2) \cdot N\ (v_A, t_3)}{N\ (t_1) \cdot N\ (t_2) \cdot N\ (t_3)},$$

где $N\ (v_A, t_1)$, $N\ (v_A, t_2)$, $N\ (v_A, t_3)$ — число реализаций фактора А во всем диапазоне его возможных значений при конкретном значении скорости его изменения за век, год и сутки.

• Правильнее было бы говорить о периодах, обусловленных геоциклическими проявлениями взаимодействия Земля — Солнце — планеты солнечной системы, например, большим саросом (54,09 года), 35-летним циклом Н. П. Долгорукова, 22-летним циклом, малым саросом (18,03 года), 11-летним циклом и др.

Вероятность того, что биообъект с продолжительностью жизни τ испытает на себе воздействие геофизического фактора А, будет определяться тогда формулой:

$$P_{био}\ (A) = P\ (A,\ v_A) \cdot (\tau / T)\ ,$$

где T — время, соответствующее наиболее характерному для срока жизни биообъекта периоду, например веку, и выраженное в единицах измерения τ.

В общем случае на отрезке жизни биообъекта длительностью t отношение τ/T следует заменить выражением $(t/\tau)\cdot(\tau/T)$, где (t/τ) есть возраст биообъекта, а (τ/T) — относительный срок жизни биообъекта в наименьшем астроцикле, заведомо большем его.

С учетом того, что для нормального существования биообъекта необходимо его стопроцентное реагирование на появление любой информации, вероятность ее восприятия должна равняться единице:

$$K(A) \cdot P_{био}(A) = 1,$$

а связанный с ней коэффициент восприятия, или чувствительность, K (A), должен находиться из соотношения:

$$K(A) = 1/P_{био}(A).$$

Оценки для Екатеринбурга, проведенные при таком подходе, например, для геомагнитного поля, показывают, что наибольшая вероятность случайного значения индукции магнитного поля в диапазоне от 53,55 до 53,90 мкТл и его среднестатистическими годовыми вариациями в 50 нТл имеет порядок 10^{-4}, а наименьшая вероятность — порядок -10^{-10}. Соответствующие коэффициенты восприятия информации составят 10^4 и 10^{10}. Таким образом, даже при действии только одного геофизического фактора в его естественных диапазонах изменения для его адекватного восприятия чувствительность изменяется в миллион раз!

Аналогичное поведение следует ожидать и при оценке других геофизических факторов.

В целом при совокупном действии нескольких факторов, независимых друг от друга, вероятность влияния на биообъекты окружающей среды с конкретным набором значений факторов A_i будет существенно меньше, а интегральные коэффициенты чувствительности K будут существенно выше:

$$P_{био} = P(A_1) \cdot P(A_2) \cdot \ldots \cdot P(A_N) \cdot \frac{t}{T},$$

$$K = 1 / P_{био}.$$

Из приведенных выражений вытекают следующие общие правила для биообъектов, принимающих информацию из окружающей среды:

1. С увеличением времени жизни биообъекта коэффициент восприятия информации убывает.

2. Чем меньше вероятность действия того или иного экологического фактора, тем более значимо его действие.

3. При наличии искусственного загрязнения окружающей среды вероятность воздействия фактора с загрязнением возрастает, а коэффициент восприятия информации по данному каналу уменьшается. При сверхнизких коэффициентах восприятия информации становятся возможными бифуркации.

4. При бесконечно малой вероятности действия экологического фактора на биообъект коэффициент восприятия и информационная нагрузка бесконечно возрастают — возникает информационный сбой (катастрофа).

5. При совместном действии на биообъект нескольких факторов с малыми вероятностями действия возможно резкое переполнение информацией — синергический эффект. Чем меньше вероятность действия таких факторов, тем вероятнее этот эффект.

6. При включении в действие нового или сверхмалого экологического фактора возможен синергический эффект.

В связи с локальным характером действия экологических факторов и их резко выраженной неоднородностью, особенно в искусственных или урбанизированных средах, биохорологические единицы как первоэлементы оказываются уже недостаточными, и требуется их дальнейшая «субатомизация». В качестве «субатомных частиц» представляется целесообразным рассматривать элементы окружающей среды с искусственно создаваемыми и поддерживаемыми неоднородностями. Их границами в искусственных средах могут служить стены помещений или отдельных комнат, а в урбанизированных средах — заборы, разнородные зоны в пределах свалок, промышленных зон и т. д. В целом искусственные или урбанизированные среды можно уподобить совокупности «субатомных ячеек», (их аналогом в теории расплавов являются полиэдры Вороного), реальные диапазоны изменения в которых

экологических факторов образуют в совокупности «зонную структуру» того или иного типа жилья или характерного элемента урбанизированной среды. Расчет оптимального уменьшения коэффициентов восприятия информации и экспериментальное установление порогов, с которых при наиболее характерном развитии событий становятся наиболее вероятными аномально высокие синергические эффекты или сбои, является центральной задачей в таких исследованиях. Очевидно, что если величина градиентов экологических факторов на границах разнородных «субатомных ячеек» (например, административного и цехового блока заводского помещения, жилого помещения и прилегающей к нему междомовой зоны и т. п.) определяет мгновенную динамическую устойчивость данного урбохорологического элемента, то эволюционную устойчивость обеспечивает минимизация информационных потоков при всей полноте их действия.

Распространяя эту закономерность на технические системы и учитывая приоритет формирования искусственных сред для биосистем, можно констатировать, что технические системы с неразвитыми сигнальными системами и неминимизированным обменом информацией с окружающей средой должны погибнуть. Таким образом, современные технические системы следует рассматривать как «динозавров технической эры». Их эволюционирование должно идти в направлении биосистем, которое предполагает развитие сверхсложных сигнальных систем и минимизацию обмена информацией этих систем с окружающей средой. В свою очередь, это предполагает резкое увеличение числа соответствующих полифункциональных модулей — «клеток» технических систем и их миниатюризацию.

Симптомы развития данной тенденции можно обнаружить в различных областях современной техники: от космических и авиационных летательных аппаратов до персональных компьютеров. Так, согласно [67], расчеты фотохимических процессов в атмосфере при выбросе в нее отработанного топлива двигателями ракет и перспективных самолетов типа «Конкорд» показали, что при современных значениях в топливе окислов азота (так называемый индекс эмиссии) за год на высоте 17 — 20 км возможно присутствие 70 мегатонн веществ,

разрушающих озон. В частности, в зоне наиболее интенсивных полетов в средних широтах (30° – 50° с. ш.) общее содержание озона в связи с этим снизится на 2 – 4%, а у Северного полюса – до 8%. Еще более удручающими являются локальные последствия запусков ракет типа «Шатл», «Протон» и «Энергия». К примеру, твердотопливные двигатели «Шатла» выбрасывают много хлористого водорода, вследствие чего запуск одного аппарата приводит в средних широтах на высоте в 40 км к снижению озона на 0,1%. Жидкостные двигатели выделяют озоноопасные окислы азота. Как показали оценки Главной физической обсерватории, в столбе струи реактивных газов диаметром 2 – 4 км (высота примерно 40 км) озон исчезает полностью на время от нескольких минут до одного – двух часов. Понятно, что информационные параметры таких «технических динозавров» не минимизированы, вследствие чего они сами бесперспективны. Далеки от соответствия таким критериям и ставшие в последнее время символом технического прогресса современные компьютеры (см. гл. 3. 6). Все это указывает на то, что мы находимся лишь в начале пути и без знания общих закономерностей коэволюции технических систем с биологическими вряд ли можем рассчитывать на долгосрочный прогресс.

Но эта неизведанная область ждет уже исследователей нового, наступившего века.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги почти трехвековой истории исследований окружающей среды на Урале, можно отметить, что она неразрывно связана с именами выдающихся иностранных и отечественных ученых и что успехи этих исследований напрямую зависели от степени их интеграции в мировую науку [1].

Концептуальная основа при формировании первых направлений уральских исследований окружающей среды принадлежит французской естественно-научной школе. В ряде случаев французским исследователям принадлежит и заслуга первых научных геофизических измерений на территории Урала и Западной Сибири.

В этом отношении прежде всего следует выделить одного из выдающихся ученых, приглашенного в Петербугскую академию наук, Жозефа Никола Делиля. В частности, благодаря его стараниям и таланту, в Академии была создана первая обсерватория, Географический департамент, начали утверждаться точные методы в геодезии. Под его руководством была составлена первая Генеральная карта России (1745), для которой был разработан специальный метод конических проекций, сыгравший фундаментальную роль в истории картографии. Не менее замечательным является его вклад в научное приборостроение. Так, в 1731 – 1733 гг. им были созданы первые в мире термометры с двумя постоянными термометрическими точками: таяния льда (150 Д) и кипения воды (0 Д) – и налажено их серийное производство и для Европы, и для России, что обеспечило принципиальное изменение положения дел в термометрии и привело к построению используемой до сих пор шкалы Цельсия [2].

История первых исследований окружающей среды на Урале и в Сибири также тесно связана с именем Жозефа Никола Делиля, поскольку он лично занимался подготовкой научной программы Великой Сибирской экспедиции Беринга (1733–1743) и подготовкой участников академической группы экспедиции по астрономо-геодезической, картографической и ме-

теорологической части. Его брат Людовик Делиль де ла Кройер принял непосредственное участие в работе экспедиции в качестве руководителя астрономо-геодезических и физических измерений. Совместно с прошедшим стажировку у Жозефа Никола Делиля Иоганном Георгом Гмелиным он стал основателем первых систематических метеорологических исследований в Екатеринбурге (январь 1734 г.) и снабдил первую уральскую наблюдательную метеостанцию (наблюдатели Андрей Татищев, позднее Федор Санников) метеорологическими приборами (в том числе и термометрами Делиля).

«Материалы наблюдений первых Сибирских метеорологических станций (в том числе и Екатеринбургской. — *В. Л.*) поступали в академию наук, где их брал для разработки академик Делиль» [3, с. 21].

Людовику Делилю де ла Кройеру принадлежат первые академические измерения широт и долгот в ряде урало-сибирских пунктов, в частности астрономическое определение долготы «столицы Сибири» — города Тобольска.

Сам Жозеф Никола Делиль в 1740 г. также совершил поездку в Сибирь, в город Березов, с целью наблюдения за прохождением Венеры по диску Солнца и хотя из-за погодных условий главной задачи не выполнил, провел ряд важных астрономо-геодезических определений, что позволило привести картографические измерения на Урале и в Сибири к должной точности и создать в 1745 г. первый Академический атлас России.

Судя по всему, при использовании термометров Делиля, которые, по упоминаниям Екатерины II, «профессоры второй Камчатской экспедиции оставили в разных местах... и поручили жителям производить с ними наблюдения» [цит. по: 2], томский наблюдатель Петр Саломатов в 1735 г. впервые обнаружил факт замерзания ртути.

Другому французскому исследователю, ученику Ж. Н. Делиля аббату Жану Шапп д'Отрошу, совершившему от имени Парижской академии наук путешествие в Сибирь в 1761 г., принадлежит заслуга проведения первых в Урало-Сибир-ском регионе комплексных геофизических измерений. Успех этих исследований был предопределен тем, что они осуществлялись по научной программе, предложенной Ж. Н. Делилем, и

учитывали его опыт экспедиции в Березов. В частности, в Екатеринбурге и Тобольске Жан Шапп д'Отрош впервые измерил магнитное склонение, сделал альтиметрические замеры, а также провел уникальные в истории Сибири натурные измерения интенсивности электричества во время гроз и нормальных погодных условий. Поразительные по своей смелости и своевременности, они были проведены в то время, когда и в просвещенной Европе не все страны могли похвастать аналогичными исследованиями. Эти эксперименты, поставленные в лучших традициях французской геофизической школы, содержали элемент научной новизны не только для России, но и для науки об атмосферном электричестве в целом, поскольку впервые позволили получить данные о геоэлектричестве в глубококонтинентальной евроазиатской зоне и апробировать там ставшие позднее классическими геофизические приборы, такие, например, как электрометры Нолле. Эксперименты Шапп д'Отроша являются и первым в России образцом научного «шоу», которое умело было использовано французскими учеными для развития науки.

Следует отметить, что следующие эксперименты по атмосферному электричеству на Урале были предприняты только в XX в.

Из других достижений Шапп д'Отроша в Сибири следует отметить успешное проведение наблюдений за прохождением Венеры по диску Солнца, что позволило определить его параллакс. Вместе с тем им были предприняты первые системные определения высот большого числа географических пунктов по всему маршруту следования, широтные и долготные измерения, минералогические описания и т. д.

Тем не менее отказ Шапп д'Отроша от предложения работать в России в знак солидарности со своим учителем, в отношении которого были предприняты несправедливые действия, несоответствие личных впечатлений от жизни российской провинции впечатлениям, «угодным» для государственных деятелей России, в частности для Екатерины II, вызвало негативную реакцию со стороны властеей, и труды Шапп д'Отроша долгое время не получали должного освещения, а его книга «Путешествие в Сибирь», изданная в Париже в 1768 г., до сих пор так и не переведена на русский язык [1].

Практическое воплощение идей Ж. Н. Делиля о триангуляции России и достижений французской школы исследования окружающей среды обнаруживается на Урале и в течение всего XIX в. Заметный непосредственный вклад в это принадлежит французским инженерам-топографам Аллори и Бержье. Как указывается в работе Ф. Я. Кондратьева «Физическая география и топогеодезическая изученность Урала» [4, с. 55—62], «топографические съемочные работы с рельефом, выраженным в штрихах — работы корпуса военных топографов и французских съемщиков — Аллори и Бержье». К сожалению, автору так и не удалось из имеющихся в его распоряжении источников узнать их имена и биографии. Известно лишь, что Бержье — ученик Лапласа.

Вместе с тем, вне сомнения, львиная доля эмпирического материала в области накопления сведений об окружающей среде на Урале была получена благодаря кропотливому труду немецких естествоиспытателей, которых образно можно назвать «научными пахарями уральских просторов». Так, стараниями Иоганна Георга Гмелина, Петра Симона Палласа, Иоганна Готлиба Георги и др. было начато изучение флоры и фауны, вод минеральных источников и озер края, его географическое описание.

В экологическом аспекте особенно замечательными являются исследования биоразнообразия озер Челябинской области П. С. Палласа, в том числе в зависимости от их солености. Высказанная П. С. Палласом гипотеза о происхождении соленых уральских озер, по которой они представляют собой следы отступления древнего моря, является рабочей и по сей день (см., например, работу проф. А. И. Дзенс-Литовского «История геологического изучения минеральных озер СССР» [5]).

Не менее примечательна и классификация вод, разработанная Иоганном Готлибом Георги. В основных чертах она была принята за основу при классификации минеральных вод России во второй половине XIX в. Следует отметить, что исследования минеральных вод на Урале после И. Г. Георги были предприняты почти через столетие членами Уральского общества любителей естествознания во главе с Онисимом Егоровичем Клером.

Ботанические исследования на Урале нача Иоганн Георг

Гмелин, они были обобщены в его классическом четырехтомном труде «Флора Сибири» (1747 – 1769), также до сих пор не переведенном на русский язык.

• В настоящее время первый том этого издания на латинском языке (Gmelin Johanne Georgio «Flora sibirica sive Historia plantarum Sibiriae» T. Petropoli. T. 1. 130 p.) имеется в библиотеке УрГУ (Лицейский фонд).

Не меньшее сожаление вызывает и то, что изданная в 1752 г. в Геттингене книга Гмелина «Путешествие в Сибирь» также до сих пор не переведена на русский язык.

Рубеж конца XVIII – начала XIX в. ознаменовался для Урала краткосрочным появлением при Пышминском заводе первого пункта международной метеорологической сети, работающего на стандартном европейском оборудовании по программе Мангеймского Палатинского метеорологического общества (1790 – 1791). Сведения, полученные Пышминским метеопунктом и опубликованные в специальном бюллетене Общества «Эфемериды», можно оценивать как первую «визитную карточку» Урала в системе мирового мониторинга окружающей среды.

Можно также отметить, что в России в XVIII в. наиболее важные исследования окружающей среды были выполнены в ее восточных пределах и прежде всего на Урале. В этом отношении уральские исследования в течение продолжительного периода определяли лицо российской науки.

Создание Российско-Американской компании (знаменитой «РАК») и успешное освоение ею Русской Америки вызвали оживление и на сухопутных маршрутах на всем огромном пространстве России от Санкт-Петербурга до Охотска и Петропавловска. В свою очередь, это создало потребность в новых геофизических исследованиях, породило поколение с экспансионистскими воззрениями и новыми представлениями об общественном устройстве. Наиболее ярко эти «веяния времени» выразились в деяниях декабристов. В естественнонаучном отношении для Сибири их попытка изменить общественный строй оказалась благотворной, так как стимулировала процесс стихийного изучения ими окружающей среды, что в конечном итоге обеспечило успех давней идеи развития в Сибири сети метеорологических станций.

Эта задача, изначально поставленная Василием Назарови-

чем Каразиным, была блестяще реализована выдающимся организатором российской науки Адольфом Яковлевичем Купфером.

Выполняя в Казани по просьбе Доминика Франсуа Араго наблюдения за вековыми изменениями магнитного склонения и находясь под впечатлением от новых достижений в области магнетизма, он приходит к выводу о целесообразности проведения совокупных магнитно-метеорологических наблюдений и во второй половине 1828 г. совершает путешествие на Урал, до сих пор еще по достоинству не оцененное историками отечественной науки

Здесь совместно со своим ассистентом Карлом Клаусом в контексте идей Араго он проводит комплексные магнитно-метеорологические исследования и, встретив в Екатеринбурге путешествующих по России выдающихся западноевропейских ученых Кристофера Ганстеена и Георга Адольфа Эрмана, продолжает свой маршрут по территории сегодняшней Свердловской области вместе с ними. В шахтах Богословского округа он проводит первые на Урале измерения внутриземного тепла и в ходе совместного путешествия с Ганстееном знакомится с методиками определения силы земного магнетизма, разработанными этим ученым.

В преддверии приезда Александра Гумбольдта в Россию Купфер проводит на Урале ряд новых альтиметрических измерений, в том числе определяет высоту Таганая, чем подготавливает для Гумбольдта обширную базу геофизических и географических данных по Уралу. Книга А. Я. Купфера «Voyage dans l'Oural», изданная на французском языке в 1833 г. в Париже также лишь частично переведена на русский язык и малоизвестна российскому читататателю [1].

Посещение России Александром Гумбольдтом А. Я. Купфер использовал максимально и на высшем уровне добился согласия на развертывание магнитно-метеорологических обсерваторий не только в евроазиатской части России, но и на Аляске, а также в Пекине.

Важно отметить, что, прожив во Франции четверть века, Александр Гумбольдт в значительной мере являлся носителем и выразителем идей французской естественно-научной школы, приоритеты которой в области исследования окружа-

ющей среды были очевидны. Не удивительно поэтому, что направления геофизических исследований, поддержанные им в России, по сути дела, определялись достижениями французской школы и прежде всего достижениями Доминика Франсуа Араго, с которым Гумбольдта связывало не только постоянное научное сотрудничество, но и давние добрые человеческие отношения. Этот аспект опосредованного влияния Араго на развитие российских и в том числе уральских геофизических исследований, равно как и его непосредственное влияние, до сих пор не нашли должного отражения в литературе по истории уральского естествознания и требуют к себе самого пристального внимания.

Лично Гумбольдту принадлежит заслуга указания наиболее предпочтительного места в Екатеринбурге для размещения магнитно-метеорологической обсерватории и содействие в придании ей статуса перворазрядной. Каких-либо новых открытий или приоритетных измерений на Урале он не сделал. Это, по всей видимости, и стало причиной его решения отказаться от написания специальной монографии об исследованиях в России.

Более значимыми для науки оказались шаги, предпринятые его спутником Густавом Розе, открывшим вместе со своим братом на Урале ряд ранее неизвестных минералов и химических элементов, а также предшественником Гумбольдта Иоганном Менге, обнаружившим в 1828 г. среди минералов Ильменских гор монациты, цирконы и т. п. Спутником А. Я. Купфера по экспедиции 1828 г. Карлом Карловичем Клаусом впоследствии в уральской самородной платине был открыт новый химический элемент – рутений.

Созданная в 1836 г. Екатеринбургская магнитная и метеорологическая обсерватория (ЕММО) стала первым на Урале научно-исследовательским учреждением. Благодаря неустанным заботам А. Я. Купфера и привлечению к ее проблемам Александра Гумбольдта и Карла Гаусса, обсерватория была оснащена передовым для того времени исследователь-ским оборудованием, в том числе приборами, разработанными в Геттингене Карлом Гауссом и Вильгельмом Вебером. Ее первым заведующим стал поручик Горного института Ю. М. Рейнке. К сожалению, полного его имени установить так и не удалось.

Уже первые данные, полученные в ЕММО, стали достоянием мировой науки и были использованы Гауссом в его знаменитом труде «Общая теория земного магнетизма» (1838).

Однако в полной мере самостоятельные научные работы уральских исследователей окружающей среды начинаются с последней четверти XIX в. Их начало связано с появлением в Екатеринбурге выходца из Швейцарии Жоржа Онезима Клера (George Onesime Clerc) и с созданного по его инициативе Уральского общества любителей естествознания (УОЛЕ).

Так, при подвижническом содействии Наркиза Константиновича Чупина и Онисима Егоровича Клера доктор В. С. Вышинский и члены УОЛЕ Александр Иануарьевич Дрездов и Андрей Михайлович Соловьев проводят первые химические определения состава местных минеральных вод. Сам О. Е. Клер собирает уральский гербарий, отыскивает неизвестные науке травы, начинает фенологические наблюдения, создает оригинальные метеорологические методики и приборы, например снегомер Клера.

С появлением в ЕММО и УОЛЕ Германа Федоровича Абельса и Павла Карловича Мюллера в Екатеринбурге начинаются новые научные исследования по актинометрии, аэрологии, местным магнитным аномалиям, создаются первые теоретические работы.

Вместе с тем члены УОЛЕ собирают прекрасную библиотеку, замечательную естественно-научную коллекцию, проводят грандиозную Сибирско-Уральскую научно-промышленную выставку (1887), создают необходимый культурный фон и предпринимают попытки организовать в Екатеринбурге Горный институт (1884—1889) [6] и общедоступный университет (1909) [7].

Следует отметить, что зарождение собственно уральской школы исследователей окружающей среды происходило на фоне принципиально новых изменений в самой окружающей среде. Так, вторая половина XIX в. в экологическом отношении ознаменовалась появлением на Урале неизвестного до той поры вида загрязнения — искусственного электрического поля. В частности, в Екатеринбурге его появление может быть соотнесено с открытием 14 декабря 1861 г. телеграфной ли-

нии между Екатеринбургом и Петербургом. С введением в 80-х гг. электрического освещения улиц Екатеринбурга (1884 — 1889) [6] это явление приобретает еще больший размах.

С 90-х гг. начинается загрязнение искусственными электрическими полями бытовой среды горожан. Это событие связано как с пуском городской телефонной станции общего пользования (февраль 1892 г.), так и с началом электрического освещения помещений.

Примерно в это же время появляются и новые техногенные источники бытового шума. Датой начала их воздействия, по всей видимости, следует считать 1878 г., когда была введена в действие железная дорога между Екатеринбургом и Пермью. В 1886 г. с пуском железной дороги до Тюмени этот фактор в городской жизни становится постоянным.

XX в., по образному выражению Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского, становится «веком шофера». Не избежал этой участи и Екатеринбург. Первые автомобили и, соответственно, связанные с работой двигателей внутреннего сгорания комплексные (химико-шумовые) загрязнения, появляются здесь в 1901 г. благодаря местной представительнице французской автомобильной фирмы «Клеман — Гладиатор и К°» Ольге Ивановне Козловской. В ноябре 1911 г. потомственный почетный гражданин Екатеринбурга Василий Иванович Сунцов получает разрешение на автоизвоз — и в городе появляются первые такси (мощность их двигателей составляла 16 л. с., горючим топливом для такси служил керосин). В 1913 г. московский купец Владимир Евгеньевич Бочарников открывает первый и единственный до советского периода автобусный маршрут по Главному проспекту, но ненадолго, так что услугами первого в городе автобуса смогли воспользоваться не более двух с половиной тысяч горожан. Тем не менее, согласно Н. Обвинцевой [8, с. 10 — 11] после революции 1917 г. при ревизии автопарка Екатеринбурга были обнаружены самые разнообразные автомобили: шестиместные «Фиаты» и «Адлеры», четырехместные «Форды» и «Грегуары», «Мерседесы», грузовики «Джефери-Опель», «Уайт», «Хорьх». Все это позволяет заключить, что количество людей, столкнувшихся в отмеченный период с автомобильными загрязнениями, уже исчислялось тысячами.

С 27 июня 1911 г. к автомобильным загрязнениям добавляются авиационные выбросы и шумы (дата первого полета над городом аэроплана, пилотируемого А. А. Васильевым).

Вместе с тем XX в. становится не только веком электромагнитных, но и корпускулярных ионизирующих излучений.

С проблемами радиоактивности Екатеринбург впервые познакомил 18 мая 1905 г. действительный член Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей отставной капитан артиллерии Егор Емельянов (отчество не установлено).

Позднее, в 1909 г., к исследованиям уральских минералов на радиоактивность приступает профессор Томского университета Петр Павлович Орлов. Им, в частности, было установлено, что самым радиоактивным минералом Ильменских гор является самарскит, за ним следуют пирохлор, эшинит, циркон и монацитовый песок.

В период с 1911 по 1917 г. на Урале работает Радиевая академическая экспедиция. Особо интенсивно свои исследования она проводила с 1912 по 1915 г. Экспедицией детально исследуются на радиоактивность Ильменские горы, геологические породы по рекам Чусовой, Исети, Туре, Тагилу, Каменке, Санарке и т. д. В Радиевой экспедиции принимали участие Владимир Иванович Вернадский, Александр Евгеньевич Ферсман, Владимир Ильич и Леонид Ильич Крыжановские, Елизавета Дмитриевна Ревуцкая, Борис Александрович Линденер, Владимир Викторович Критский. Позднее к ее работе подключается ставший впоследствии известным уральским геологом Константин Константинович Матвеев и др.

В 1912 г. в Ильменских горах оказывается и выдающийся дореволюционный специалист по радиоактивности, работавший в лабораториях Рамзая, Томпсона, Резерфорда, Аррениуса, Василий Андреевич Бородовский. Здесь им были выделены минералы с доминирующим преобладанием либо урана, либо тория.

В том же году на Урале проводится особая экспедиция, курируемая профессором Московского университета Алексеем Петровичем Соколовым (непосредственный руководитель К. П. Яковлев), в задачи которой, по всей видимости, входило исследование содержания радона в различных уральских источниках с целью их медицинского использования.

Этапной в экологическом отношении стала работа Бориса Александровича Линденера «Список русских радиоактивных вод, грязей, отложений и глин из 334 источников России», написанная им в 1915 г. и обобщившая результаты известных к тому времени соответствующих исследований, в том числе и уральских.

К сожалению, специфические задачи, решаемые Радиевой академической экспедицией, привели к тому, что информация о ее деятельности для широкой общественности так и осталась практически неизвестной, а о ней самой в литературе упоминается преимущественно вскользь.

С открытием в 1917 г. первого в городе вуза — Горного института, а затем Уральского университета (1920) в УОЛЕ появляется возможность практических шагов в изучении радиоактивности. Так, 16 декабря 1917 г., несмотря на катастрофические социальные потрясения, действительный член УОЛЕ Владимир Ильич Крыжановский делает в Обществе доклад «Труды радиоактивной комиссии Академии наук на Урале» [9, с. 149] и в течение всего 1918 г. продолжает пропагандировать идею необходимости продолжения исследований радиоактивности при геологических изысканиях [9, с. 152]. В январе 1923 г. создается радиологическая комиссия и один из ее членов, университетский преподаватель Витольд Сигизмундович Сырокомский, был направлен под Миасс для поиска и анализа радийсодержащих пород. Впервые на содержание радиоактивных компонентов анализируются малаконы, предпринимается попытка открытия при Уральском университете радиологической лаборатории (октябрь 1923 г.). Немаловажная роль в организации этих работ, по всей видимости, принадлежит Модесту Онисимовичу Клеру, который, как известно, будучи президентом Общества и геологом по образованию, состоял в переписке с главными отечественными исследователями радиоактивных руд Владимиром Ивановичем Вернадским и Александром Евгеньевичем Ферсманом, последний из которых возглавил позднее (в 1932 г.) Уральский филиал Академии наук (УФАН).

Но арест М. О. Клера и ряд угрожающих действий со стороны ГПУ привели к массовому оттоку из УОЛЕ его членов и практически сорвали одобренную Академией наук про-

грамму работ радиологической комиссии. Их запоздалое возобновление начинается только спустя двадцать лет, в неблагоприятных условиях военного времени и жестких рамках Уранового проекта. Это принудительное свертывание работ в области радиологии и пренебрежение культурными традициями, по мнению автора, и предопределило в последующем ряд радиационных катастроф на Урале.

Тем не менее в конце 20-х гг. в УОЛЕ происходит еще одно примечательное событие — организуется природоохранительная комиссия. Ее программа, сформированная в новых условиях преимущественно представителями старой школы, более чем красноречиво свидетельствует об их видении «новых хозяйственников» и «своем месте» в социалистическом преобразовании природы. По сути дела, они пытаются оградить от уничтожения хотя бы природные памятники Урала, о природоохранных мероприятиях в производственной сфере не идет и речи. Несомненный интерес в этом отношении представляет хранящаяся в Свердловском областном краеведческом музее неопубликованная работа Лазаря Моисеевича Хандросса «Уральское общество любителей естествознания (1917—1929)» [9, с. 192].

Во второй четверти XX в. в Екатеринбурге продолжается расширение сочетанных видов загрязнения городской среды. Так, с ноября 1929 г., с введением первой линии трамвая, появляется новая разновидность загрязнения — синхронно действующие шумы и полевые нагрузки. В октябре 1943 г. свой вклад в данный тип загрязнения начинает вносить первая линия городского троллейбуса.

Наряду с воздействием электромагнитных полей промышленной частоты, следует принимать в расчет и радиочастотное полевое загрязнение, появившееся в Екатеринбурге с конца 20-х гг. Возникло оно в связи с пуском 7 ноября 1929 г. радиовещательной станции РВ-5 им. Я. М. Свердлова.

Осложнения, вызванные Великой Отечественной войной, и необходимость форсированного создания современного военно-промышленного комплекса на Урале, по сути дела, превратили его в гигантскую экологически перегруженную зону с чрезвычайно низкой культурой природопользования.

Наиболее остро это сказалось в проблемах, порожденных

размещением на Урале ядерно-промышленного комплекса. Экологическим следствием его появления здесь стало загрязнение значительных территорий Челябинской, Свердловской, Курганской и Тюменской областей.

Воздействию ядерных испытаний подверглись ограничивающие Уральский пояс с обеих сторон Оренбургская область (Тоцкие учения в сентябре 1954 г.) и Новая Земля, где 30 октября 1961 г. было взорвано самое мощное из испытанных в мире ядерных устройств с тротиловым эквивалентом в 50 мегатонн.

Таким образом, с конца 40-х гг. на уральское население и природу начала воздействовать искусственная радиация — один из самых грозных факторов экологического неблагополучия XX в. Ее воздействию разной степени на Урале подверглось около одного миллиона человек.

Следует отметить, что если характерной особенностью 20-х гг. нашего столетия было пренебрежение мнением специалистов с «экологическими взглядами» на природопользование, то в 30-х гг. начинается их физическое отторжение от профессиональной деятельности. Примером тому является использование в «музейном деле» города Екатеринбурга (1934) одного из основоположников эволюционной и популяционной генетики Сергея Сергеевича Четверикова [9].

С 21 января 1942 г. начинается уральская драма крупнейшего русского мыслителя-космиста Александра Леонидовича Чижевского. Находясь в ужасных условиях ивдельского заточения и имея минимум инструментарных средств, он все же предпринимает титанические усилия по внедрению оригинального аэроионотерапевтического метода заживления ран, метода аэроионной очистки помещений от микроорганизмов и — что может вызвать крайнее удивление современных скептиков — теоретическими проблемами обеспечения экологического комфорта общественных учреждений (аэронификации Дворца Советов).

Кроме того, в ивдельский период Чижевский задумывает в общетеоретическом плане, на основе математических и физических подходов, одну из своих фундаментальных работ — книгу о структуре движущейся крови. Таким образом, электродинамическая модель крови, имеющая фундаментальное

значение для уяснения влияний электропроизводных экологических факторов на биосистемы, по всей вероятности, возникла у Александра Леонидовича у нас, в Свердловской области, в период с начала 1942-го по середину 1944 г.

Очень вероятно, что развертывание с 1943 г. в Свердловской магнитной обсерватории первых на Урале исследований 11-летней цикличности геомагнитной активности также связано с присутствием здесь Александра Леонидовича.

Не менее драматичны и обстоятельства, при которых на Урале оказался другой величайший ученый XX в. — Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский. Чудом уцелевший в сталинских лагерях и вполне оценивший прелести работы в послевоенный период в санатории «Сунгуль» (Челябинская область), он был вынужден разрабатывать модельные системы биологической доочистки радиационных стоков в виде каскадов слабопроточных водоемов и, судя по всему, разработал вовремя. К сожалению, ведомственные задержки с практической реализацией предложенных ученым решений привели к трагедии печально известной ныне реки Течи и связанной с ней гидрографической системы. Впоследствии он создает биостанцию в Миассово (1955), ставшую Ноевым ковчегом для отечественной генетики и колыбелью для современной радиационной, а точнее, экспериментальной биогеоценологии (радиоэкологии).

Благодаря направляющему действию и непосредственным стараниям Николая Владимировича и его супруги Елены Александровны в прикладном экологическом отношении, были выполнены чрезвычайно важные работы по оценке накопления радионуклидов в различных пищевых цепочках, разработаны основы биологической очистки воды от радионуклидов в каскадах водоемов с различными типами биоценозов, а в теоретическом плане были сделаны первые шаги по развитию фундаментального научного направления — биосферного естествознания.

Николаю Владимировичу Урал обязан также первыми возникшими здесь профессиональными экологическими структурами, такими, как лаборатория биофизики и биогеоценологии в УФАН и биофизическая станция при Белоярской АЭС. Серьезный отпечаток его идеи и подходы наложили на дея-

тельность службы экологического мониторинга Центральной заводской лаборатории комбината «Маяк» (г. Озерск, Челябинская область), Института экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук (ИЭРиЖ УрО РАН, г. Екатеринбург), на формирование нового содержания в подготовке выпускников биофака Уральского университета.

По-прежнему актуальны научно-методологические принципы и подходы Николая Владимировича к оценке воздействия радиоактивных загрязнений на биосферу, предложенные меры борьбы с ними, его исследования о действии повышенного фона ионизирующих излучений на состав популяции человека, бездозовая концепция.

До сих пор почти нигде не упоминается, что он был единственным из специалистов (не говоря уже об ответственных руководящих работниках), кто, узнав о кыштымской трагедии, предложил немедленно проинформировать об этом пострадавших и безотлагательно принять все надлежащие меры по недопущению гуманитарной катастрофы. Вместо этого были приняты иные меры, так что население пребывало в неведении еще 33 года.

К сожалению, ведомственный подход к значительной части работ Николая Владимировича сделал невозможным их действенное использование в ряде других серьезных радиационных загрязнений, привел к неоправданной медлительности при возникновении других серьезных радиационных ситуаций, например в Чернобыле. Не меньшее сожаление вызывает так и не реализованная идея организации, по выражению Тимофеева-Ресовского, «института на плевке», в результате чего работа по изучению многопланового воздействия радиационных катастроф на биогеоценозы и человека так и не получила должного импульса.

Проблемы, поставленные Николаем Владимировичем, нашли свое развитие в деятельности его последователей и учеников, в частности в исследованиях сотрудников Института экологии растений и животных УрО РАН.

В области промышленной экологии огромная заслуга принадлежит еще одному уральскому узнику ГУЛАГа — ученику Н. А. Шилова профессору Сергею Александровичу Воз-

несенскому. Так же, как и Н. В. Тимофеев-Ресовский, оказавшись не по своей воле в «сунгульской шарашке», он начал разрабатывать там оригинальные системы физико-химической очистки и доочистки радиационных стоков и технологических систем. Результатом этого стало создание на Урале мощной радиохимической школы, во многом определившей лицо физико-технического факультета УПИ (ныне УГТУ). Однако, по всей видимости, в полной мере оценить все заслуги Сергея Александровича время еще не пришло.

Можно отметить, что непонятые или насильственно отторгнутые приоритетные идеи выдающихся ученых, о которых шла речь, вынуждены были прорастать и получать логическое завершение в трудах их зарубежных учеников и последователей, благодаря чему за рубежом возникает так называемая «русская линия».

Так, в период с конца 20-х по конец 30-х гг., благодаря «Русско-немецкому медицинскому журналу» и французскому издательству «Гиппократ», в Западной Европе становятся широко известны труды А. Л. Чижевского. В 1938 г. в Париже на французском языке выходит его знаменитая книга «Les Épidémies et les perturbations electromagnétiques du milieu extérieur» («Эпидемии и электромагнитные возмущения внешней среды»), которая впоследствии возвращается к русскому читателю (уже в переводе с французского на русский) лишь спустя 35 лет под названием «Земное эхо солнечных бурь» (1973).

В 30-е гг. во Франции по настоянию Александра Леонидовича появляется первая Медицинская служба Солнца (1932—1938). Возглавили эту службу его последователи профессора М. Фор (M. Faure) и Г. Сарду (G. Sardou). В контексте идей А. Л. Чижеского в Японии стал работать профессор Таката, в Италии — профессор Пиккарди.

Благодаря великой подвижнической деятельности Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского, «русские идеи» начинают транслироваться в Германии, Франции, Дании (через «Боровский круг»), Соединенных Штатах Америки. Его ученик и последователь Макс Дельбрюк становится нобелевским лауреатом. К экологической тематике привлекаются выдающиеся ученые (Шредингер, Чедвик, Блэкетт, Оже, Перрен). Логическим итогом развития «линии Ресовского» в США

(группа М.Дельбрюка) становится открытие ДНК (Джеймс Уотсон и Фрэнсис Крик) и расчет генетического кода (Георгий Гамов).

Помимо Георгия Гамова, «русскую линию» транслировали оказавшиеся в эмиграции Борис Эфрусси (Институт физико-химической биологии в Париже), Борис Раевский (Институт биофизики Общества Кайзера Вильгельма во Франфуркте-на-Майне), нобелевский лауреат Илья Пригожин (Брюссельский свободный университет) и др.

К сожалению, многие идеи «русской линии» стали возвращаться в Россию только с началом перестройки. Примером тому является задуманная в 1928 г. книга А. Л. Чижевского под условным названием «Солнце и человечество». Она вышла лишь спустя 64 года, в 1995 г., под названием «Земля в объятиях Солнца».

До сих пор не получили должного развития идеи аэроионизации жилых и общественных помещений большой высотности и идеи детального исследования аэроионных роз ветров для целей обеспечения экологического комфорта и курортологии, а также идеи значимости действия «малых шумов и флуктуаций» экологических факторов, существования эффектов биологического усиления действия физико-химических факторов и предподчтительности в связи с этим в количественных оценках неэнергетических подходов и т.п.

В 90-х гг. важным шагом в решении радиоэкологических проблем стало снятие грифов секретности с соответствующей информации. Знаменательным событием для Урала на этом этапе стало проведение первых открытых радиоэкологических исследований. Среди них прежде всего следует выделить Первую независимую радиоэкологическую экспедицию с участием первых общественных экспертов (август 1990 г.). Ее результатом стало первое по-настоящему широкое освещение в печати проблем, порожденных радиоактивным загрязнением Урала [1].

Другое яркое для Урала событие тех лет — проведение в 1993—1997 гг. общественно значимых исследований по выявлению отдаленных последствий ядерных испытаний в сентябре 1954 г. (Тоцкий полигон, Оренбургская область). В результате этого сотрудниками Оренбургской государственной

медицинской академии под общим руководством профессора Виктора Михайловича Боева был собран и обработан большой статистический материал по заболеваниям, обусловленным радиационным воздействием, а сотрудниками Института экологии растений и животных УРО РАН были проанализированы отдаленные последствия радиационного облучения. Исходя из этих исследований, следует ожидать заметный прирост мутагенных проявлений в последующих генерациях облученных и ослабление имунного статуса их детей.

В этом контексте можно утверждать, что Урал стал зоной повышенного мутагенеза, стимулированного антропогенными факторами, со слабопрогнозируемыми последствиями. Последнее требует самого пристального к себе внимания, о чем говорил в свое время Н. В. Тимофеев-Ресовский, обозначая приоритеты деятельности так и не созданного «института на плевке».

Для корректной оценки дозовых нагрузок и разработки эффективных методик по ускоренной дезактивации радионуклидов должное внимание следует уделить и фундаментальным исследованиям, выполненным еще в 20—30-х гг. Леонидом Николаевичем Богоявленским, в частности его исследованиям по установлению зависимости постоянных радиоактивного распада элементов от локальных особенностей геофизической среды и действующих на нее космофизических факторов.

Вместе с тем в плане углубления конкретных исследований по ТРАСу требуется осмысление эффектов самофокусировки при движении сильно ионизированного радиоактивного облака, образовавшего Тоцкий радиоактивный след, и взаимодействия его с геомагнитным полем, которые следует ожидать по аналогии с эффектами, установленными в исследованиях под руководством профессора Владимира Ивановича Уткина по ВУРСу (Институт геофизики УРО РАН). Это особенно важно, поскольку такие эффекты могли привести к смещению облака в сторону Оренбурга.

Завершая обзор проблем окружающей среды на Урале в XX в., наряду с проблемами внешнего электромагнитного и радиационного загрязнения, хотелось бы отметить тенденцию глубокого проникновения загрязнений в точечные бытовые

среды (жилища) и указать на необходимость уяснения роли «малых загрязнений», с тем чтобы найти принципиально новые подходы при оценке их комплексного влияния.

Мощное вторжение неизвестных в XIX в. загрязнений в современную бытовую сферу лишило человека последнего рубежа защиты и экологического комфорта в пределах собственного жилища. Особенно показательно в этом плане появление в 90-х гг. комплексных бытовых загрязнений, создаваемых персональными компьютерами и их сетями.

В этой связи неизбежны новые формы самоорганизации на том же уровне. Вот почему для XXI в. приоритетное значение приобретает проблема организации точечного экологического комфорта бытовых сред, а стало быть, и формирование бытовой экологической культуры. Вероятнее всего именно такой подход способен в дальнейшем разрешить и проблемы производственной экологии.

ЛИТЕРАТУРА

Введение

[1] *Лейзер Д.* Создавая картину Вселенной. М., 1988. С. 40.

[2] *Грушинский Н. П.* Формы и размеры планеты Земля // Наука и жизнь. 1989. № 3. С. 114–118.

[3] *Грушинский Н. П., Грушинский А. Н.* В мире сил тяготения. М., 1985. С. 80.

[4] Энциклопедия для детей. М., 2000. Т. 3: География. С. 533.

[5] Астрономический календарь 1990–1991. М.: Изобразит. иск-во; НАИ им. П. К. Штернберга, 1989. С. 22.

[6] Уральская историческая энциклопедия. Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург» 1998. 616 с.

[7] *Панич Т. В.* Афанасий // Тр. отд. древнерус. литературы. М., 1990. Т. 44.

[8] *Шоу Д.* Географическая практика и ее значение в эпоху реформ Петра Великого // ВИЕТ. 1999. № 3. С. 26.

[9] *Петров Н. С.* Геодезия. М., 1976. С. 11.

ЧАСТЬ 1

Глава 1.1

[1] Уральская историческая энциклопедия. Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 1998. 616 с.

[2] *Ястребов Е.* По реке Чусовой. Свердловск: Свердл. кн. изд-во, 1963. 185 с.

[3] *Новоселов А. И., Смирных А. И.* Туринск. Свердловск, 1990. С. 19.

[4] *Фишер И. Э.* Сибирская история с самого начала до завоевания сей земли российским оружием. СПб., 1774. 631 с. Хранится в Фонде редкой книги библиотеки Свердловского областного краеведческого музея (г. Екатеринбург).

[5] *Матвеев А. К.* Неройки караулят Урал: Путешествие в Топонимию. Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1976. 216 с.

[6] *Весновский В. А.* Екатеринбург в прошлом и настоящем // Весь Екатеринбург: Справ.-ежегодник. Екатеринбург, 1903. С. 1–24.

[7] *Власов Ю. А.* Из истории картографии Среднего Урала (1704–1780 гг.) //Учен. зап. Перм. гос. ун-та. 1967. № 165. С. 30–48.

[8] *Чибилев А. А.* Река Урал: (ист.-геогр. и экол. очерки о бассейне реки Урала). Л., 1987. 168 с.

[9] *Матвеев А. К.* Географические названия Свердловской области: Топонимический словарь. Екатеринбург: Урал. лит. агентство, 2000. 360 с.

Глава 1.2

[1] *Власов Ю. А.* Из истории картографии Среднего Урала (1704–1780) // Учен. зап. Перм. гос. ун-та. 1967. № 165. С. 30–48.

[2] *Корепанов Н.* В раннем Екатеринбурге (1723–1781 гг.). Екатеринбург, 1998. 102 с.

[3] *Соркин Ю.* Первые карты Екатеринбурга // Веч. Свердловск. 1972. 10 янв.

[4] *Владимирский Д.* Великая северная на Урале // Урал. рабочий. 1968. 18 дек.

[5] *Княжицкая Е. А.* История одной географической ошибки петровского времени // Путешествия и географические открытия в XV–XIX веках. М.; Л., 1965. С. 57–67.

[6] *Обручев В. А.* Избранные труды. М., 1964. Т. 6. С. 164.

[7] Дело об измерении дорог и верст и письма, оставшиеся после смерти межевщика Татищева // ГАСО, ф. 24, оп. 1, д. 684.

[8] Межевщик Юдин // ГАСО, ф. 24, оп. 1, д. 819.

[9] *Чибилев А. А.* В глубь степей: Очерки об естествоиспытателях Оренбургского края. Екатеринбург, 1993. 120 с.

Глава 1.3

[1] ЦГАВМФ, ф. 216, оп. 1, д. 24, л. 1053–1086. Копия опубликована в кн.: Экспедиция Беринга. М., 1941. С. 85–120.

[2] *Невская Н. И.* Петербургская астрономическая школа XVIII в. Л., 238 с.

[3] *Невская Н. И.* Новое об астрономах Петербурга (XVIII в.). Л., 1990. 16 с.

[4] *Литовский В. В., Михалева Н. В.* Российские памятники Архимеду // Наука Урала. 1999. № 19. С. 7–8.

[5] *Литовский В. В., Михалева Н. В.* Уральский след российского «Колумба» // Наука Урала. 1999. № 24. С. 7.

[6] Атлас российский, состоящий из 19 специальных карт, представляющих Всероссийскую империю с пограничными землями, сочиненной по правилам географическим и новейшим обсервациям с приложениями при том генеральною картою великия сея Империи, стараниями и трудами Императорской Академии наук. СПб., 1745. 20 л. Хранится в библиотеке Свердловского областного краеведческого музея (г. Екатеринбург).

[7] *Архипова И., Пензин Э.* Имя Беринга на карте мира // Урал. рабочий. 1981. 12 авг.

[8] *Марков С. Н.* Летопись Аляски. Тула: Изд-во «Пересвет-П», 1994. 366 с.

[9] *Миллер Г. Ф.* О Второй Камчатской экспедиции // *Г. Ф. Миллер.* Сочинения по истории России: Избр. М., 1996. С. 68.

[10] Отчий край: Ист. оч. об Осе и Осинском районе Пермской области. Пермь, 1991. С. 324–326.

[11] О некоторых петровских геодезистах-топографах, участниках Вто-

рой Камчатской экспедиции // Учен. зап. Перм. гос. ун-та. 1967. № 165. С. 86–144.

[12] Очерки истории Урала: Город Екатеринбург. Екатеринбург, 1996. Вып. 1. 104 с.

[13] *Весновский В. А.* Екатеринбург в прошлом и настоящем // Весь Екатеринбург: Справ.-ежегодник. Екатеринбург: Тип. «Урал. жизнь», 1903. С. 1–24.

[14] *Нечаева М. Ю., Шкерин В. А.* Путеводитель по старому Екатеринбургу. Екатеринбург, 1998. С. 15.

[15] *Глебов П. А.* Исторический очерк // Свердловская магнитная и метеорологическая обсерватория. 1836–1936: Юбил. сб. Свердловск, СУГ. 1936. С. 7–96.

[16] *Владимирский Д.* Великая северная на Урале // Урал. рабочий. 1968. 18 дек.

[17] *Николаев П.* Четверть тысячелетия назад // Веч. Свердловск. 1984. 11 февр.

[18] *Подгайский Н.* Первый метеоролог города // Веч. Свердловск. 1980. 21 янв.

[19] *Федоров Л.* Первые уральские метеорологи // Урал. рабочий. 1951. 2 авг.

[20] ГАСО, ф. № 24, оп. 1, д. 684.

[21] ГАСО, ф. № 24, оп. 1, д. 1290.

[22] Климат Свердловска. Свердловск: Урал. УГКС, 1981. 190 с.

Глава 1.4

[1] *Хргиан А. Х.* Очерки развития метеорологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1948. 352 с.

[2] *Бастамов С. Л., Изюмов Н. Н., Клемин И. А. и др.* Дорожная климатология. М.; Л., 1935. 148 с.

[3] *Матвеев В. Ю.* Термометрическая шкала Делиля в России // ВИЕТ. 1990. № 3. С. 33–44.

[4] *Невская Н. И.* Петербургская астрономическая школа XVIII в. Л.: Наука, 1984. 238 с.

[5] *Белковец Л. П.* Иоганн Георг Гмелин. М.: Наука, 1990. 141 с.

[6] *Кудрявцев П. С.* Курс истории физики. М.: Просвещение, 1982. 448 с.

[7] *De Saussure H. B.* Voyages dans les Alpes. V. 1–4. 1779–1796.

[8] *Соболь С. Л.* История микроскопа и микроскопических исследований в России в восемнадцатом веке. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. С. 50.

[9] *Ченакал В. Л.* Русские приборостроители первой половины XVIII века. Л.: ЛГЖиКИ, 1953. С. 28.

[10] *Ченакал В. Л.* Иван Иванович Беляев – русский оптик XVIII века. 1710–1788 гг. Л.: Наука, 1976. 103 с.

[11] *Корепанов Н. С.* В раннем Екатеринбурге (1723 –1781 гг.). Екатеринбург: Банк культ. информ., 1998. С. 42.

[12] ГАСО, ф. 24, оп. 1, д. 1998, л. 102–104.

[13] ГАСО, ф. 24, оп. 1, д. 1496, л. 10.

Глава 1.5

[1] *Струве В. Я.* О рукописи астронома Делиля, принесенной в дар Географическому обществу членом оного кн. А. И. Долгоруковым //Зап. Рос. геогр. о-ва. СПб., 1849. Кн. 3. С. 50–67.

[2] *Невская Н. И.* Петербургская астрономическая школа XVIII в. Л.: Наука, 1984. 238 с.

[3] Уральская историческая энциклопедия. Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 1998. 616 с.

Глава 1.6

[1] Электричество атмосферное //Брокгауз Ф. А., Эфрон И. А. Энциклопедический словарь: Ротапр. воспроизв. М.: «Терра-Terra», 1990. Т. 3. С. 435.

[2] *Розенбергер Ф.* История физики. М.; Л.: ОНТИ, 1937. Ч. 2. 311 с.

[3] Электрометр //Брокгауз Ф. А., Эфрон И. А. Энциклопедический словарь: Ротапр. воспроизв. М.: «Терра-Terra», 1994. Т. 80. С. 547–551.

[4] *Кудрявцев П. С.* Курс истории физики. М.: Просвещение, 1982. 448 с.

[5] *Нолле Ж.-А.* Уроки экспериментальной физики». СПб., 1779–1881. Т. 1–3. Хранится в Фонде редкой книги библиотеки Свердловского областного краеведческого музея (г. Екатеринбург).

[6] *Храмов Ю. А.* Физики: Биогр. справ. М.: Наука, 1983. 400 с.

[7] *Григорьев Р.* Ионные шары // Комс. правда. 1999. 3 дек. С. 16.

[8] *Чижевский А. Л.* Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль, 1995. 768 с.

[9] *Невская Н. И.* Петербургская астрономическая школа XVIII в. Л.: Наука, 1984. 238 с.

[10] *Chappe d'Auteroche J.* Voyage en Siberie tn 1761. P., 1768. V. 1–4.

[11] *Невская Н. И.* Новое об астрономах Петербурга (XVIII в.). Л.: Знание, 1990. 16 с.

[13] *Литовский В. В.* Аббат и гром небесный: Первые электрические и магнитные исследования в Урало-Сибирском регионе: французский аббат Жан Шапп д'Отрош // Наука Урала. 2000. № 3. С. 6–7.

[14] *Емлин Г. Ф., Скурыхина Е. С.* Шапп д'Отрош и «покорение» им Екатеринбурга // Первые Татищевские чтения. Екатеринбург, 1997. С. 115–120.

[15] *Хргиан А. Х.* Очерки развития метеорологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1948. 352 с.

Глава 1.7

[1] Общая геофизика /Под ред. В. А. Магницкого. М.: Изд-во МГУ, 1995. 317 с.

[2] Физика космоса: Маленькая энцикл. М., 1976. 655 с.

[3] *Гаусс К. Ф.* Избранные труды по земному магнетизму. М.: Изд-во АН СССР, 1952. С. 279–280.

[4] *Чижевский А. Л.* Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. М., 1995. 768 с.

[5] Свердловская магнитная и метеорологическая обсерватория 1836–1936: Юбил. сб. Свердловск, 1936. 288 с.

[6] *Храмов Ю. А.* Физики: Биогр. справ. М., 1983. 400 с.

[7] *Chappe d' Auteroche J.* Voyage en Siberia, fait par Ordre du Roi en 1761. P., 1768. Pt. 1, 2. Экземпляр книги есть в Фонде редкой книги Свердловского областного краеведческого музея.

[8] *Литовский В. В.* Аббат и гром небесный: Первые электрические и магнитные исследования в Урало-Сибирском регионе: французский аббат Жан Шапп д'Отрош // Наука Урала. 2000. № 3. С. 6–7.

Глава 1.8

[1] Petit Larousse en couleur. P., 1976.

[2] Популярная библиотека химических элементов. М.: Наука, 1983. Кн. 1: Водород — палладий. 576 с.

[3] *Скурлатов Ю. И. и др.* Введение в экологическую химию. М.: Высш. шк., 1994. 400 с.

[4] *Кузьменок Н. М., Стрельцов Е. А., Кумачев А. И.* Экология на уроках химии. М.: Изд-во ООО «Красикопринт», 1996. 208 с.

[5] *Степин Б. Д., Аликперова Л. Ю.* Книга по химии для домашнего чтения. М., 1994. 400 с.

[6] *Ортенберг Ф. С., Трифонов Ю. М.* Озон: Взгляд из космоса. М.: Знание, 1990. 64 с.

[7] *Зверева С. В.* В мире солнечного света. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. 160 с.

[8] *Чижевский А. Л.* Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль, 1995. 768 с.

[9] *Гумбольдт А. фон.* Центральная Азия. М.: Типолитогр. т-ва «И. И. Кушнеров и К°», 1915. 350 с.

[10] *Френкель Л. Я.* Анализы воздуха и вод из местности, предполагаемой под санаториум // Записки УОЛЕ. Т. 32. С. 163.

[11] *Зацепина Г. Н.* Физические свойства и структура воды. М., 1998.

[12] *Чибилев А. А.* В глубь степей: Очерки об естествоиспытателях Оренбургского края. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1993. 120 с.

[13] *Клер О. Е.* Краткий обзор современного состояния естественно-исторического исследования Уральского края // Записки УОЛЕ. 1891–1892. Т. 13, вып. 1. С. 59–64.

[14] *Дзенс-Литовский А. И.* История геологического изучения минеральных озер СССР // Природа. 1946. № 9. С. 59–65.

[15] *Широкова В. А.* Классификация природных вод И.-Г. Георги // ВИЕТ. 1990. № 1. С. 93–96.

[16] *Фигуровский Н. А., Ушакова Н. Н.* Товий Егорович Ловиц. 1757–1804. М.: Наука, 1988. 192 с.;

[17] *Ловиц Т. Е.* Избранные труды по химии и химической технологии. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 612 с.

Глава 1.9

[1] *Хргиан А. Х.* Очерки развития метеорологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1948. 352 с.

[2] *Глебов П. А.* Исторический очерк // Свердловская магнитная и метеорологическая обсерватория. 1836—1936. Свердловск: СУГ, 1936. С. 9—94.

[3] Климат Свердловска. Свердловск: Урал. УГКС, 1981. 190 с.

ЧАСТЬ 2

Глава 2.1

[1] *Глебов П. А.* Исторический очерк // Свердловская магнитная и метеорологическая обсерватория. 1836—1936. Свердловск: СУГ, 1936. С. 9—94.

[2] *Брокгауз Ф. А., Эфрон И. А.* Энциклопедический словарь. СПб., 1892. Т. 2.

[3] *Хргиан А. Х.* Очерки развития метеорологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1948. 352 с.

[4] *Храмов Ю. А.* Физики: Биогр. справ. М., 1983. 400 с.

[5] *Чижевский А. Л.* Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль, 1995. 768 с.

[6] *Зверева С. В.* В мире солнечного света. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. 160 с.

[7] *Невская Н. И.* Петербургская астрономическая школа XVIII в. Л.: Наука, 1984. 238 с.

[8] *Скурла Г.* Александр Гумбольдт. М., 1985. 239 с.

[9] Советский энциклопедический словарь. М.: Сов. энцикл., 1986. 1600 с.

[10] *Форстер Г.* Путешествие вокруг света. М., 1985. 586 с.

[11] *Гумбольдт А. Ф.* Центральная Азия. М.: Типолитогр. т-ва «И. И. Кушнеров и К°», 1915. 350 с.

[12] Переписка Александра Гумбольдта с учеными и государственными деятелями России. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 223 с.

[13] *Kupffer A. Th.* Voyage dans l'Oural entrepris en 1828 ... P., 1833. 428 p.

[14] *Зорина Л.* О книге «Путешествие на Урал» А. Купфера //Уральская старина. Екатеринбург: Архитектон, 1996. Вып. 2. С. 72—83.

[15] ГАСО, ф. 25, оп. 1, д. 2924, л. 63.

[16] *Архипова Н. П.* Непроторенными путями: Э. К. Гофман — геолог, географ, путешественник. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. 136 с.

[17] Bulletin de la Societe imperiale des Naturalistes de Moscou. 1829. Т. 1, № 10. P. 356—361.

[18] *Клер О. Е.* Екатеринбургская магнитная и метеорологическая обсерватория // Записки УОЛЕ. 1882. Т. 6, кн. 3.

Глава 2.2

[1] *Марков С. Н.* Юконский ворон: Летопись Аляски. Тула: Изд-во «Пересвет-II», 1994. 366 с.

[2] *Авдюков Ю. П., Ольхова Н. С., Сурник А. П.* Командор. Красноярск: КПИК «Офсет», 1995. 703 с.

[3] Материалы для истории русских заселений по берегам Восточного океана. СПб.: Тип. Морского мин-ва, 1861. Вып. 4. С. 185.

[4] *Агеев С. С., Микитюк В. П.* Рязановы — купцы екатеринбургские. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1998. 191 с.

[5] Творцы отечественной науки. Географы. М.: «АГАР», 1996. 576 с.

[6] *Архипова Н. П.* Непроторенными путями: Э. К. Гофман — геолог, географ, путешественник. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. 136 с.

[7] *Вишневский Б. Н.* Путешественник Кирилл Хлебников. Пермь: Перм. кн. изд-во, 1957. 60 с.

[8] Русская Америка в неопубликованных записках К. Т. Хлебникова. М.: Наука, 1979. 280 с.

[9] *Пасецкий В. М.* Географические исследования декабристов. М.: Наука, 1977. 184 с.

[10] Путешествия и исследования лейтенанта Лаврентия Загоскина в Русской Америке в 1842—1844 гг. М.: ГИГЛ, 1956. 456 с.

[11] *Гаусс К. Ф.* Избранные труды по земному магнетизму. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 350 с.

Глава 2.3

[1] *Абельс Г. Ф.* Магнитные наблюдения в Свердловске (Екатеринбурге) // Свердловская магнитная и метеорологическая обсерватория. 1836—1936. Свердловск: СУГ, 1936. С. 97—148.

[2] Rapport preliable fait a l'Acad. des Sc. sur un Voyage en Chine par M. Georg Fuss //Recueil des Actes de l'Acad. des Sciences de St.-Pet. 1832. St.-Pet., 1833. P. 36—75.

[3] Geographische, magnetische und hypsometrische Bestimmungen, abgeleitet ans Beobachtungen auf einer Reise in den Jahren 1830—1832 nach Sibirien und dem Chinesischen Reich // Memoires de l'Academie, IV. Serie 1.

[4] *Скробов С. В.* Основание Екатеринбургской обсерватории (история строительства) //Татищевские чтения. Екатеринбург, 1997. 153 с.

[5] *Глебов П. А.* Исторический очерк // Свердловская магнитная и метеорологическая обсерватория. 1836—1936. Свердловск: СУГ, 1936. С. 9—94.

[6] *Иванов Н. А.* Геомагнитные исследования на Урале // Состояние и перспективы развития геофизических методов на Урале. Свердловск: Изд-во УНЦ АН СССР, 1971. С. 67—76.

[7] *Араго Ф.* Общепонятная астрономия. СПб.: Изд-во т-ва «Обществ. польза», 1861. Т. 3. 433 с.

[8] Климат Свердловска. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. 190 с.

[9] Трехсотлетие Дома Романовых. 1613—1913: Репринт. воспроизв. юбил. изд. 1913 г. М.: Современник, 1991. 320 с.

[10] *Храмов Ю. А.* Физики: Биогр. справ. М.: Наука, 1983. 400 с.

[11] *Кудрявцев П. С.* Курс истории физики. М.: Просвещение, 1982. 448 с.

[12] *Гаусс К. Ф.* Избранные труды по земному магнетизму. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 350 с.

[13] *Ширман Б.* У истоков магнитных наблюдений в России: (К 150-летию Свердловской магнито-метеорологической обсерватории) // Наука Урала.1986. 25 июня.

[14] Переписка Александра Гумбольдта с учеными и государственными деятелями России. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 223 с.

[15] Популярная библиотека химических элементов. М.: Наука. 1983. Кн. 2. 572 с.

[16] *Брокгауз Ф. А., Эфрон И. А.* Энциклопедический словарь. СПб., 1892. Т. 2.

[17] *Оводов А.* Магнитные наблюдения во время похода русских в Хиву в 1873 г. Оренбург.: Тип-я Ив. Ив. Евфимовского-Мировицкого, 1876. 53 с.

[18] *Шварц Ф.* Астрономические, магнитные и барометрические наблюдения, произведенные в 1886 г. СПб., 1983. 56 с.

[19] *Богданов М. Н.* От Халаата до Амударьи (выдержки из дневника, веденного в Хивинском походе. 1873) // Из жизни в русской природе. М., 1888. С. 340–361.

[20] *Клер О. Е.* Герман Александрович Фритше: Некрол. // Записки УОЛЕ. 1914. Т. 34, вып. 3. С. 73–74.

Глава 2.4

[1] Исторический очерк деятельности Корпуса военных топографов. 1822–1872. СПб., 1872. 750 с.

[2] Отчет генерал-лейтенанта Гельмерсена о геологических исследованиях, произведенных по Высочайшему повелению на Урале в 1865 г. // Горный журнал. 1866. Ч. 4. С. 290–315.

[3] ГАСО, ф. 64, оп. 1, д. 1–409.

[4] ГАСО, ф. 64, оп. 1, д. 402.

[5] ГАСО. ф. 64, оп. 1, д. 403.

[6] *Шапошников Г. Н.* Начало электросвязи на Урале // Татищевские чтения. Екатеринбург, 1997.

[7] *Зорина Л. И.* Онисим Егорович Клер. 1845–1920. М.: Наука, 1989. 128 с.

[8] Путеводитель по городу Екатеринбургу // Весь Екатеринбург: Справ.-ежегодник. Екатеринбург: Тип. газ. «Урал. жизнь», 1903. С. 25.

Глава 2.5

[1] *Архипова Н. П., Ястребов Е. В.* Как были открыты Уральские горы. Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1990. 224 с.

[2] *Зорина Л. И.* Онисим Егорович Клер. 1845–1920. М.: Наука, 1989. 128 с.

[3] *Корепанов Н. С.* В раннем Екатеринбурге (1723–1781 гг.). Екатеринбург: Банк культ. информ., 1998. 102 с.

[4] ГАСО, ф. 24, оп. 1, д. 916, л. 125; д. 1069, л. 64.

[5] ГАСО, ф. 24, оп. 1, д. 748, л. 828.

[6] *Корепанов Н. С.* Документы из архива // Наука и жизнь. 1991. № 3. С. 73

[7] ГАСО, ф. 24, оп. 1, д. 894, л. 949; д. 1069, л. 220.

[8] ГАСО, ф. 24, оп. 1, д. 1286, л. 299.

[9] *Клер О. Е.* Краткий обзор современного состояния естественно-исторического исследования Уральского края // *Зорина Л. И.* Онисим Егорович Клер. 1850–1920. М.: Наука, 1989. С. 107–115. Оригинал см.: Записки УОЛЕ. 1891–1892. Т. 13, вып. 1. С. 59–64.

[10] Город, где мы живем. Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1980. 224 с.

[11] *Клер О. Е.* Уральское общество любителей естествознания: Ист. очерк (1870–1888). Екатеринбург, 1888. Репрогр.

[12] Устав УОЛЕ в г. Екатеринбурге. Екатеринбург, 1870. С. 1.

[13] Приложение III к протоколу годичного собрания УОЛЕ 28 сентября 1872 г. // Записки УОЛЕ. 1873. Т. 1, вып. 1. С. 56–68.

[14] *Чижевский А. Л.* Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль, 1995. 768 с.

[15] *Глебов П. А.* Исторический очерк //Свердловская магнитная и метеорологическая обсерватория. 1836–1936: Юбил. сб. Свердловск: СУГ, 1936. С. 9–94.

[16] ГАСО, ф. 140, оп. 1, д. 17, л. 207.

[17] *Жогин И. И., Тимофеев В. И.* Д. И. Менделеев и Уральское общество любителей естествознания // ВИЕТ. 1962. Вып. 12. С. 176–178.

[18] *Тагильцева Н.* Друзья-краеведы // Веч. Свердловск. 1988. 4 окт.

[19] *Клер О. Е.* Инструкция к производству наблюдений над грозами // Записки УОЛЕ. 1877. Т. 2, вып. 2. С. 219–225.

[20] *Клер О. Е.* Наблюдения над грозою, произведенные в Уральском крае в 1873–1879 гг. // Записки УОЛЕ. 1880. Вып. 4. С. 89–164.

[21] *Клер О. Е.* Екатеринбургская магнитная и метеорологическая обсерватория в 1876 г. // Записки УОЛЕ. 1882. Т. 6, вып. 3. С. 1–103.

[22] *Шноль С. Э.* Герои и злодеи российской науки. М.: КРОН-ПРЕСС, 1997. 464 с.

[23] ГАСО, ф. 62. оп. 1, д. 411.

Глава 2.6

[1] ГАСО, ф. 43, оп. 2, д. 1708.

[2] ГАСО, ф. 43, оп. 2, д. 1741.

[3] *Козлов А. Г.* Творцы науки и техники на Урале. XVII – начало XX века: Биогр. справ. Свердловск, 1981. 224 с.

[4] *Есаков В. А., Соловьев А. И.* Русские географические исследования Европейской России и Урала в 19–20 веке. М.: Наука, 1964. 180 с.

[5] Записки УОЛЕ. 1876. Т. 3, вып. 2. С. 43.

[6] *Макаров П. П.* Указатель к томам I–XL «Записок УОЛЕ». Свердловск: Изд-во УОЛЕ, 1930. 47 с.

[7] ГАСО, ф. 101, оп. 1, д. 35.

Глава 2.7

[1] *Глебов П. А.* Исторический очерк //Свердловская магнитная и метеорологическая обсерватория. 1836–1936: Юбил. сб. Свердловск: СУГ, 1936. С. 9–94.

[2] *Хргиан А. Х.* Очерки развития метеорологии. Л.: Гидрометиздат, 1948. 350 с.

[3] Наблюдения магнитной и метеорологической обсерватории за 1908 г. СПб., 1909. 20 с.

[4] *Минкельдей М. А.* М. М. Поморцев — первый русский аэролог. Л.: Гидрометеоиздат, 1964. 76 с.

[5] *Бушев И. М.* Аэрологическая характеристика Свердловска // Свердловская магнитная и метеорологическая обсерватория. 1836—1936: Юбил. сб. Свердловск: СУГ, 1936. С. 223—257.

[6] *Бастамов С. Л., Изюмов Н. Н., Клемин И. А.* и др. Дорожная климатология. М.; Л.: Гос. трансп. изд-во, 1935. 148 с.

Глава 2.8

[1] *Хргиан А. Х.* Очерки развития метеорологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1948. 352 с.

[2] *Храмов Ю. А.* Физики. Биогр. справ. М.: Наука, 1983. 400 с.

[3] *Чижевский А. Л.* Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль, 1995. 768 с.

[4] Советский энциклопедический словарь. М.: Сов. энцикл., 1986. 1600 с.

[5] *Тверской П. Н.* Развитие метеорологии в СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1949. 54 с.

[6] *Хвольсон О. Д.* О современном состоянии актинометрии: Метеорол. сб. СПб. 1892. Т. 3, № 1.

[7] Актинометрические исследования для построения актинометра и пиргелиометра: Прил. к 72-му тому Зап. Императ. акад. наук. № 13.

[8] *Хвольсон О. Д.* Курс физики. СПб.: Изд. К. Л. Риккера, 1898. Т. 2. 701 с.

[9] *Глебов П. А.* Исторический очерк // Свердловская магнитная и метеорологическая обсерватория. 1836—1936: Юбил. сб. Свердловск: СУГ, 1936. С. 9—94.

[10] *Поздеев В. Г.* Актинометрические наблюдения в Свердловске // Свердловская магнитная и метеорологическая обсерватория. 1836—1936: Юбил. сб. Свердловск: СУГ, 1936. С. 181—226.

[11] *Ортенберг Ф. С., Трифонов Ю. М.* Озон: взгляд из космоса (Космический мониторинг атмосферного озона). М.: Знание, 1990. 64 с.

Глава 2.9

[1] *Хвольсон О. Д.* Курс физики. СПб.: Изд. К. Л. Риккера, 1907. Т. 4. 750 с.

[2] *Чижевский А. Л.* Космический пульс жизни. Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль. 1995. 768 с.

[3] *Хргиан А. Х.* Очерки развития метеорологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1948. 351 с.

[4] Переписка Александра Гумбольдта с учеными и государственными деятелями России. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 223 с.

[5] *Тверской П. Н.* Атмосферное электричество. Л.: Гидрометеоиздат. 1949. 252 с.

[6] *Никандров В. Я.* В. Н. Оболенский — выдающийся исследователь в области экспериментальной метеорологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1982. 25 с.

[7] *Тверской П. Н.* Развитие метеорологии в СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1949. 54 с.

[8] *Тверской П. Н.* Курс метеорологии (физика атмосферы). Л.: Гидрометеоиздат, 1962. 700 с.

[9] *Глебов П. А.* Исторический очерк // Свердловская магнитная и метеорологическая обсерватория. 1836–1936: Юбил. сб. Свердловск: СУГ, 1936. С. 9–94.

ЧАСТЬ 3

Глава 3.1

[1] *Храмов Ю. А.* Физики: Биогр. справ. М.: Наука, 1983. 400 с.

[2] *Зайцева Л. Л., Фигуровский Н. А.* Исследования явлений радиоактивности в дореволюционной России. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 224 с.

[3] Популярная библиотека химических элементов. Кн. 2: Серебро – нильсборий и далее. М.: Наука, 1983. Кн. 2. 576 с.

[4] *Степин Б. Д., Аликперова Л. Ю.* Книга по химии для домашнего чтения. М.: Химия, 1994. 400 с.

[5] Златоустовская энциклопедия. Златоуст, 1997. Т. 2. 350 с.

[6] *Попова В. И., Макагонов Е. П., Попов В. А. и др.* 25 лет минералогических исследований в Ильменских горах // УГЖ. 1998. № 3. С. 97–115.

[7] *Тверской П. Н.* Атмосферное электричество. Л.: Гидрометеоиздат, 1949. 252 с.

[8] *Чижевский А. Л.* Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль, 1995. 768 с.

[9] Журнал Русского физико-химического общества. 1896. Т. 28. Ч. Физ. С. 127.

[10] Советский энциклопедический словарь. М.: Сов. энцикл., 1986. 1600 с.

[11] *Якоби В.* История проблемы радона в шахтах и домах //Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах: Публ. 65 МКРЗ. М.: Энергоатомиздат, 1995. С. 66–76.

[12] ГАСО, ф. 101, оп. 1, д. 119, с. 277–279.

[13] *Орлов П. П.* Протоколы заседаний об-ва естествоиспытателей и врачей при Томском ун-те за 1908–1910 гг. Томск, 1912. С. 86–90.

[14] ГАСО, ф. 43, оп. 2, д. 1733.

[15] *Яковлев К. П.* [Без назв.] // Учен. зап. Моск. ун-та: М.: Изд-во. МГУ, 1940. Сер. юбил. Вып. LII. С. 113–123.

[16] Письма В. И. Вернадского А. Е. Ферсману (1907–1944). М.: Наука, 1985. 272 с.

[17] *Березин Б. А.* Список минералов Государственного Ильменского заповедника по копям // Тр. Ильменского заповедника. М.; Л., 1936. Вып. 5. С. 53–56.

[18] *Обручев В. А.* Избранные труды. М.: Наука, 1964. Т. 6. 514 с.

[19] *Ферсман А. Е.* Жизнь и деятельность. М.: Наука, 1965. 426 с.

[20] *Михайлюк В.* Не один пуд соли: Березники в судьбе России. Пермь: Изд-во «Пушка», 1988. 368 с.

[21] Природа. 1925. № 7–9. С. 218–222.

[22] ГАСО, ф. 101, оп. 3, д. 49.

[23] Популярная библиотека химических элементов. М.: Наука, 1983. Т. 1. С. 43.

[24] *Хандросс Л. М.* Радиоактивные источники на Урале. Необходимо широкое радиологическое исследование // Урал. рабочий. 1931. 6 мая.

[25] *Штольц В., Бернхард Р.* Дозиметрия ионизирующего излучения. Рига: Зинатне, 1982. 142 с.

[26] *Воронцов Н. Н.* Разноликий Тимофеев-Ресовский // Природа. 1995. №10. С. 90–105.

[27] *Артемов Н. М., Калинина Т. Е.* Сергей Сергеевич Четвериков. 1880–1959. М.: Наука, 1994. 160 с.

[28] Уральский государственный университет в биографиях. Екатеринбург: Изд-во Урал ун-та, 1995. С. 184–185.

[29] *Тимофеев-Ресовский Н. В.* Воспоминания. М.: Прогресс, Пангея, 1995. 384 с.

[30] *Timofeeff-Ressovsky N. V., Zimmer K. G., Delbruck M.* Uber die Natur der Genmutation und der Genstructur // Nachr. Gess. Wiss. Gottingen. 1935. Bd. 1, № 13. P. 189–245.

[31] *Шноль С. Э.* Герои и злодеи российской науки. М.: КРОН-ПРЕСС, 1977. 474 с.

[32] *Воронцов Н. Н., Яблоков А. В.* К 70-летию Н. В. Тимофеева-Ресовского // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. Биол. 1970. Т. LXXV (5).

[33] *Ромпе Р.* Среди берлинских физиков // Природа. 1995. № 12. С. 93–97.

Глава 3.2

3.2.1.

[1] *Храмов Ю. А.* Физики: Биогр. справ. М.: Наука, 1983. 400 с.

[2] Популярная библиотека химических элементов. Кн. 2: Серебро – нильсборий. М.: Наука, 1983. 576 с.

[3] *Новоселов В. Н., Толстиков В. С.* Тайна «сороковки». Екатеринбург, 1995. 320 с.

[4] *Судоплатов П. А.* Спецоперации: Лубянка и Кремль. 1930–1950 годы. М.: ОЛМА-ПРЕСС, 1997. 688 с.

[5] *Якоби В.* История проблемы радона в шахтах и домах // Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах. Публ. 65 МКРЗ. М.: Энергоатомиздат, 1995. С. 66–76.

[6] *Медведев Ж.* Атомный ГУЛАГ // Урал. 1994. № 12. С. 192–206.

[7] О состоянии окружающей природной среды и влиянии факторов среды обитания на здоровье населения Свердловской области в 1995 г.: Гос. докл. / УРЦ «Аэрокосмосэкология»; РИЭЦ. Екатеринбург, 1996. 218 с.

[8] *Медведев Ж.* Ядерная катастрофа на Урале //Энергия, 1990. № 1. С. 44–50.

[9] *Визгин В. П.* Атомный проект в СССР: предварительные итоги изучения и новые материалы // ВИЕТ. 1996. № 2. С. 86–92.

[10] Воспоминания об академике И. К. Кикоине. М.: Наука, 1991. 158 с.

[11] *Пономарев В.* Заповедник атомных катастроф // Юность. 1990. № 7. С. 80–82.

[12] *Литовский В. В.* Урал: Радиационные катастрофы. Теча. Свердловск: Изд-во Урал. ин-та типового проектирования, 1992. 72 с.

[13] *Тимофеев-Ресовский Н. В.* Воспоминания. М.: Прогресс; Пангея, 1995. 384 с.

[14] Итоги изучения и опыт ликвидации последствий аварийного загрязнения территории продуктами деления урана // Энергия. 1990. № 1. С. 51–55.

[15] Озера Зауралья: Карта для туризма и отдыха. Масштаб 1: 300 000/ УКФ ФСГ и КР. Свердловск, 1993.

[16] Н. В. Тимофеев-Ресовский на Урале: Воспом. / Сост. В. Г. Куликова. Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 1998. 160 с.

[17] *Егоров Ю. В.* Уральская радиохимическая школа (глазами одного из «др.») // Физтехи о физтехах. Екатеринбург: Изд. дом «Ява», 1999. С. 12–18.

[18] *Егоров Ю. В.* О «ящике» //Физтехи о физтехах. Екатеринбург: Изд. дом «Ява», 1999. С. 90–92.

[19] *Riehl Nikolaus.* Zehn Jahre im goldenen Kbfig. Erlebnisse beim Aufbau der sowjetischen URAN-Industrie. Stuttgart: Dr. Riederer-Verlag GmbH, 1988. 154 s.

[20] *Тюрюканов А. Н., Федоров В. М.* Н. В. Тимофеев-Ресовский: Биосферные раздумья. М., 1996. 368 с.

[21] *Медведев Ж.* Ядерная катастрофа на Урале // Энергия. № 2. 1990. С. 8–13.

[22] *Гощицкий Н.* Радиоэколог из Миассово // Наука Урала. 1989. № 45.

[23] *Корогодин В. И.* // Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский: Очерки. Воспом. Материалы. М.: Наука, 1993. С. 252–269.

[24] *Воронцов Н. Н., Яблоков А. В.* К 70-летию Н. В. Тимофеева-Ресовского // Бюл. МОИП. Отд. Биол. 1970. Т. LXXV (5). С. 144–158.

[25] *Тимофеев-Ресовский Н. В.* О возможном действии повышенного фона ионизирующих излучений на генетический состав популяции человека // Тр. Ин-та биологии УФАН. Свердловск. Вып. 22. С. 77–91.

3.2.2.

[1] *Семенов В. С.* Неблагополучная радиационная ситуация в п. Озерный //Экологические проблемы загрязненных радионуклидами территорий Уральского региона: Тез. докл. Урал. сем. Екатеринбург, 14–16 апреля 1992 г. Екатеринбург, 1992. С. 64–65.

[2] Вредные химические вещества: Радиоактивные вещества. Л.: Химия, 1990. 464 с.

[3] О состоянии окружающей природной среды и влиянии факторов среды обитания на здоровье населения Свердловской области в 1995 г.: Гос. докл. / УРЦ «Аэрокосмосэкология»; РИЭЦ. Екатеринбург, 1996. 218 с.

[4] Тикает ториевая бомба. Взорвется ли она или не успеет (досье «ВЕ») // Веч. Екатеринбург. 1993. 24 марта.

[5] *Литовский В. В.* Урал: Радиационные катастрофы. Теча. Свердловск: Изд-во Урал. ин-та типового проектирования, 1992. 73 с.

[6] *Трейгер С. И., Койсин С. Ф., Надеенко Ю. П. и др.* Обзор радиационно-гигиенической обстановки в зоне ВУРСа на Среднем Урале // Экологические проблемы загрязненных радионуклидами территорий Уральс-

кого региона: Тез. докл. Урал. семинара. Екатеринбург, 14 – 16 апреля 1992 г. Екатеринбург, 1992. С. 31 – 34.

[7] *Трейгер С. И., Койсин С. Ф., Пискунов Л. И.* и др. Некоторые радиологические последствия ВУРСа на Среднем Урале // Экологические проблемы загрязненных радионуклидами территорий Уральского региона: Тез. докл. Урал. семинара. Екатеринбург, 14 – 16 апреля 1992 г. Екатеринбург, 1992. С. 39 – 41.

[8] *Медведев Ж.* Атомный ГУЛАГ // Урал. 1994. № 2. С. 192 – 206.

[9] *Койсин С. Ф., Туруновская Р. Г.* Вторичное аварийное загрязнение техногенными радионуклидами на Урале // Экологические проблемы загрязненных радионуклидами территорий Уральского региона: Тез. докл. Урал. семинара. Екатеринбург, 14 – 16 апреля 1992 г. Екатеринбург, 1992. С. 36 – 39.

[10] *Клайкнехт К.* Детекторы корпускулярных излучений. М.: Мир, 1990. 224 с.

[11] *Тимофеев-Ресовский Н. В.* Биосфера и человечество // Науч. тр. обнинского отд. Геогр. о-ва СССР. 1968. Сб. 1, ч. 1. С. 3 – 12.

[12] *Литовский В. В., Зольников П. П.* Дозообразующие факторы пойменных территорий рек Течи и Исети // Вопросы общей физики в вузе: Сб. науч. тр. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2000. С. 90 – 98.

[13] *Уткин В. И.* Радиационная обстановка на Урале (Ксерокопия лекции для курсов повышения квалификации работников радиационной защиты). 19 с.

3.2.3.

[1] *Уткин В. И.* Радиационная обстановка на Урале (Ксерокопия лекции для курсов повышения квалификации работников радиационной защиты). 19 с.

[2] *Уткин В. И.* Сорок лет спустя: (научная автобиография выпускника физтеха 1958 г.) // Физтехи о физтехах. Екатеринбург: Изд. дом «Ява», 1999. С. 100 – 108.

[3] *Уткин В. И., Юрков А. К.* Динамика выделения радона из массива горных пород как краткосрочный предвестник землетрясения // Доклады РАН. 1998. Т. 358, № 5. С. 675 – 680.

[4] *Уткин В. И., Юрков А. К.* Поведение радона при подготовке катастрофических сейсмических событий: тектонических землетрясений и горных ударах в глубоких шахтах. Екатеринбург: Изд-е Игф РИА, УГГГА, 1997. 29 с. Препринт.

[5] *Васильев А. Г., Боев В. М., Гилева Э. А. и др.* Эколого-генетический анализ отдаленных последствий Тоцкого ядерного взрыва в Оренбургской обл. в 1954 г. (факты, модели, гипотезы). Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 1997. 192 с.

[6] *Сапунова Г.* Жаркий сентябрь 1954-го // Труд. 1990. 6 янв.

[7] *Карпов В.* Уральская Хиросима // Труд. 1991. 3 янв.

Глава 3.3

[1] *Чижевский А. Л.* Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль, 1995. 766 с.

[2] *Улащик В. С.* Домашняя физиотерапия, или Как избавиться от болезней и укрепить здоровье без лекарств. Минск: Беларусь, 1993. 287 с.

[3] *Ягодинский В. Н.* Александр Леонидович Чижевский. 1897–1964. М.: Наука, 1987. 304 с.

[4] *Чижевский А. Л.* На берегу Вселенной: Годы дружбы с Циолковским. Воспоминания. М.: Мысль, 1995. 766 с.

[5] *Шноль С. Э.* Герои и злодеи российской науки. М.: КРОН-ПРЕСС, 1997. 464 с.

[6] *Чижевский А. Л.* Аэронификация в народном хозяйстве. М.: Госпланиздат, 1960. 758 с.

[7] *Мирошниченко Л. И.* Солнечная активность и Земля. М.: Наука, 1981. 144 с.

[8] *Чижевский А. Л.* Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1973. 350 с.

[9] *Багирян Р.* Великий план профессора Чижевского // Комс. правда. 1999. 4 июня

[10] *Багирян Р.* Люстра профессора Чижевского // Комс. правда. 1999. 20 авг.

[11] *Григорьев Р.* Автомат Чижевского для боев в микромире // Комс. правда. 1999. 22 окт.

[12] *Григорьев Р.* Ионные шары с космодрома Чижевского // Комс. правда. 1999. 3 дек.

[13] *Белковский В. В.* Шу и Ра Александра Чижевского. Душа и тело. Челябинск, 1996, 96 с.

[14] *Чижевский А. Л. с сотр.* Новый метод ускорения заживления ран и язв: Докл. Ивдель, 1943.

[15] *Чижевский А. Л.* Теоретические предпосылки аэронификации помещений большой кубатуры: Докл. Управлению строительства Дворца Советов. Ивдель, 1943.

[16] *Чижевский А. Л.* Новые экспериментальные данные по абсолютной очистке воздуха от микроорганизмов: Докл. Ивдель,1943.

[17] *Панов Т. Н.* 11-летняя цикличность геомагнитной активности по материалам Свердловской магнитной обсерватории за 1943–1966 гг. //Геомагнетизм и аэрономия. 1968. Т. 6. С. 1123–1124.

Глава 3.4

[1] *Чижевский А. Л.* Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль, 1995. 768 с.

[2] *Гурфинкель Ю. И.* Дети Солнца. Каким эхом отзываются магнитные бури // Здоровье. 1998. № 3 (516). С. 40–43

[3] *Храмов Ю. А.* Физики: Биогр. справ. М.: Наука, 1983. 400 с.

[4] *Пиккарди Дж.* Химические основы медицинской климатологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1967. 96 с.

[5] *Зацепина Г. Н.* Физические свойства и структура воды. М.: Изд-во МГУ, 1998. 184 с.

[6] Популярная библиотека химических элементов. Кн.1: Водород – палладий. М.: Наука, 1983. 576 с.

[7] *Ашкрофт Н., Мермин Н.* Физика твердого тела. М.: Мир, 1979. Т.2. 432 с.

[8] *Займан Дж.* Модели беспорядка. Теоретическая физика однородно неупорядоченных систем. М.: Мир, 1982. 592 с.

[9] *Ягодинский В. Н.* Александр Леонидович Чижевский. 1897—1964. М.: Наука, 1987. 304 с.

[10] *Чижевский А. Л.* Структурный анализ движущейся крови. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 474 с.

[11] *Чижевский А. Л.* Электрические и магнитные свойства эритроцитов. Киев: Наукова думка, 1973. 96 с.

[12] *Чижевский А. Л.* Биофизические механизмы реакции оседания эритроцитов. Новосибирск: Наука, 1980. 178 с.

[13] *Чижевский А. Л.* Аэронификация в народном хозяйстве. М.: Госпланиздат, 1960. 758 с.

[14] *Гришин Ю. И.* Искусственные космические экосистемы. М.: Знание.1989. 64 с.

[15] *Шноль С. Э.* Герои и злодеи российской науки. М.: КРОН-ПРЕСС, 1997. 464 с.

[16] *Введенский В. Л., Ожогин В. И.* Сверхчувствительная магнитометрия и биомагнетизм. М., 1986. 348 с.

[17] *Холодов Ю. А., Козлов А. Н., Горбач А. М.* Магнитные поля биологических объектов. М., 1987. 230 с.

Глава 3.5

[1] *Храмов Ю. А.* Физики: Биогр. справ. М.: Наука, 1983. 400 с.

[2] Советский энциклопедический словарь. М.: Сов. энцикл., 1986. 1600 с.

[3] *Николис Г., Пригожин И.* Самоорганизация в неравновесных системах: От диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. М.: Мир, 1979. 512 с.

[4] *Шноль С. Э.* Герои и злодеи российской науки. М.: КРОН-ПРЕСС, 1997. 464 с.

[5] *Жаботинский А. М.* Периодический ход окисления малоновой кислоты в растворе: (исследование кинетики реакции Белоусова) // Биофизика. 1964. Т. 9. С. 309—311.

[6] В поисках нового мировидения: И. Пригожин, Е. и Н. Рерихи. М.: Знание, 1991. 64 с.

Глава 3.6

[1] Советский энциклопедический словарь. М.: Сов. энцикл., 1986. 1600 с.

[2] *Жеребцов И. П.* Основы электроники. Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1990. 352 с.

[3] *Храмов Ю. П.* Физики: Биогр. справ. М.: Наука, 1983. 400 с.

[4] *Рейтман М.* Знаменитые эмигранты из России: Очерки о россиянах, добившихся успеха в США. Ростов н/Д.: Изд-во «Феникс», 1999. 320 с.

[5] Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы: Сани-

тарные правила и нормативы: 2.2.2. 542—96 /Госкомэпиднадзор РФ. М.: Медицина, 1996. 40 с.

[6] Свердловская магнитная и метеорологическая обсерватория: 1836—1936 гг.: Сб. Свердловск: СУГ, 1936. 288 с.

[7] Климат Свердловска. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. 190 с.

[8] *Поспелова В. Ф.* Южные циклоны на Урале и их термодинамические характеристики: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Пермь, 1968. 16 с.

[9] *Тверской П. Н.* Атмосферное электричество. Л.: Гидрометеоиздат, 1949. 252 с.

[10] Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды и влиянии факторов среды обитания на здоровье населения Свердловской области в 1995 г. Екатеринбург, РИЭЦ при УРЦ «Аэрокосмоэкология», 1996. 218 с.

[11] *Иванов Н. А.* Геомагнитные исследования на Урале // Состояние и перспективы развития геофизических методов на Урале. 1971. С. 67—76.

[12] Руководство к лабораторным занятиям по гигиене труда / Н. А. Жилова, В. Ф. Кириллов, В. Р. Кучма и др. М.: Медицина, 1993. 336 с.

[13] Медицинская и биологическая физика. М.: Высш. шк., 1996. 608 с.

[14] *Литовский В. В.* Естественные диапазоны локальных геофизических факторов как принципиальная основа точечного экологического мониторинга и экологизации образовательных сред с ТСО // Физические проблемы экологии: Тез. докл. всерос. конф. Москва, 19—22 янв. 1999 г. М.: Изд-во МГУ, 1999. С. 188.

[15] *Литовский В. В.* Физические аспекты оценки экологических факторов Екатеринбурга и анализ микросред с ТСО // Вопросы общей физики в вузе: Сб. науч. тр. Екатеринбург: Изд-во УГПУ, 2000. С. 107—121.

[16] *Чижевский А. Л.* Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль, 1995. 768 с.

Глава 3.7

[1] *Чижевский А. Л.* Периодическое влияние Солнца на биосферу Земли: Докл. в Моск. археол. ин-те. М., 1915. С. 292—304. Отд. оттиск.

[2] *Чижевский А. Л.* Пенетрантное и солнечное излучение и жизнь. Литогр. Калуга, 1919. 34 с. Отд. оттиск.

[3] *Чижевский А. Л.* Об одном виде специфически биоактивного или Z-излучения Солнца // Земля во Вселенной. М.: Мысль, 1964. С. 342—372.

[4] *Чижевский А. Л.* Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль, 1995. 768 с.

[5] *Чижевский А. Л.* Аэронификация в народном хозяйстве. М.: Госпланиздат, 1960. 758 с.

[6] *Чижевский А. Л.* Структурный анализ движущейся крови. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 474 с.

[7] *Чижевский А. Л.* Электрические и магнитные свойства эритроцитов. Киев: Наук. думка, 1973. 96 с.

[8] *Чижевский А. Л.* Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1976. 366 с.

[9] *Чижевский А. Л.* Биофизические механизмы реакции оседания эритроцитов. Новосибирск: Наука, 1980. 178 с.

[10] *Тимофеев-Ресовский Н. В.* Биосфера и человечество // Науч. тр. Обнинск. отд-ние геогр. о-ва СССР. Ч. 1. Обнинск, 1968. С. 22—25

[11] *Тимофеев-Ресовский Н. В.* Биофизическая интерпретация явлений радиостимуляции растений // Биофизика. 1956. Т. 1, вып. 7. С. 616–628.

[12] *Тимофеев-Ресовский Н. В., Савич А. В., Шальнов М. И.* Введение в молекулярную радиобиологию. М.: Медицина, 1981. 318 с.

[13] *Тимофеев-Ресовский Н. В.* Воспоминания. М.: Прогресс, Пангея, 1995. 384 с.

[14] *Тимофеев-Ресовский Н. В.* Генетика, эволюция и теоретическая биология // Природа. 1980. № 9. С. 62–65.

[15] *Тимофеев-Ресовский Н. В.* Избранные труды / Под ред. акад. О. Г. Газенко и акад. РАМН В. И. Иванова. 1996. М.:Медицина. 454 с.

[16] *Тимофеев-Ресовский Н. В.* Некоторые проблемы радиационной биогеоценологии: Докл. по опубл. работам, представленным для защиты учен. степ. д-ра биол. наук. Свердловск. 1962. 53 с.

[17] *Тимофеев-Ресовский Н. В.* О возможном действии повышенного фона ионизирующих излучений на генетический состав популяции человека // Тр. Ин-та биологии УФАН СССР. 1962. Вып. 22. С. 77–91.

[18] *Тимофеев-Ресовский Н. В.* О радиоактивном загрязнении биосферы и о мерах борьбы с этими загрязнениями // Тр. Ин-та биологии УФАН СССР. 1962. Вып. 22. С. 7–16.

[19] *Тимофеев-Ресовский Н. В.* Применение излучений и излучателей в экспериментальной биогеоценологии // Бот. журн. 1957. Т. 42. № 2. С. 161–194.

[20] *Тимофеев-Ресовский Н. В., Иванов В. И., Корогодин В. И.* Применение принципа попадания в радиобиологии. М.: Атомиздат, 1968. 228 с.

[21] *Николис Г., Пригожин И.* Познание сложного: Введение. М.: Мир, 1990. 342 с.

[22] *Николис Г., Пригожин И.* Самоорганизация в неравновесных системах: От диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. М.: Мир, 1979. 512 с.

[23] *Пригожин И.* Введение в термодинамику необратимых процессов. М.: Изд-во иностр. лит., 1960. 127 с.

[24] *Пригожин И.* Неравновесная статистическая механика. М.: Мир, 1964. 314 с.

[25] *Пригожин И.* От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках. М.: Наука, 1985. 327 с.

[26] *Пригожин И., Беллеманс А., Мато В.* Молекулярная теория растворов. М.: Металлургия, 1990. 358 с.

[27] *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. М.: Прогресс, 1986. 431 с.

[28] *Акасофу С.-И., Чепмен С.* Солнечно-земная физика. М.: Мир, 1974. Ч. 1. 384 с.; 1975. Ч. 2. 512 с.

[29] *Витинский Ю. И.* Цикличность и прогнозы солнечной активности. Л.: Наука, 1973. 257 с.

[30] *Витинский Ю. И., Оль А. И., Сазонов Б. И.* Солнце и атмосфера Земли. Л.: Гидрометеоиздат, 1976. 350 с.

[31] *Владимирский Б. М.* О возможных факторах солнечной активности, влияющих на процессы в биосфере // Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли. М.: Наука, 1971. С. 126–141.

[32] *Владимирский Б. М., Кисловский А. Л.* Солнечная активность и биосфера. М.: Знание, 1982. 62 с.

[33] *Владимирский Б. М., Кисловский Л. Д.* Космос и биологические ритмы. Симферополь, 1995. 240 с.

[34] *Воронцов Н. Н., Яблоков А. В.* К 70-летию Н. В. Тимофеева-Ресовского // Бюлл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. Биол. 1970. Т. LXXV (5). С. 144–158.

[35] *Гурфинкель Ю. И., Любимов В. В., Ораевский В. Н. и др.* Влияние геомагнитных возмущений на капиллярный кровоток у больных ишемической болезнью сердца. М., 1994.

[36] *Куликов Н. В., Чеботина М. Я.* Радиоэкология пресноводных биосистем. Свердловск: Изд-во УрО АН СССР, 1988. 129 с.

[37] *Куликов Н. В., Молчанова И. В.* Континентальная радиоэкология (почвенные и пресноводные экосистемы). 1975. М.: Наука, 184 с.

[38] *Куликов Н. В., Молчанова И. В., Караваева Е. Н.* Радиоэкология почвенно-растительного покрова. Свердловск: Изд-во УрО АН СССР, 1990. 172 с.

[39] *Опалинская А. М.* Влияние солнечной активности на реакцию Пиккарди // Живые системы в электромагнитных полях. Томск: Изд-во ТГУ, 1978. С. 10–19.

[40] *Опалинская А. М.* Корреляция хода реакции Пиккарди и агглютинации бактерий с комогелиофизическими факторами: Электромагнитные поля как возможные посредники этих корреляций: Дис. ... канд. биол. наук / ИБФ АН СССР, Пущино. 1985. 170 с.

[41] *Пиккарди Дж.* Химические основы медицинской климатологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1967. 96 с.

[42] *Тюрюканов А. Н., Федоров В. М.* Н. В. Тимофеев-Ресовский: Биосферные раздумья. М., 1996. 386 с.

[43] *Удальцова Н. В., Коломбет В. А., Шноль С. Э.* Возможная космофизическая обусловленность макроскопических флуктуаций в процессах разной природы / Изд-е ОНТИ НЦБИ АН СССР. Пущино, 1987. 96 с.

[44] *Шноль С. Э.* Гелиобиология: от Чижевского до наших дней. Новое знание сквозь барьеры предыдущего // Природа. 1994. № 9. С. 3–9.

[45] *Шноль С. Э.* Физико-химические факторы биологической эволюции. М.: Наука, 1979. 263 с.

[46] *Шноль С. Э.* Герои и злодеи российской науки. М.: КРОН-ПРЕСС, 1977. 474 с.

[47] Электромагнитные поля в биосфере / Под ред. Н. В. Красногорской. М.: Наука, 1984. Т. 1. 375 с.

[48] *Ягодинский В. Н.* Александр Леонидович Чижевский. 1897–1964. М.: Наука, 1987. 304 с.

[49] Riehl Nikolaus. Zehn Jahre im goldenen Kвfig. Erlebnisse beim Aufbau der sowjetischen URAN-Industrie. Stuttgart: Dr. Riederer-Verlag GmbH, 1988. 154 p.

[50] Н. В. Тимофеев-Ресовский на Урале: Воспом. /Сост. В. Г. Куликова. Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 1998. 160 с.

[51] *Васильев А. Г., Боев В. М., Гилева Э. А. и др.* Эколого-генетический анализ отдаленных последствий Тоцкого ядерного взрыва в Оренбургской обл в 1954 г. (факты, модели, гипотезы). Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 1997. 192 с.

[52] *Литовский В. В.* Урал: Радиационные катастрофы. Теча. Свердловск: Изд-во УИТП, 1992. 72 с.

[53] *Литовский В. В., Зольников П. П.* Дозообразующие факторы пойменных территорий рек Течи и Исети // Вопросы общей физики в вузе: Сб. науч. тр. Екатеринбург: Изд-во УГППУ, 2000. С. 90—98.

[54] ВУРС (Свердловская область) / Под ред. В. Н. Чуканова. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1996. 168 с.

[55] *Иванов Н. А.* Геомагнитные исследования на Урале // Состояние и перспективы развития геофизических методов на Урале. Б. м., 1971. С. 67—76

[56] Климат Свердловска. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. 190 с.

[57] *Литовский В. В.* Естественные диапазоны локальных геофизических факторов как принципиальная основа точечного экологического мониторинга и экологизации образовательных сред с ТСО // Физические проблемы экологии: Тез. докл. всерос. конф. М.: Изд-во МГУ, 1999. С. 188.

[58] *Литовский В. В.* Физические аспекты оценки экологических факторов Екатеринбурга и анализ микросред с ТСО // Вопросы общей физики в вузе: Сб. науч. тр. Екатеринбург: Изд-во УГППУ, 2000. С. 107—121.

[59] О состоянии окружающей природной среды и влиянии факторов среды обитания на здоровье населения Свердловской области в 1995 г.: Гос. докл. / УРЦ «Аэрокосмосэкология»; РИЭЦ. Екатеринбург, 1996. 218 с.

[60] *Панов Т. Н.* 11-летняя цикличность геомагнитной активности по материалам Свердловской магнитной обсерватории за 1943—1966 гг. //Геомагнетизм и аэрономия. 1968. Т. 8, вып. 6. С. 1123—1124.

[61] Свердловская магнитная и метеорологическая обсерватория. 1836—1936. Свердловск: СУГ, 1936. 288 с.

[61] В поисках нового мировидения: И. Пригожин, Е. и Н. Рерихи. М.: Знание, 1991. 64 с.

[62] *Соболев В. В.* Курс теоретической астрофизики. М.: Наука,1985. 504 с.

[63] *Займан Дж.* Модели беспорядка: Теоретическая физика однородно неупорядоченных систем. М.: Мир, 1982. 592 с.

[64] *Зацепина Г. Н.* Физические свойства и структура воды. М.: Изд-во МГУ, 1998. 184 с.

[65] *Мухин К. Н.* Занимательная ядерная физика. М.: Энергоатомиздат, 1985. 312 с.

[66] *Тимофеев-Ресовский Н. В.* Истории, рассказанные им самим, с письмами, фотографиями и документами. М.: Согласие, 2000. 880 с.

[67] *Кароль И. Л.* Атмосферный озон: современное состояние проблемы // Природа. 1993. № 5. С. 9—17.

Заключение

[1] *Эдель А. А., Литовский В. В.* История экологических исследований на Урале как проблема культуры рубежа тысячелетий // Развитие и культура мира: стратегии и программы. Охрана окружающей среды: Тез. докл. V Всемир. конгр. ВФАК ЮНЕСКО, 9—13 июля 1999 г. Екатеринбург: Банк культ. инф., 1999. С. 32—34.

[2] *Матвеев В. Ю.* Термометрическая шкала Делиля в России // ВИЕТ. 1990. № 3. С. 33—44.

[3] Свердловская магнитная и метеорологическая обсерватория. 1836—1936: Юбил. сб. Свердловск: СУГ. 1936. 287 с.

[4] *Кондратьев Ф. Я.* Физическая география и топогеодезическая изученность Урала // Уральская геологическая выставка. Свердловск, 1937. С. 55—62.

[5] *Дзенс-Литовский А. И.* История геологического изучения минеральных озер СССР // Природа. 1946. № 9. С. 59—65.

[6] ГАСО, ф. 62, оп. 1, д. 58.

[7] ГАСО, ф. 62, оп. 1, д. 411.

[8] *Обвинцева Н.* От «лихача» до трамвая // Былое: Прил. к журн. «Родина» (спец. вып. к 275-летию Екатеринбурга). 1998. № 77. С. 10—11.

[9] *Тимофеев-Ресовский Н. В.* Воспоминания. М.: «Пангея». 1995. 384 с.

[10] Итоги изучения и опыт ликвидации последствий аварийного загрязнения территорий продуктами деления урана // Энергия. 1990. № 1—3.

ЭКОЛОГО-КИБЕРНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДЕЙСТВИЯ АСТРОНОМИЧЕСКИХ И ОБУСЛОВЛЕННЫХ ИМИ АСТРОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ИНФОРМАЦИОННО-ВЕРОЯТНОСТНОМ ПОДХОДЕ

(ШИРОТА ЕКАТЕРИНБУРГА)

Для установления иерархии действия экологических факторов в различные временные периоды последовательно проанализируем с позиций информационно-вероятностного подхода периодическое влияние астрономических и астрофизических факторов.

Отметим, что корреляции между астрономическими и земными явлениями стали одной из первых форм зарождения научного знания, они основаны на большом статистическом материале, а потому требуют самого серьезного осмысления, особенно в экологическом плане. В контексте данной статьи первостепенный интерес представляет потенциально возможный отклик биосферы и геосферы на циклические изменения астрономических и астрофизических характеристик Земли, связанных с диспозицией и кинематическими характеристиками тел солнечной системы.

Действительно, из данных по значениям афелия и перигелия Земли следует, что вариация отношения гравитационной силы, действующей на тело со стороны Земли, к силе, действующей со стороны Солнца (F_E/F_S), достигает 6,6%. С информационно-вероятностной точки зрения для биообъекта это означает, что 5 июля информация, связанная с действием относительного гравитационного фактора (1713) по сравнению с его усредненным значением (1660) возрастает, а коэффициент восприятия биообъекта (нагрузка по данному каналу) понижается. Соответственно с экологических позиций данное состояние следует считать более комфортным. В перигелии (3 января) F_E/F_S =1603, откуда можно заключить, что оно является самым дискомфортным. С учетом того, что пробное тело (био-

объект) на поверхности Земли, вращается вместе с его географической точкой относительно оси вращения самой Земли, в разные фазы суток он будет испытывать дополнительное действие центробежной силы различной величины. В частности, в полночь результирующая линейная скорость движения географической точки на экваторе возрастает по сравнению с полднем на 930 м/с, а на широте Екатеринбурга — до 520 м/с. С учетом того, что скорость Земли максимальна в перигелии, где на 500 м/с она превышает среднегодовую линейную скорость 29 765 м/с, видно, что превышение скорости для тела на экваторе составит в данных условиях 4,8%, а на широте Екатеринбурга — 3,2%. Соответственные величины центробежных сил возрастают на 12,4 и 7%. Эти силы противодействуют силе гравитационного притяжения к Солнцу, а стало быть, ослабляют ее действие. Поэтому и этот фактор должен приводить к повышению нагрузки на механизм восприятия информации биообъектом, т. е. экологически неблагоприятен. В целом фаза движения Земли от афелия к перигелию экологически более неблагоприятна по сравнению с фазой ее движения от перигелия к афелию, так как на первой из них результирующее взаимодействие ослабевает, а на второй — возрастает. Таким образом, переход от зимы к лету оказывается экологически более значимым, поскольку приводит к активизации механизмов восприятия информации биосистемами.

Из периодически повторяющихся положений Луны относительно Земли и Солнца в экологическом отношении интерес представляют такие, при которых одновременно наблюдаются следующие условия: Земля находится в афелии, Луна — в апогее, плоскости земной орбиты и затмении. Неполному перечню этих требований удовлетворяет так называемый 35-летний цикл, обнаруженный еще в 1912 г. Н. П. Долгоруковым* [1, с. 154], при котором длительность, выраженная в средних солнечных сутках, наиболее точно соответствует целочисленным значени-

---

* Долгоруков Николай Петрович (1853—1917) — русский астроном. Автор классических трудов по теории движения Луны: «Движение лунного перигея» (1912 г.) и «Неравенства лунных месяцев» (1912 г.). В послереволюционный период крупнейшим отечественным специалистом по теории Луны стал работавший в 1937—1946 гг. в УрГУ профессор А. А. Яковкин [1, с. 103].

ям четырех лунных месяцев: сидерического, или звездного (период обращения Луны относительно звезд), синодического (период обращения Луны относительно Солнца), аномалистического (период обращения Луны относительно перигея) и драконического (период обращения Луны относительно узла). Интерес представляют и изученные им состояния Луны, когда наступают самые длинные синодические месяцы. Этой фазе соответствует совпадение новолуния с апогеем Луны и с перигелием Земли (4 января). В это время Солнце движется по эклиптике всего быстрее, а Луна медленнее. Такая ситуация наблюдалась в 1912 и 1982 гг. Через полгода (4 июля) новолуние совпадает с перигеем Луны и с положением Земли в афелии, картина изменяется на противоположную: синодический месяц сокращается, так что его амплитуда в течение года может достигать 13 часов [1, с. 154]. Через 4—5 лет картина меняется. Так, в 1986 г. годовая амплитуда колебаний синодического месяца составляла 5 ч 34 мин [там же]. Очевидно, что завершение настоящего 35-летнего цикла ожидается в 2017 г.

Следующим экологически значимым и хорошо известным циклом является сарос, при котором длительность, выраженная в средних солнечных сутках, наиболее точно соответствует целочисленным значениям трех лунных месяцев: синодического, аномалистического и драконического. Он проявляется в солнечных и лунных затмениях с периодом, приближенно равным 6585,32 средним солнечным суткам (18 лет и 11,33 или 10,33 сут в високосные годы).

Еще одним примечательным циклом является цикл в 3232,6 средних солнечных суток (8,85 лет или 8 лет 10 мес 7 или 6 сут в високосные годы) [1, с. 35], который проявляется в состояниях, когда Луна находится в сизигиях (новолунии или в полнолунии), а линия апсид (большая ось лунной орбиты) направлена на Солнце.

Из других периодов следует выделить период эвекции, равный 205,9 средним солнечным суткам, который связан с изменением эксцентриситета лунной орбиты. Существеннее всего эвекция проявляется в перигее. Так, из-за нее диапазон изменения лунно-земного расстояния в перигее варьируется от 356 до 369,8 тыс. км, тогда как в апогее вариации становятся существенно меньшими (от 402 до 406 тыс. км) [1, с. 62].

Если же принять во внимание годичное неравенство, связанное с эллиптичностью орбиты Земли, можно обнаружить и их сезонное проявление, поскольку солнечные возмущения наиболее велики в перигелии, а наиболее малы в афелии. Таким образом, «рекордные» наименьшие и наибольшие расстояния Луны от Земли следует ожидать вблизи перигелия (4 января), что и подтверждается исследованиями Ж. Мейюса, обнаружившего в 80-х гг. закономерность наблюдения максимального эксцентриситета лунной орбиты в эпохи между 25 ноября и 10 февраля [1, с. 63]. Следовательно, с позиций информационно-вероятностного подхода этот период является экологически весомым. В общем случае экологический статус Луны, когда она наиболее удалена от Земли, повышен. Если же учитывать эффекты совместного гравитационного действия Солнца и Луны на земные биосистемы, можно отметить, что они усиливаются в новолуния и ослабевают в полнолуния. Соответственно новолуния оказываются экологически благоприятными, а полнолуния — дискомфортными. Очевидно, что периоды таких дискомфортных или комфортных состояний будут совпадать с синодическим циклом (29,53 средних солнечных суток).

Из суточных лунных эффектов, помимо известных приливных (значимых для Земли в целом), для биосистем необходимо выделить экологический эффект, связанный с информационным усилением в моменты расположения биообъека на стороне Земли, обращенной к Луне, и информационным ослаблением в диаметрально противоположной точке (на тыльной стороне по отношению к Луне).

Как видно, с этих позиций фактор Луны становится наиболее значимым при нахождении биообъекта на тыльной по отношению к Луне стороне Земли в момент новолуния. В 2001 г. к датам с подобными фазами Луны относятся (в порядке их соответствия данному критерию): 24.01 (23 ч 16 мин), 25.03 (00 ч 43 мин), 23.05 (02 ч 09 мин), 21.07 (03 ч 35 мин), 18.09 (05 ч 02 мин), 16.11 (06 ч 28 мин) по местному времени Екатеринбурга. Даты новолуний, наименее информационные по данному критерию: 23.02 (11 ч 59 мин), 23.04 (13 ч 26 мин), 21.06 (14 ч 52 мин), 19.08 (16 ч 19 мин), 17.10 (17 ч 45 мин), 15.12 (19 ч 11 мин). Из эффектов долгосроч-

ной эволюции следует отметить эффект векового замедления вращения Земли (на 1,5 мс в столетие), эффект перехода Луны на более далекую от Земли орбиты (за столетие — на 3 м), связанное с этим вековое запаздывание Луны по отношению к исходной орбите на угол в 3 секунды.

Из влияний других планет на Землю можно выделить такие конфигурации, в которых гравитационное взаимодействие их с Землей минимально (экологически неблагоприятная ситуация) или максимально (экологически положительная ситуация).

Тем не менее влияние таких конфигурационных эффектов уместнее исследовать через гелио- и геофизические цикличности, среди которых наиболее известен 11-летний цикл. Это тем более уместно, что первоначально он был введен, исходя из обобщения длиннопериодных статистических климатологических и биологических сведений, а затем уже из астрономических зависимостей [2].

Впервые же физическую сторону 11-летнего цикла, как известно, обосновал в 1900 г. Э. Браун* [3, с. 65]. Суть его предположения сводилась к тому, что планеты силой своего притяжения вызывают приливы в газообразном веществе Солнца, подобно тому как Луна образует морские приливы на Земле, что в настоящее время получило подтверждение, и в периодах солнечной активности были обнаружены периоды планетных движений [4]. Их более детальное изучение привело к установлению 22-летней периодичности рождения и исчезновения магнитного поля определенной полярности в солнечных пятнах и ряда других явлений, о которых пойдет речь ниже. На Земле опосредованное через Солнце влияние планетных эффектов обнаруживается в ряде эффектов. Так, в [5, с. 31—33] отмечается отсутствие больших магнитных бурь в период, когда Венера и Меркурий находятся в нижнем соединении, т. е. когда их совместное влияние на Землю оказывается максимальным. В Европе имеет место цикл повторяемости погодных ситуаций с периодом 2,2 года, коррелирующим

---

* Эрнест Уильям Браун (1866—1938) — известный английский астроном. С 1888 г. работал в США, где под руководством Д. У. Хилла (1838—1914) стал заниматься теорией движения планет [1, с. 131—132].

с периодом соединения Юпитера и Марса. Погодная цикличность с периодом 4,2 года обнаруживает синхронность с парными соединениями Юпитера и Земли, Марса и Венеры. Очевидно, что, если такие корреляции устойчивы, их эколого-кибернетическую роль можно оценить, используя вышеприведенный способ.

С этих же позиций следует указать на особую значимость (из-за слабости гравитационного воздействия) геликоидального эффекта, наиболее заметно проявляющегося в моменты весеннего (21.03) и осеннего равноденствия (23.09) [6, с. 62—65]. Отличительными особенностями движения Земли в указанные моменты является то, что в марте она движется с максимально возможной скоростью 45 км/с в плоскости экватора в направлении, приблизительно ориентированом на центр Галактики. В сентябре она движется с минимальной скоростью 24 км/с и направление ее движения оказывается почти перпендикулярным прежнему. Можно отметить также, что, за исключением небольшой части марта, Земля в своем геликоидальном движении перемещается Северным полушарием вперед. С учетом того, что линейная скорость Солнца составляет 19—20 км/с, вариации результирующей скорости Земли по величине и направлению относительно центра Галактики оказываются значительными. В частности, в марте Земля движется вдоль силовых линий радиального галактического поля к центру Галактики и, стало быть, испытывает усиление гравитационного притяжения. В этом случае информация по гравитационному фактору растет и ее восприятие снижается. В сентябре Земля движется приблизительно перпендикулярно силовым линиям гравитационного поля, что приводит к более чувствительной настройке информационных систем на обработку малых изменений гравитационного взаимодействия, т. е. к повышению их реактивности, что и подтверждается экспериментами Дж. Пиккарди с химическими тестами [6, с. 63, 67—68], которые дают циклоидные изменения с минимумом в марте и максимумом в сентябре.

Сам А. Л. Чижевский считал, что периодическая деятельность Солнца — процесс не вполне самостоятельный [3, с. 64], а находится в определенной зависимости от размещения планет Солнечной системы в пространстве, от их констелляций

(размещения относительно созвездий) по отношению друг к другу и к Солнцу. «Уже много лет назад астрономы предположили, что Солнце представляет собой тончайший инструмент, который учитывает все влияния планет соответственными изменениями» [2].

Помимо гравитационного взаимодействия Земли с окружающими ее телами, в экологическом плане важным является, как известно, солнечное электромагнитное и корпускулярное излучение. В первом в качестве основополагающего фактора рассматривается солнечный свет. Фактором второго порядка малости принято считать лунный свет. Для выяснения кибернетической роли различных составляющих солнечного света и их действия на биосистемы в течение года воспользуемся необходимой информацией о радиационном режиме в наиболее целесообразном локальном подходе, например для Екатеринбурга. В частности, как следует из [7, с. 40], астрономически возможный годовой приход прямой солнечной радиации в Екатеринбурге на горизонтальную поверхность при ясном небе составляет 4609 МДж/м^2, а рассеянной радиации — 1089 МДж/м^2, однако значительная облачность для широты Екатеринбурга снижает поступление прямой солнечной радиации на 52—64%, в то же время увеличивая рассеянную радиацию в 1,6—1,8 раза. Наименьшие среднемесячные суммы прямой и рассеянной солнечной радиации на горизонтальную поверхность наблюдаются в Екатеринбурге в декабре — соответственно 8 и 38 МДж/(м^2·мес), в январе — 17 и 50 МДж/(м^2·мес), а наибольшие — в июне— 339 и 281 МДж/(м^2·мес). Абсолютный максимум освещенности за период наблюдений с 1966 по 1975 г. составил 107,9 клк и наблюдался в июне 1966 г. в 12 ч 30 мин по среднему солнечному времени. Отметим, что среднестатистическое значение суммарной освещенности в Екатеринбурге для июня составляет 57,2 клк, из которых 24,7 клк из нее приходится на рассеянную освещенность. Наименьшее среднестатистическое значение освещенности горизонтальной поверхности в декабре составляет 9,2 клк, из которых 7,1 клк приходится на рассеянную освещенность.

Как видно, в декабре и январе доля прямой радиации незначительна — 22 и 28%, в июне же она возрастает более чем в два раза — до 57%.

Абсолютное значение прямой освещенности в Екатеринбурге также наибольшее в июне и наименьшее в декабре.

Доля отраженной радиации в годовом цикле по отношению к суммарной радиации в годовом цикле достигает наибольших значений зимой, а также в марте, когда велико альбедо, создаваемое снежным покровом. Существенно меньшей она становится с мая по сентябрь, после чего снова резко возрастает. Минимальное значение доли отраженной радиации наблюдается в июне: 18%, или 113 МДж/(м²·мес), а максимальное — в декабре: 74%, или 34 МДж/(м²·мес).

Абсолютное значение отраженной от горизонтальной поверхности радиации увеличивается с января по март от 54 МДж/(м²·мес) до наибольшего значения 230 МДж/(м²·мес), после чего монотонно убывает с уменьшением скорости убывания в осенний период, достигая в декабре минимума 34 МДж/(м²·мес).

Отсюда следует, что в экологическом отношении роль прямой радиации наиболее значима в декабре, особенно на конечной стадии убывания перед 22 декабря, и, напротив, наименее значима на конечной стадии возрастания максимальных полуденных высот Солнца над горизонтом с минимумом 22 июня. Ее статус также оказывается доминирующим в период с середины октября до апреля.

Энергетический вклад рассеянной радиации в течение года по отношению к вкладу прямой радиации оказывается меньшим с апреля по сентябрь и большим в осенне-зимний период, а также в марте. Соответственно в рамках информационно-вероятностного подхода статус рассеянной радиации по отношению к прямой повышается в июне, когда ее доля минимальна. В целом он возрастает летом, максимален в июне и снижается в зимний период, достигая минимума в декабре.

По отношению к отраженной радиации статус рассеянной радиации более высок с середины января по апрель.

Роль отраженной радиации является определяющей с апреля по сентябрь. С середины января по апрель ее роль минимальна, а в декабре промежуточна по сравнению с прямой и рассеянной радиацией. Особую значимость в информационном плане для биосистем имеет период с середины марта, когда вероятность реализации значений освещенности, созда-

ваемой светом с учетом месячной скорости ее изменения, имеет наименьшие годовые значения (что вызвано таянием снега), по середину мая (когда интенсивно начинает появляться зелень, заметно изменяющая альбедо). Не меньший интерес представляет и период с октября по середину ноября, когда абсолютные значения отраженной радиации изменяются очень мало, что связано с преимущественно влажной почвой, лишенной растительного покрова.

Относительный статус отраженной радиации наиболее высок в мае, когда альбедо минимально, вследствие того что поверхность земли и кроны деревьев еще не полностью покрыты зеленью.

Важно подчеркнуть, что исходный солнечный свет не поляризован. Однако при взаимодействии его с атмосферой в информационном отношении в нем появляются качественные изменения: прямой солнечный свет так и остается неполяризованным, а рассеянный — поляризуется преимущественно в плоскости падения, тогда как отраженный свет поляризуется в плоскости, ей перпендикулярной. Места наибольшей поляризации света, рассеянного от небесного свода, находятся на угловом расстоянии в 90° от Солнца. По мере поднятия Солнца область максимальной поляризации уходит из зенита, оставаясь, однако, вблизи него. Максимальная измеренная степень поляризации солнечного света ни при каких условиях не достигает 100%, что связано с его рассеянием на аэрозолях, а также с эффектом многократного рассеяния. В частности, по данным многолетних наблюдений, для Екатеринбурга она никогда не превышала 83,7%, для Павловска (Санкт-Петербург) 82%, а для Крыма (Ай-Петри) — 84,7% [9, с. 28]. В зависимости от географической широты места, если указанные соотношения имеют устойчивую тенденцию, это означает, что в Северном полушарии поляризация растет с юга на север.

Когда высота Солнца над горизонтом не превышает 30°, на высоте 12° — 25° на противоположной от него стороне неба [8, с. 579] наблюдается точка, дающая неполяризованный свет (нейтральная точка (А), открытая Араго в 1809 г.). Две другие точки, дающие неполяризованный свет и также получившие имена впервые обнаруживших их ученых (нейтральная точка Бабине (Ва), открытая в 1840 г. и нейтральная точка

Брюстера (Br), открытая позднее), расположены соответственно несколько выше и ниже Солнца (12° – 30°) [9, с. 28] в той же плоскости солнечного вертикала*. В зависимости от высоты Солнца, степени замутнения атмосферы, альбедо земной поверхности и длины волны света расстояние нейтральных точек от Солнца изменяется. При средней мутности атмосферы и низком Солнце оно составляет 16° – 18° [9, с. 28]. Вне вертикальной плоскости, проходящей через Солнце, нейтральных точек нет, а все прочие лучи отчасти поляризованы [8, с. 579].

Дополнительно при изучении поляризационных эффектов требуется указать на принципиальную значимость циклической азимутальной зависимости. Так, для Екатеринбурга следует принять во внимание, что 15 июня в 6 ч 30 мин плоскость меридиана и солнечного вертикала (азимут Солнца) составляют 98,7°, если отсчет ведется с юга против часовой стрелки. Солнце восходит на северо-востоке. В 12 ч 30 мин оно находится на юго-востоке (азимут 54,6°), а в 18 ч 30 мин – на северо-западе (азимут 109,2°). 15 декабря Солнце восходит на юго-востоке. В 9 ч 30 мин его азимут равен 34,0°, а в 12 ч 30 мин – 7,0°. Заход наблюдается на юго-западе. 15 марта Солнце восходит немного южнее направления на восток (азимут 82,1°), в 12 ч 30 мин оно почти на юге (8,8°), заходит на юго-западе (56,1°). 15 сентября азимуты Солнца близки к азимутам 15 марта [7, с. 39]. Таким образом, азимутальная зависимость поляризации света оказывается вполне подходящим кодом для срабатывания механизма управления биосистемой.

Можно отметить также, что максимальная поляризация, найденная из всей совокупности точек небесного свода, растет по мере приближения Солнца к горизонту [8, с. 579]. В суточном цикле это означает, что поляризация солнечного света при прочих равных условиях оказывается минимальной в полуденное время, а в годовом – при максимально возможной полуденной высоте Солнца над горизонтом, 22 июня.

Таким образом, с учетом поляризационных синергических эффектов биологические системы должны быть наиболее чув-

---

* Плоскостью солнечного вертикала называется плоскость, проходящая через Солнце, зенит места наблюдения и наблюдателя.

ствительными к прямому солнечному свету — в декабре—январе (P=0); а к отраженному — в мае — июне (преобладание поляризации, перпендикулярной к плоскости падения солнечного луча) в полдень и ближайшей фазе, предшествующей полудню. Статус рассеянного света определяющим не является. Можно указать также, что из-за значительных эффектов рассеяния в период с конца марта по середину декабря в солнечном свете наблюдается преобладание поляризации в плоскости, параллельной плоскости падения.

Дополнительным важным в экологическом отношении малым фактором является лунный свет. Еще А. Л. Чижевский [2, с. 622] указывал на две принципиальные особенности лунного света как экологического фактора. Им было отмечено, что лунный свет отличается от солнечного, во-первых, величиной своей максимальной интенсивности, которая составляет $1{,}7 \cdot 10^{-6}$ от интенсивности солнечного света, а во-вторых (что принципиально), тем, что он, будучи отраженным от поверхности Луны солнечным светом, является исходно поляризованным еще до взаимодействия с атмосферой Земли, т. е. изначально заключает в себе элемент повышенной синергии. С учетом этого при вероятностно-статистическом подходе коэффициент его восприятия биосистемами должен быть существенно больше коэффициента восприятия солнечного света, а информационная значимость возрастать.

В зависимости от фазы Луны можно выделить следующее. Отражательная способность лунной поверхности резко возрастает к моменту полнолуния (относительная интенсивность равна 1) [10, с. 539]. Соответственно количество поляризованного лунного света при прозрачной земной атмосфере в этот период становится наибольшим, хотя степень его поляризации близка к минимуму [10, с. 541]. При фазе 90°, когда видимая с Земли освещенная площадь составляет половину площади, освещенной в полнолуние, освещенность Луны в 12 раз слабее, чем в полнолуние, степень поляризации для интегрального света Луны достигает 8% [10, с. 541], а от отдельных областей — наибольших значений (16—17)% [11, с. 8]. В целом одни из самых высоких значений поляризации сохраняются и в третьем октанте, вплоть до фазы в 130°: 8—7% [10, с. 541] для интегрального света и 15—16% [11, с. 8] для света

от отдельных участков Луны. При фазе 145° (лунный октант) освещенность от лунного света по сравнению с фазой полнолуния уменьшается в 160 раз [10, с. 539], а степень поляризации интегрального света — до 5,5% [10, с. 541]. Таким образом, в отличие от фазы Луны в первом и восьмом октантах, где поляризация мала, но интенсивность лунного света велика, в четвертом и пятом октантах оба фактора оказываются малыми. Это означает, что экологическое воздействие освещенности и поляризации прямого лунного света на биосистемы наиболее сильно в период между четвертым и пятым лунными октантами с максимумом в новолуние и критической фазой в его преддверии. В целом можно отметить, что статус поляризации прямого лунного света повышается в четвертом и восьмом октантах, т. е. в фазы ее спада.

Завершая исследование экологического действия прямого лунного света на биосистемы, следует обратить внимание на то, что, в соответствии с формулами Френеля, коэффициенты отражения света, поляризованного в плоскости, перпендикулярной к плоскости его падения, больше коэффициентов отражения света, поляризованного в плоскости падения, и изменяются в меньшем диапазоне значений. Из этого следует, что свет, отраженный от Луны, поляризован преимущественно в плоскости, перпендикулярной плоскости падения, а его экологический статус по отношению к свету, поляризованному в плоскости падения, например солнечному, выше.

Исследование различий спектрального состава лунного света в зависимости от фазы Луны (или угла падающего на нее солнечного света) в соответствии с формулами Френеля показывает, что в фазы полнолуния (при угле падения равном нулю) коэффициенты отражения наиболее велики для волн радиодиапазона (0,6) и относительно малы для волн видимого диапазона (0,04). Отсюда следует, что в фазе полнолуния ведущая экологическая роль принадлежит излучению видимого диапазона, в частности его фиолетовой компоненте.

В фазе близкой к новолунию их роли меняются, так как здесь при одинаковых коэффициентах отражения наиболее поляризованными оказываются радиоволны, и их статус возрастает.

Таким образом, в наиболее критической точке по прямому

действию отраженных электромагнитных волн от поверхности Луны ведущая роль принадлежит радиоволнам.

В годовом цикле при приближении к летнему солнцестоянию (22 июня) и афелию (4 июля) и всех прочих равных условиях следует указать на возрастание роли сильно поляризованных радиоволн, что связано как с увеличением расстояния между Солнцем и Землей, так и с наименьшей высотой Луны над горизонтом. Напротив, около дня зимнего солнцестояния (22 декабря), когда Солнце глубоко заходит под горизонт, а Луна в фазе полнолуния, находясь в диаметрально противоположной точке, наоборот, высоко поднимается над горизонтом [12, с. 27], определяющую роль играет видимый свет, в частности его коротковолновая компонента.

Вместе с тем лунный код должен проявляться и в более слабых эффектах, например связанных с изменением освещенности Луны в афелии ($1{,}35 \cdot 10^5$ лк) и перигелии ($1{,}36 \cdot 10^5$ лк), т. е. в отличиях 0,7% [9, с. 122] и менее. С учетом вышеупомянутых изменений лунно-земного расстояния в перигее и апогее максимального действия светового лунного кода следует ожидать при наибольших из возможных значений апогея (406 тыс. км) в афелии (4 июля) [1, с. 62] и вблизи него.

Исследование спектральной зависимости рассеяния земной атмосферой как солнечного исходно неполяризованного света, так и лунного исходно поляризованного света показывает, что релеевское рассеяние наиболее интенсивно происходит в ультрафиолетовом диапазоне длин волн и наиболее слабо — для волн инфракрасного диапазона и близкого к нему радиодиапазона. В частности, можно отметить, что если интенсивность рассеяния света в ультрафиолетовом диапазоне при λ=0,05 мкм превышает интенсивность рассеяния видимого зеленого света (λ=0,5 мкм) в 10^4 раз, то интенсивность рассеяния инфракрасного излучения (λ=5 мкм) по сравнению с ультрафиолетовым оказывается меньше в 10^8 раз, а излучение гектомикронного диапазона будет меньше в 10^{10} раз. Влияние молекулярного рассеяния света на яркость неба оказывается наиболее значимым при высокой прозрачности атмосферы и малом альбедо земной поверхности. При этом при нахождении Солнца или Луны вблизи горизонта в спек-

тре их прямого света усиливается красная компонента, а при приближении к точке верхней кульминации — желтая, что, как известно, обусловлено толщиной рассеивающего слоя атмосферы. Наиболее поляризованным в этом случае (в соответствии с индикатрисой релеевского, молекулярного, рассеяния) в точке над наблюдателем оказывается красный свет, обладающий в земной атмосфере наибольшей проникающей способностью. При приближении к верхней кульминации доля красного света в спектре Солнца или Луны понижается, равно как и обусловленная этим поляризация в направлении, расположенном почти отвесно над местом наблюдения. Таким образом, при учете только молекулярного рассеяния света Солнца или Луны земной атмосферой в экологическом отношении наиболее весомым оказывается вклад поляризации красной составляющей света Солнца или Луны, когда они находятся вблизи верхней точки их кульминации.

При увеличении мутности атмосферы существенно возрастает роль рассеяния на аэрозолях и крупных частицах, соответственно возрастает роль вторичного рассеяния. В частности, при коэффициенте прозрачности атмосферы 0,6 — 0,7 вклад вторичного рассеяния для видимой области спектра превышает 50%. Если теперь учесть, что рассеяние на частицах относится к рассеянию Ми, в котором большую роль играет соотношение между размером рассеивающей частицы и длиной взаимодействующей с ней волны, можно отметить, что капли облаков и тумана, завесы дождя являются большими только для видимых и близких инфракрасных лучей, но малыми для радиоволн, а стало быть, прозрачными для них. В целом при наличии в атмосфере мелкодисперсных частиц степень прозрачности атмосферы увеличивается и для электромагнитного излучения в области, примыкающей к красной границе видимого диапазона. Таким образом, относительно регулярно воспроизводимые ситуации действия красной поляризованной компоненты лунного света и примыкающих к этой области других составляющих отраженного от Луны электромагнитного излучения Солнца (в частности, инфракрасного или гектомикронного) в особенно большой мере могут приводить к управлению биосистемами.

Литература

[1] *Бронштэн В. А.* Как движется Луна? М.: Наука, 1990. 208 с.

[2] *Чижевский А. Л.* Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль, 1995. 766 с.

[3] *Ягодинский В. Н.* Александр Леонидович Чижевский. 1897–1964. М.: Наука, 1987. 304 с.

[4] *Мирошниченко Л. И.* Солнечная активность и Земля. М.: Наука, 1981. 144 с.

[5] *Владимирский Б. М., Кисловский Л. Д.* Археоастрономия и история культуры. М.: Знание, 1989. 64 с.

[6] *Пиккарди Дж.* Химические основы медицинской климатологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1967. 96 с.

[7] Климат Свердловска. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. 190 с.

[8] *Хвольсон О. Д.* Курс физики. СПб.: Изд-е К. Л. Риккера, 1898. Т. 2. 597 с.

[9] *Зверева С. В.* В мире солнечного света. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. 160 с.

[10] *Мартынов Л. Я.* Курс общей астрофизики. М.: Наука, 1988. 640 с.

[11] *Джапиашвили В. П. , Король А. Н.* Поляриметрический атлас Луны. Тбилиси: Изд-во «Мецниереба», 1982. 44 с.

[12] *Фесенко Б. И.* Астрономический калейдоскоп: вопросы и ответы. М.: Просвещение, 1992. 95 с.

Приложение 2

ОБ ИЕРАРХИИ ДЕЙСТВЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ЗАДАЧАХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СРЕДНЕЙ И ВЫСОКОШИРОТНОЙ ЗОНЫ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО-ВЕРОЯТНОСТНОГО ПОДХОДА

Известно, что в традиционном подходе к проблемам геоэкологического мониторинга в основном решается прямая задача, состоящая в установлении отклика геосистемы той или иной географической принадлежности на действие различных (прежде всего физических) агентов окружающей среды. Этот отклик, как правило, рассматривается на уровне геофизических явлений чаще всего с помощью физических или физико-химических детекторов. Реже используются биологические детекторы. Статус последних в настоящее время,

вследствие серьезных проблем пригодности для количественных расчетов, принято считать второстепенным. Эти трудности, связанные с многоканальностью восприятия биосистемами информации и синергических эффектов в них действительно можно считать, с одной стороны, серьезным препятствием для получения количественных взаимосвязей реакции биосистем на действие отдельно взятого фактора, а с другой стороны, надежным и наиболее чувствительным средством для выяснения закономерностей совокупного действия экологических факторов в целом. С учетом же того, что расселение биообъектов, их биоразнообразие и краткосрочная реакция являются откликом на геоэкологическую ситуацию, представляется целесообразным использовать это для установления иерархии действия физических факторов в географических зонах различной широтной или долготной принадлежности. В этом отношении решение обратной задачи, а именно установление информации о поведении геоэкологических факторов по поведению биосистем, позволяет определить приоритеты в геоэкологическом мониторинге и, в частности, разобраться с приоритетами в мониторинге по отдельным физическим факторам окружающей среды.

В данной работе предпринята такая попытка на основе использования общих следствий развиваемого автором информационно-вероятностного подхода.

Теоретические основы этого подхода применительно к воздействию экологических факторов приведены в гл. 3.7 данной монографии. Там же приведены и вытекающие из него правила приема информации биообъектами. В частности, они создают принципиально новую основу для оптимизированного экологического мониторинга, указывая на то, что качество информационных систем (например, благополучие биосистем) прежде всего определяется их разрешающими способностями по отношению к малым, а не большим информационным потокам.

Таким образом, с биофизических позиций при планировании геоэкологического мониторинга необходимо строить иерархию экологических факторов по принципу их степени малости и концентрировать усилия в первую очередь на изучении малых факторов.

На примере анализа физических факторов в средне- и высокоширотной зоне земного шара покажем это, для чего привлечем и обобщим в означенном контексте систематизированные экспериментальные данные [1] по отклику геофизических характеристик на солнечную активность.

Так, в статье «Солнечная активность и циркуляционные процессы в тропосфере» [1, с. 25—32] были исследованы широтные и долготные проявления солнечной активности в тропосферных циркуляционных процесссах. В частности, анализировались длинноволновые колебания давления на 12 ч Всемирного времени в узлах географической сетки Северного полушария в интервале широт 20—85° с. ш., с шагом 5° по широте и долготе за период с 1934 по 1975 г. В вертикальном направлении анализировались три уровня: поверхность Земли, средняя тропосфера (изобарическая поверхность 500 мбар) и нижняя стратосфера (100 мбар). Данные о давлении выписывались из карт погоды ГМЦ СССР, а расчеты о временном ходе давления δP (мбар/сут) осуществлялся для случаев наиболее сильных геомагнитных возмущений с индексом геомагнитной активности $K_p > 7$. Помимо этого, в качестве меры геомагнитной активности использовался планетарный геомагнитный индекс A_p, число солнечных пятен (R), радиоизлучение Солнца (F) на волне 10,7 см.

Было показано, что максимум изменчивости давления совпадал по времени с увеличением значений как солнечных (R, F), так и геомагнитных индексов (A_p). В частности, при вариации A_p от 10 нТл в спокойный период до 70 нТл в возмущенный скорость изменения наземного давления варьировалась от 8,2 мбар до 7,0— 6,7 мбар/сут с максимумом, совпадающим по времени с максимумом A_p. Причем наиболее резко вариации скоростей изменения давления проявлялись в тропосфере. При исследовании длиннопериодных вариаций давления в зависимости от солнечной активности было обнаружено, что наиболее отчетливо они проявляются на низких широтах, 20—40°с. ш., тогда как на средних широтах (с 50°с. ш.) перестают быть статистически значимыми, а с 60° с. ш. не выражены вовсе. В рамках данного подхода это означает, что информационная нагрузка, связанная с давлением в высоких широтах ослабевает по сравнению со средними и

низкими широтами, соответственно настройка биосистем по данному каналу информации несколько увеличивается. Так, для Екатеринбурга вероятность реализации события с разницей между максимальным и минимальным давлением воздуха в 70—80 мбар за многолетний период (с 1881 по 1977 г.) составляет 9%, тогда как с разницей в 80—90 мбар — 2% [2, с. 22]. Соответственно коэффициент восприятия информации по данному каналу может возрастать в 50 раз.

Есть основание полагать, что отмеченное ослабление колебаний давления в периоды повышенной солнечной активности при смещении в высокоширотную зону связано с состоянием ее ионосферы, которая в большей степени подвержена вторжениям потоков заряженных частиц, идущих от Солнца, нежели в низких широтах [1, с 31].

Статус геомагнитного поля с позиций информационно-вероятностного подхода для высокоширотных областей оказывается двойственным. С одной стороны, увеличение абсолютного значения геомагнитной индукции главного поля к полюсам (от 35 мкТл на экваторе до 65 мкТл на полюсах [2, с. 40; 3, с. 62]) указывает на снижение его статуса для географически адаптированных экосистем или, по крайней мере, на его индифферентность, учитывая отсутствие ярко выраженной корреляции длиннопериодных вариаций геомагнитного поля (ГМП) в зоне выше 50° с. ш. от солнечной активности. Так, для Екатеринбурга в годы активного Солнца амплитуды максимальных и минимальных значений суточных изменений поля больше, чем в спокойные годы, в 1,3—2,8 раза [4, с. 70; 5]. В частности, учитывая, что в спокойные дни солнечно-суточные вариации S_q имеют дневные амплитуды до 70 нТл [4, с. 73], в период активного Солнца они (S_d) могут возрастать до 200 нТл. Соответственно, если наибольшие в суточном ходе разности часовых изменений магнитного поля в годы спокойного Солнца составляют 5—7 нТл, то в годы активного — 12—13 нТл.

Таким образом, рассмотренные широтные вариации магнитного поля и усредненные часовые изменения магнитного поля в его суточном ходе при повышении солнечной активности нельзя считать доминирующими в действии поля как экологического фактора.

С другой стороны, статус геомагнитного поля может быть существенно большим во время апериодических магнитных возмущений и короткопериодных вариаций, особенно иррегулярных. В частности, для апериодических возмущенных вариаций типа D_{st} наибольшее действие следует ожидать в средних и высоких широтах от относительно малой и не очень отчетливо проявляющейся горизонтальной составляющей $D_{st}(H_r)$ [1, с. 48]. Так, для широты Екатеринбурга и H_r амплитуды вариации B_r (при ее абсолютном значении ≈ 16 мкТл) в период активного Солнца (1968 г.) в течение 1 часа достигали 55 нТл, тогда как вариации вертикальной составляющей B_z не превышали 8 – 12 нТл (при ее абсолютном значении ≈ 54 мкТл) [4, с. 5].

Принципиальное значение в действии возмущенных вариаций начинает играть мгновенная скорость изменения магнитного поля. В этой связи из различных фаз отмеченной вариации $D_{st}(H_r)$ главную роль играет фаза, проявляющаяся в резком понижении поля, поскольку среднестатистические вероятности существования ГМП с такими высокими скоростями его изменений малы, и для полного считывания биосистемой такой краткосрочной и редкой информации требуется быстрая и более тонкая настройка механизма восприятия сигнала и реакции на него. В противном случае может произойти сбой. В еще большей степени эти рассужения относятся к бухтообразным возмущениям (B) с амплитудными изменениями в течение 0,5 – 3 ч в диапазоне от 30 до 1000 нТл и иррегулярным возмущениям (I) с амплитудными изменениями до 3000 нТл в течение 5 – 60 мин. Заметный эффект следует ожидать и от короткопериодных вариаций: регулярных типа P_c1 с периодами в диапазоне (1 – 40) с и амплитудными значениями B = (0,01 – 1) нТл, а также от иррегулярных типа P_i 1 с квазипериодами в диапазоне (1 – 40) с и амплитудами B=(0,03 – 2) нТл. Можно отметить, что короткопериодные вариации $P_c1 - P_i$ 1 относятся в спектре возмущений ГМП к слабоэнергетическим факторам, а потому для их адекватного восприятия требуется значительное усиление с высокой разрешающей способностью, что в соответствии с развиваемым подходом приводит к повышению их информационного статуса. Учитывая также, что магнитные суббури на поверхности Земли проявляются в виде бухтооб-

разных возмущений и нерегулярных колебаний ГМП преимущественно в зоне магнитной активности (62 – 68° геомагнитной широты) [1, с. 48], для средне- и высокоширотного геомониторинга приоритетное значение приобретает накопление сведений о вероятностях возникновения возмущений со скоростями мгновенных изменений магнитного поля в диапазоне от 0,02 нТл/с до 0,1 нТл/с. Как следует из вышеприведенных данных, наибольший статус при этом будут иметь иррегулярные (0,03 – 0,83) нТл/с и бухтообразные (0,02 – 0,09) нТл/с возмущения.

С возмущениями геомагнитного поля Земли тесно связаны вариации корпускулярного излучения Солнца и галактических космических лучей (ГКЛ). Так, известно, что частицы солнечного ветра постоянно просачиваются из плазменного слоя магнитосферы Земли в ионосферу высоких широт, вызывая там электрические токи, текущие вдоль зоны полярных сияний, а стало быть, и магнитные возмущения в означенных зонах. Можно отметить, что при непродолжительном и небольшом усилении интенсивности солнечного ветра в магнитосферу проходят единичные импульсы, отклики которых в ГМП соотносятся с отдельными бухтообразными возмущениями (суббурями). При больших солнечных возмущениях в магнитосфере возникает последовательность импульсов, которые в ГМП вызывают последовательность перекрывающихся суббурь, определяющих специфику магнитной бури.

Известно [6, с. 556], что солнечный ветер, в основном состоящий из протонов (более 90%), альфа-частиц (чуть меньше 10%) и электронов, вблизи орбиты Земли характеризуется в среднем потоком протонов $2{,}5 \cdot 10^8$ частиц/см^2·с, который в зависимости от солнечной активности может меняться в диапазоне от $5 \cdot 10^7$ до $5 \cdot 10^8$ частиц/см^2·с, или от 1 – 10 протонов/см^3 при спокойном Солнце до десятков протонов на кубический сантиметр при солнечных вспышках. Те же тенденции имеют место и для других указанных частиц. Из этого можно заключить, что статус солнечного корпускулярного излучения в высокоширотной зоне в рамках информационно-вероятностного подхода должен снижаться, в силу чего как экологический фактор солнечное корпускулярное излучение не является доминирующим.

Существенно значимее в этом отношении оказывается роль вариаций ГКЛ. Действительно, поток ГКЛ, состоящий в основном из протонов (около 85%), ядер гелия (12%), более тяжелых элементов (2 %) и электронов (1%), в земной атмосфере за счет столкновений с ядрами азота, кислорода и других газов порождает каскады вторичных частиц — протонов, нейтронов, мезонов, электронов и т. д. В контексте данного исследования отметим, что в нуклонной компоненте вторичного каскада преобладают нейтроны (> 86%) [1, с. 33]. Вместе с тем отметим, что после мощных солнечных вспышек на орбите Земли наблюдается кратковременное понижение до 50%, интенсивности космических лучей (Форбуш-эффект) [6, с. 156], а в атмосфере Земли генерируются дополнительные потоки вторичных нейтронов, интенсивность которых на поверхности за полчаса может возрастать на 100—1000% относительно исходного невозмущенного потока, создаваемого ГКЛ [1, с. 34]. Амплитуда вариации нейтронов и мюонов ГКЛ при этом может достигать 20 и 30% соответственно. В целом изменение интегральной интенсивности ГКЛ к максимальному уровню за 11-летний цикл также претерпевает уменьшение примерно в 20%. Важно подчеркнуть, что при сепарации ГКЛ по энергиям наибольшее отклоняющее влияние геомагнитного поля проявляется для частиц нижней части энергетического спектра ГКЛ (20 ГэВ и ниже). Сильнее всего отклоняющее действие проявляется у экватора, там вклад ГКЛ в радиационный фон оказывается наименьшим. Он достигает максимума в геомагнитных широтах выше 60°.

С информационной точки зрения на высоких широтах статус ГКЛ как экологического фактора возрастает.

Приведенные выше сведения о солнечном и галактическом корпускулярном излучении позволяют вскрыть и статус в средневысокоширотном мониторинге такого фактора, как радиоактивность. В [7] была выявлена корреляция между повышением солнечной активности и повышением концентрации радона (в среднем во время магнитной бури примерно в 5 раз). Еще ранее, в ряде работ Л. Н. Богоявленского (см., например, [8]), была установлена корреляция между геофизическими особенностями местности и изменениями «постоянных распада» эталона радия. Все это указывает на увели-

чение интенсивности распада при наличии дополнительных внешних облучателей естественного происхождения, например вторичных нейтронов. Таким образом, можно заключить, что возрастание естественной радиоактивности при повышении солнечной активности не приводит к повышению радиоактивности как экологического фактора, несмотря на некоторый дополнительный вклад в эффективную дозу облучения. На это указывают и специальные исследования [9, 10].

Электрическое унитарное поле в высоких и средних широтах также, по всей видимости, не относится к доминирующим экологическим факторам. Известно, что его средние значения максимальны в умеренных широтах и минимальны у экватора и в полярных областях [1, с. 61]. Влияние солнечной (в основном волновой) радиации на проводимость атмосферы, с одной стороны, связывают с возникающими неоднородностями высоты нижней границы электросферы, в частности с увеличением верхней границы тропосферы к экватору, вследствие чего там напряженность поля E падает, а с другой стороны, — с увеличением углов освещения атмосферы Солнцем в более высоких широтах, вследствие чего условия для ионизации воздуха там становятся менее благоприятными [1, с. 62]. В частности, диапазон изменений напряженности унитарного электрического поля в Екатеринбурге находится в пределах 110 —230 В/м, а наибольшие суточные изменения, наблюдающиеся зимой, достигают 100 В/м. В остальные сезоны они варьируются от 30 до 40 В/м [11]. Примерно такие же значения наблюдаются на склоне Эльбруса [12], с той разницей, что широтность и высота до электросферы в этом случае понижаются.

Существенно больший интерес в контексте данной статьи представляют короткопериодные пульсации атмосферно-электрических параметров ЭМП, наблюдающиеся в тропосфере даже при ясной погоде, периоды которых варьируются от сотен до единиц секунды [1, с. 56], а амплитуды — от нескольких единиц до десятка Вольт на метр. Примечательно, что с уменьшением амплитуд пульсаций наблюдается тенденция уменьшения их периодов [1, с. 66]. С медицинской точки зрения такие пульсации могут приводить к дополнительной нагрузке на нервную систему человека и, соответственно, повы-

шать его утомляемость, вызывать головную боль, сонливость, раздражительность и т. п. [13, с. 146].

Тем не менее, учитывая, что вариации, создаваемые за счет метеорологических условий, например из-за влияния грозовых облаков, приводящих к напряженностям поля у земной поверхности до 10^4 В/м, или из-за перемещений объектов вблизи заряженных природных тел, можно сделать вывод о второстепенности влияния вариаций унитарного электрического поля в средних и высоких широтах с относительным повышением его статуса в последних.

Существенно больший интерес в геоэкологическом отношении представляют апериодические электрические импульсы, вызываемые атмосфериками. Частотный диапазон колебаний ЭП, создаваемого ими, варьируется во всем радиодиапазоне от 10^{12} Герц до единиц Герц. Причем, с одной стороны, атмосферики порождают инфранизкочастотные радиоволны с длинами порядка $10^3 - 10^4$м (периоды которых близки к предельным периодам автоколебательных химических процессов в биосистемах [13,14]), а с другой стороны, — ультрарадиоволны с длинами сантиметр-гектомикрон, которые, согласно [15, с. 735], также характеризуются биоактивностью. Отметим, что в диапазоне частот выше 10 кГц средние амплитуды атмосфериков обратно пропорциональны частоте [1, с. 73] и, стало быть, их энергия существенно ослабевает, а нагрузка на биосистемы для их восприятия возрастает. Очевидно, что нагрузка будет тем выше, чем меньше квазипериодов будет содержать пришедший импульс. В противном случае с информационной точки зрения в системе может возникнуть сбой.

В рамках информационно-вероятностного подхода атмосферики, порождающие низкочастотные радиоволны, к которым относятся так называемые «биоактивные» гипотетические излучения: Z-излучение А. Л. Чижевского, Х-фактор Х. Мориямы, проникающее излучение Г. Бортельса [1, с. 142], а также колебания ультрарадиоволнового диапазона — можно отнести к слабоэнергетическим, а значит, требующим самой высокой восприимчивости биосистем для полноценного считывания информации. Эти же выводы следуют и из специальных исследований, выполненных на примере изучения

действия слабых ЭМП широкого диапазона частот на центральную нервную систему [16].

Среди акустических шумов естественного происхождения особый интерес представляют шумы ультразвукового диапазона, так как периоды их колебаний могут совпадать с нижнеграничными значениями периодов химических колебаний биосистем, что приводит к серьезным нарушениям на клеточном и субклеточном уровнях [13].

Таким образом, решающее значение в геоэкологическом мониторинге с биофизических позиций должно принадлежать исследованию волнообразных возмущений электромагнитной и акустической природы в инфранизкочастотном диапазоне и исследованию акустических шумов ультразвукового диапазона.

Необходимо отметить, что в инфранизком диапазоне наблюдается известный синхронизм пульсаций электрического и магнитного полей, который указывает на их единую природу, в частности, на возможные перераспределения объемных зарядов в магнитосфере, возмущенность которой, в свою очередь, зависит от степени солнечной активности. Если же учесть, что с повышением солнечной активности из-за повышения количества альфа-частиц (см. выше) у поверхности Земли понижается число аэроионов, доля которых и без того крайне мала по сравнению с долей нейтральных молекул воздуха ($10^{-14} - 10^{-13}$%, или в абсолютных единицах (на 1 $см^{-3}$) $10^2 - 10^3$ аэроионов на 10^{18} электронейтральных молекул кислорода), то с информационных позиций выявляется особый статус аэроионного фактора, который необходимо включать в рассмотрение в рамках геоэкологического мониторинга, на что указывали А. Л. Чижевский [15,17] и Л. Н. Богоявленский [18].

В связи с общей задачей выявления широтных особенностей действия отдельно взятых экологических факторов можно обратить внимание и на временные долготные особенности их действия.

Воспользуемся для этого данными о географическом перемещении геомагнитного полюса, полученными по результатам вековых изменений магнитного склонения и наклонения в Екатеринбурге [4]. Из них следует, что за 207 лет магнитный полюс перемещался по кривой вокруг географического

полюса с востока на запад с изменением положения по долготе на 90° (≈ от 220° в. д. в 1761 г. до 130° в. д. в 1968 г.) и по широте примерно на 2° к югу (от 85° до 83° с. ш.). А это означает, что если и далее эти тенденции будут сохраняться, то можно прогнозировать флуктуацию информационного поля экологических факторов с указанной иерархией в долготном направлении со скоростью 0,43° в год и выход виртуального магнитного полюса на меридиан Екатеринбурга примерно через 130 лет. Согласно [3, с. 63], эта скорость существенно меньше (0,14° в год), однако тенденция та же. Соответственно в том же направлении, с той же скоростью следует ожидать отклика на уровне биосистем, приводящего к их миграции. Как следует из вышеприведенного, биофизический подход позволяет по-новому взглянуть на проблемы геоэкологического мониторинга и требует к себе самого серьезного внимания. Дополнительными свидетельствами в пользу приоритета исследования малых экологических факторов служат и прямые эксперименты, связанные с их частичным или полным блокированием [1, 9, 16, 17, 19—22].

Выводы

1. Применительно к задачам геоэкологии предложен информационно-вероятностный подход, строящийся на общих принципах взаимодействия биосистем с совокупностью экологических факторов. На его основе в общекибернетическом аспекте показано, что «кодовое» функционирование информационных систем, и в частности сложных биосистем, главным образом определяется вариациями малых и редких потоков информации.

2. Приоритет в статусе экологических факторов должен отдаваться малым, малоэнергетическим и редким факторам, от наименее вероятных к более вероятным. В частности, применительно к задачам средне- и высокоширотного геоэкологического мониторинга выявлена следующая иерархия физических факторов:

— короткопериодные иррегулярные и бухтообразные возмущения ГМП;

— инфранизкочастотные пульсации ЭП и акустические шумы ультразвукового диапазона;

— вариации низкоэнергетичных ГКЛ и аэроионного фактора.

3. Показано, что экологический статус основного ГМП Земли снижается при широтном движении от экватора к полюсам. Ведущая роль в действии ГМП на экосистемы принадлежит мгновенным скоростям изменения его индукции и, в частности, его горизонтальной составляющей на стадии снижения абсолютного значения поля.

Из известных видов геомагнитных вариаций на поверхности Земли наибольший статус имеют возмущенные вариации, а именно: иррегулярные со скоростями (0,03 — 0,83) нТл/с и бухтообразные со скоростями (0,02 — 0,09) нТл/с. Среди короткопериодных вариаций повышенным статусом обладают иррегулярные вариации типа P_i1 (0,03 — 0,05) нТл/с и P_c1 (0,05 — 0,2) нТл/с. Среди периодических (спокойных) вариаций ведущая роль принадлежит мгновенным изменениям солнечносуточной вариации S_q (0,1 — 0,8)пТл/с, а также совместным эффектам лунносуточной и солнечносуточной вариациям, повторяющимся через каждые 29,8 суток.

4. Экологический статус широтных вариаций основного (унитарного) электрического поля Земли предполагается второстепенным. В средних широтах и высоких широтах он несколько повышается.

Существенное действие ЭП обусловлено пульсациями атмосферно-электрических параметров. Из них первостепенное значение принадлежит апериодическим электрическим импульсам, вызываемым атмосфериками в инфранизкочастотном радиодиапазоне ($10^4 - 10^5$) Гц и в ульрарадиоволновом диапазоне ($10^{10} - 10^{12}$) Гц.

В меньшей степени действие ЭП обусловлено короткопериодными пульсациями атмосферно-электрических параметров с периодами от сотен до единиц секунды и амплитудами до 10 В/м.

Экологическая значимость пульсаций ЭМП возрастает с учетом тенденций уменьшения амплитуд пульсаций по мере уменьшения их периодов.

5. Из корпускулярных видов солнечного и галактического излучения в экологическом отношении доминирует галактическое. Наиболее информативной компонентой этих излу-

чений является электронная. В энергетическом спектре наибольший вес принадлежит ГКЛ с энергиями менее 20 ГэВ.

Из передаточных агентов корпускулярной природы, действующих на биосистемы непосредственно на поверхности Земли, ведущим является аэроионный фактор. Статус вариаций корпускулярных излучений, обусловленных космофизическими факторами и проявляющихся в естественной радиоактивности, является посредническим.

Литература

[1] Электромагнитные поля в биосфере / Под ред. Н. В. Красногорской. М.: Наука, 1984. Т. 1. 375 с.

[2] Климат Свердловска / Под ред. В. В. Морокова. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. 190 с.

[3] Общая геофизика / Под ред. В. А. Магницкого. М.: Изд-во МГУ, 1995. 317 с.

[4] *Иванов Н. А.* Геомагнитные исследования на Урале // Состояние и перспективы развития геофизических методов на Урале. Свердловск, 1971. С. 67–76

[5] *Панов Т. Н.* 11-летняя цикличность геомагнитной активности по материалам Свердловской магнитной обсерватории за 1943–1966 гг. // Геомагнетизм и аэрономия. 1968. Т. 8, № 6. С. 1123–1124.

[6] Физика космоса: Маленькая энцикл. М.: Сов. энцикл, 1976. 655 с.

[7] *Шемьи-Заде А. Э.* Биотропность геомагнитных возмущений как следствие вызываемого ими повышения удельной радиоактивности воздуха // Биофизика, 1978. Т. 23. С. 955–958.

[8] *Богоявленский Л. Н.* Измерение константы полония в различных пунктах СССР // Изв. Ин-та прикл. геофизики. 1929. Вып. 5.

[9] *Тимофеев-Ресовский Н. В.* Избранные труды / Под редакцией акад. О. Г. Газенко и акад. РАМН В. И. Иванова. 1996. М.: Медицина, 1996. 454 с.

[10] *Степанов А. М.* Эволюционный подход к определению генетически значимых доз радиации // Мутагенез при действии физических факторов. М.: Наука, 1980. С. 176–186.

[11] *Литовский В. В.* Физические аспекты оценки экологических факторов Екатеринбурга и анализ микросред с ТСО // Вопросы общей физики в вузе: Сб. науч. тр. Екатеринбург: Изд-во УГППУ, 2000. С. 107–121

[12] *Красногорская Н. В.* Электричество нижних слоев атмосферы и методы его измерения. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 322 с.

[13] *Ремизов А. Н.* Медицинская и биологическая физика. М.: Высш. шк., 1996. 608 с.

[14] *Николис Г., Пригожин И.* Самоорганизация в неравновесных системах: От диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. М.: Мир, 1979. 512 с.

[15] *Чижевский А. Л.* Космический пульс жизни: Земля в объятьях Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль, 1995. 768 с.

[16] *Холодов Ю. А.* Реакция нервной системы на электромагнитные поля. М.: Наука, 1975. 207 с.

[17] *Чижевский А. Л.* Аэронификация в народном хозяйстве. М.: Госпланиздат, 1960. 758 с.

[18] *Казаков Б. И., Ильина Т. Д.* Леонид Николаевич Богоявленский (1881—1943). М.: Наука,1981. 128 с.

[19] *Тимофеев-Ресовский Н. В.* О возможном действии повышенного фона ионизирующих излучений на генетический состав популяции человека // Тр. Ин-та биологии УФАН. Вып. 22. С. 77—91.

[20] *Шноль С. Э.* Физико-химические факторы биологической эволюции. М.: Наука, 1979. 263 с.

[21] *Ачкасова Ю. Н.* Метаболизм и скорость размножения микроорганизмов, развивающихся при экранировании электрических и магнитных полей на биологические объекты. Харьков, 1973. С. 51—56.

[22] *Копанев В. И., Ефименко Г. Д., Шакула А. В.* О биологическом действии на организм гипогеомагнитной среды // Изв. АН СССР. Сер. Биол. 1979. № 3. С. 342—353.

V. V. Litovsky

SCIENTIFIC HISTORICAL DESCRIPTION OF ENVIRONMENT INVESTIGATIONS IN THE URALS

First edition containing complete information about environment investigations in the Urals and, particularly, in Yekaterinburg carried out during all the period of their existence. Little-known history of scientific study of the Urals from the first geodesics investigations of the Peter the Great period till the recent geophysics and ecology research of our days is given in the book. Contribution of several environment investigators is shown, biographical data are presented of those whose fates are almost unknown for a contemporary reader. For the first time full description of contribution of French natural scientific school was depicted in the book, priority of its researchers in study of key basic directions of environmental investigations of the Ural and Siberian region was shown. In particular, the following is presented in detail in the book: the history of astronomical and geodesic measurements by Delisle de lá Croyèr (the first precise determinations of the latitude and longitude of Yekaterinburg and Tobolsk, 1733—1734), expedition in Berezov of his brother J.-N. Delisle — an outstanding scientist of the 18th century, the principal ideologist and organizer of Russian scientific investigations, history of the first investigations of atmospheric electricity and magnetism in Yekaterinburg and Tobolsk by J. Chappe d'Auteroche (1761) and others.

In brief, Ural history of meteorological and geophysical observations is presented in the book, their sources and basic problems, Russian scientific expansion to Siberia, New World, East-southern Asia. Besides, the following is described in detail: activity in this field of the leaders of Russian and world-wide science: V. N. Karazin, A. Ya. Kupffer, D. F. Arago, A. Humboldt, K. Hansteen, G. A. Erman, K. Gauss and others, contribution of decabrists is analyzed, fundamental role of Yekaterinburg magnetic and meteorological observatory in formation of the Ural scientific school and world-wide monitoring of the environment is shown.

For the first time in a complete fashion the history is presented of radio-activity investigations in the Urals (from the initial reports at the meeting of the Ural natural science society and investigations by V. I. Vernadsky and A. Ye. Fersman till the recent work dealt with the

Eastern Ural and Totsk radiation trace, the Techa and Iset rivers, ecological results of this pollution). On the basis of data about ecological state of modern educational media in Yekaterinburg (first of all in the informatics and computer class-rooms) problems are reviewed and analyzed of artificial pollution in space-restricted urban media. Starting from the classical results obtained by A. L. Tchijevsky, N. V. Timofeeff-Ressovsky, I. Prigogin and on the basis of informational approach to the problems of sinergie with Yekaterinburg as an example the results of cooperative effect of ecological factors on a man in urban systems are shown. On the basis of a natural scientific analysis, the key perspective directions of research in Urals are found in general and in community every day necessity medium, in particular.

The book is dedicated to professionals in the field of environment, ecologists, geographists, biologists, geophysicists, staff of epidemiology test stations, researchers of history of science and technique, as well as to total regional system of ecological education and knowledge dissemination. Professionals will find a lot of accurate data, teachers and students – valuable textbook about natural science, ecology, region study, tourists and region researchers – interesting reference book about history and toponimics of native area, routs of outstanding travelers, little-known information about not-so-easy fates of «buffaloes» of Ural natural science.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 5
Введение 12
Часть 1
1.1. Краткие историко-географические замечания о русской экспансии на Урал 22
1.2. Первые геодезические исследования на Урале 35
1.3. Французское начало естественно-научных исследований на Урале 41
1.4. Достижения в области научного приборостроения и инструментарного оснащения исследователей окружающей среды в XVIII веке 50
1.5. Экспедиция Жозефа Никола Делиля в Березов 65
1.6. История изучения атмосферного электричества. Шапп д'Отрош и начало исследований атмосферного электричества в Сибири 72
1.7. Магнитное поле Земли как важнейший экологический фактор. Французское начало исследований земного магнетизма на Урале 82
1.8. Открытие химического состава воздуха и воды. История исследований природных вод Урала: вклад Петра Симона Палласа и Иоганна Готлиба Георги 92
1.9. Мангеймское метеорологическое Палатинское общество и организация стандартизированного форпоста наблюдений за окружающей средой на Урале 107
Часть 2
2.1. Организация Екатеринбургской магнитной и метео-рологической обсерватории, как центра изучения окружающей среды на Урале: Доминик Франсуа Араго, Александр фон Гумбольдт и Адольф Купфер 110
2.2. Русская естественно-научная экспансия в Новый Свет. Декабристы и Адольф Купфер 140
2.3. Развитие уральских геомагнитных измерений. Вклад немецкой научной школы: Карл Гаусс и Иоганн Ламон 156
2.4. Геодезические исследования на Урале в 19 веке. Вклад французских инженеров-топографов Аллори и Бержье 169
2.5. Вклад Уральского общества любителей естество-знания в изучение окружающей среды на Урале. «Эпоха» Онисима Егоровича Клера 177

2.6. Продолжение исследований уральских вод в XIX веке 187
2.7. Изучение атмосферы и атмосферных явлений. Начало уральских исследований 191
2.8. Актинометрические исследования в Екатеринбурге 201
2.9. Изучение атмосферного электричества в XIX веке. Продолжение уральских исследований 208
Часть 3
3.1. Открытие и начальный этап изучения радиоактивности. Первые исследования в этой области на Урале 219
3.2. Атомный проект на Урале и его экологические последствия 254
3.2.1. История Атомного проекта 254
3.2.2. Проблемы радиационного загрязнения Урала и его влияние на население 290
3.2.2. Тоцкие ядерные испытания и их отдаленные последствия 309
3.3. Развитие взглядов по совокупному действию физико-химических факторов на человека. А. Л. Чижевский и его вклад в создание учения об экологическом комфорте 324
3.4. Дальнейшее развитие учения А. Л. Чижевского о солнечно-земных связях как вклад в изучение окружающей среды 348
3.5. Илья Пригожин и новейшие подходы к описанию экологических процессов и сред 362
3.6. Новейшие проблемы современного состояния точечных сред: компьютерные системы и информационные загрязнения. Современные образовательные среды (екатеринбургский аспект) 369
3.7. Информационно-вероятностный подход к воздействию экологических факторов 387
Заключение 404
Литература 423
Приложение 1. Эколого-кибернетические аспекты действия встрономических и обусловленных ими астрофизических факторов в информационно-вероятностном подходе (широта Екатеринбурга) 444
Приложение 2. Об иерархии действенности физических факторов в задачах геоэкологического мониторинга средней и высокоширотной зоны на основе информационно-вероятностного подхода 458

Научное издание

Литовский Владимир Васильевич

Естественно-историческое описание исследований окружающей среды на Урале

Монография

Ответственный за выпуск *Ф. Е. Еремеев*
Редактор *В. И. Первухина*
Верстка *Л. А. Хухаревой*

ЛР № 020257 от 22.11.96
Подписано в печать 16.03.01. Формат 84 x 108 1/32.
Бумага офсетная. Гарнитура Peterburg.
Печать офсетная. Уч.-изд. л. 25,2. Тираж 1000 экз.
Заказ № 980

ИПЦ «Издательство Уральского университета».
620083 Екатеринбург, ул. Тургенева, 4.
Тел./факс +7 (3432) 51-54-48
E-mail: info @ idc.e-burg.ru