

## «ГРЯЗНАЯ ЭКОЛОГИЯ» В ИЭРиЖ

Е.Л. Воробейчик



этом очерке пойдет речь о развитии направления, у которого нет устоявшегося обозначения ни в русской, ни в иноязычной литературе. Да и в рамках исторического экскурса, охватывающего почти половину века, вряд ли оправданно оперировать каким-либо одним термином, привычным для конкретного исторического этапа развития этого направления. Таких терминов было немало: «промышленная ботаника» (о «промышленной зоологии», насколько я знаю, не говорили), «антропогенная динамика», «экологический мониторинг», «биоиндикация», «экологическая токсикология», «промышленная экология», «прикладная экология», «инженерная экология», «импактная экология» ... Поэтому я посчитал, что несколько фривольный перевод английского «Pollution ecology» будет ничем не хуже труднопроизносимого по-русски «Population, community, landscape, and ecosystem ecotoxicology» — словосочетания, которым наиболее точно можно обозначить содержание рассматриваемой области знания.

Чтобы окончательно расставить все точки над «i», уточню, что в очерке речь пойдет только о химическом загрязнении и реакциях на него живых организмов, кроме человека. Соответственно в нем не будут затронуты вопросы экологической медицины, токсикологии и радиобиологии в силу существенной специфики реципиентов и агентов воздействия в данных областях. Об изучении действия радиоактивного загрязнения рассказано в очерке, посвященном истории радиоэкологии. Не рассматриваются здесь и другие виды антропогенных нагрузок — рубки леса, выпас, вытаптывание, рекреация, охота, сбор лекарственных растений и т.д. И еще одно ограничение — не обсуждается достаточно специфическая проблема рекультивации промышленных отходов, связанная с химическим загрязнением лишь косвенно. В отношении типов химического загрязнения и их источников, ограничений нет, как их нет по объектам и уровням организации биоты.

### Несколько общих замечаний

Замечание первое — зачем все это нужно? К истории науки и возможной пользе от ее изучения можно относиться по-разному. Мне очень импонирует мысль А.А. Любищева, говорившего, что история научного направления — это не кладбище идей, а, скорее, динамично развивающийся архитектурный ансамбль, в котором какие-то части по разным причинам были оставлены на время недостроенными, но в дальнейшем к ним возвращались для завершения или вернутся в будущем. Прогулки по кладбищу — занятие для любителей, наблюдать же за строительством — интересно, поучительно и соответственно полезно.

Замечание второе — об отношении в институте к «грязной экологии». Оно часто было неоднозначным — иногда удивленно-ироничным («экзотика»), порой высокомерно-пренебрежительным («помойная экология») или порицательно-снобистским («это не наука»). Причина этого, скорее всего, психологическая: большинство сотрудников института — это классические биологи—натуралисты, бывшие юннаты и нынешние путешественники, для которых научная работа — это не в последнюю очередь эстетическое наслаждение от общения с природой. Получать эстетическое наслаждение на территории техногенных пустынь и прочих «помоек», взирая на мутные потоки кислоты неслабой концентрации, вдыхая вонь промышленных ароматов или совершая вынужденные омовения в ядовитом тумане, для классического биолога—натуралиста, мягко говоря, проблематично. Отсюда — снисходительное удивление коллег и палец у виска. Впрочем, коллеги были отнюдь не оригинальны в этом отношении. «У огромного большинства зоологов существовала (и до сих пор существует) бессознательная, а иногда и сознательная неприязнь к работе на хозяйственных угодьях, сильнейшая тяга к «нетронутой», «девственной» природе, наименее «искаженной» влиянием человека». Эти строки принадлежат классику отечественной зоологии А.Н. Формозову<sup>1</sup> и написаны в 1937 г. К ботаникам они также относятся с полным правом, разве что в несколько меньшей степени. Трудно удержаться, чтобы не продолжить цитату далее: «но бегство из мест, где изменения природы человеком оказались особенно сильны, вредно тем, что мешает науке ближе подойти к изучению характера этих изменений, зачастую очень сложных и дающих многочисленные

---

<sup>1</sup> Формозов А.Н. Об освоении фауны наземных позвоночных и вопросах ее реконструкции. Ч.1. Изменение фауны человеком // Зоол. журн. 1937. Т.16, вып.3. С. 407 – 422.

отголоски в различных частях и элементах биоценозов, отголоски, казалось бы, совершенно неожиданные». Но, увы, в «грязной экологии» эстетическое наслаждение научными результатами весьма сильно отсрочено по времени от этапа сбора эмпирических данных ...

Замечание третье — о соотношении между чистой и прикладной наукой. В «грязной экологии», как, наверное, ни в каком другом направлении, в силу специфики объекта исследователи всегда балансировали на грани между фундаментальной наукой и скатыванием в «прикладничество», означавшим фактический уход из науки. Прикладная наука более «выгодна» по сравнению с фундаментальной — она требует меньших интеллектуальных усилий, не подразумевает риска неудачи, который достаточно велик в поисковых работах, всегда «актуальна» и востребована. С начала и до середины 1990-х годов выбор между чистой и прикладной наукой был отягощен «финансовым вопросом», который, как и квартирный, испортил не только москвичей: часто он был равносителен выбору между относительным финансовым благополучием и сугубым аскетизмом, почти нищетой. Поэтому искушение более простым, политически выгодным и относительно доходным «прикладничеством» всегда было велико — и далеко не все его выдерживали, а единожды оступившись — часто не находили в себе сил для возврата в собственно науку.

Впрочем, антитеза «фундаментальная — прикладная наука» более чем традиционна. А посему — опять цитата: «... чистая наука и прикладная наука... Как часто, чуть не на каждом шагу, приходится слышать это сопоставление, причем если указывающий на него полагает, что его устами гласит житейская или государственная мудрость, то почти непременно высказывается за ... преимущество прикладной науки перед чистой. А если это будет моралист, то он еще почтет своим долгом сделать внушение теоретику, эгоистически изучающему предметы, не имеющие ... непосредственного отношения к общественному благу» (с.1). Но «вопрос не в том, должны ли ученые ... служить своему обществу и человечеству — такого вопроса и быть не может. Вопрос в том, какой путь короче и вернее ведет к этой цели? Идти ли ученому по указке практических житейских мудрецов и близоруких моралистов, или идти ... по единственному возможному пути, определяемому внутренней логикой фактов, управляющей развитием науки... Никто не станет спорить, что и наука имеет свои бирюльки, свои, порою пустые, забавы, на которых досужие люди упражняют свою виртуозность; мало того, как всякая сила, она имеет и увивающихся вокруг нее льстецов и присосавшихся к ней паразитов. Конечно; но разобраться в этом не житейским мудрецам, не близоруким моралистам, и во всяком случае критерием истинной науки

является не та внешность узкой ближайшей пользы, которой ... успешнее всего прикрываются адепты псевдо—науки, без труда добывающие для своих пародий признания их практической важности и даже государственной полезности» (с.58-59). Эта длинная цитата взята из эссе К.А. Тимирязева<sup>2</sup> о Луи Пастере, которое было написано в 1896 г. Стоит ли к этому что-либо добавить? Вряд ли. Разве что удивление тому факту, что «грязная экология» в ИЭРиЖ за 45 лет своего развития, пришедшихся на не самые лучшие годы отечественной истории, в большинстве своем была и остается все же чистой наукой.

Замечание четвертое и последнее — о мемуарах. Говорят, склонность к ним проявляется с возрастом. Вероятно, это так, но у меня пока не было возможности убедиться в этом лично. Кроме того, в институте я работаю лишь с 1987 г., соответственно наблюдал только новейшую историю «грязной экологии». Но главное другое. В научной сфере (как и в театральной) очень большую роль играют межличностные отношения и случайные факторы. Часто оказывается очень важным, а иногда и решающим, кто с кем и против кого дружит. И именно об этом обычно пишут в мемуарах. И лишь по прошествии времени, когда обижаться уже некому. В отношении же истории «грязной экологии» в ИЭРиЖ, слава богу, это пока не так — обижаться очень даже есть кому. Поэтому прошу не относить данный очерк к мемуарному жанру. В первую очередь я стремился изложить историю научного направления. Удалось ли? — судить не мне.

### О том, с чего все это начиналось

Сейчас это трудно представить, но было время, когда изучение действия химического загрязнения на природные экосистемы (если не затрагивать химизацию сельского и лесного хозяйства) в среде ортодоксальных экологов воспринималось как нечто необычное. И даже традиционная присказка про «усиливающееся антропогенное воздействие на природу» далеко не в первую очередь касалась именно химического загрязнения. Интерес к проблеме стал заметен с середины 50-х — начала 60-х годов и достиг пика в середине — конце 90-х.

В Уральском регионе, с его мощной металлургической и химической промышленностью, негативные последствия действия загрязнения на природные сообщества проявлялись очень ярко. Видное невооруженным глазом

---

<sup>2</sup> Тимирязев К. Луи Пастер. М.: Издание книжного магазина Гросман и Кнебель, 1896. 64 с.

поражение растительности регистрировалось далеко за пределами заводских территорий и защитных зон, что не могло не вызывать обеспокоенности и интереса у биологов. Начало работ в Институте биологии УФАИ СССР по проблеме влияния химического загрязнения на живую природу можно датировать 1959 г. — именно тогда в лаборатории лесоведения и в ботаническом саду были начаты первые исследования по анализу устойчивости растений к действию газообразных поллютантов. Начало истории «грязной экологии» в институте связано с именами двух людей — Бориса Павловича Колесникова и Станислава Александровича Мамаева. Именно они инициировали эти работы, привлекли внимание к проблеме, завели первых аспирантов под эту тему. Нельзя не упомянуть и еще одного «отца—основателя» — Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского, одним своим присутствием в институте с 1955 г. создававшим ореол привлекательности для радиоэкологии — одной из традиционных составляющих антропогенной тематики. Но об этом написано в другом очерке этой книги.

Тезис о неуклонном росте интереса исследователей к «грязной экологии» не требует подробного обоснования. И все же, приведу несколько иллюстраций применительно к институту. Из нескольких возможных наукометрических индикаторов, характеризующих исследовательскую активность, рассмотрим два (рис. 1 и 2): публикации в журнале «Экология» почти за 35 лет его существования (с момента основания в 1970 г. и до 2004 г.) и защиты диссертаций в совете ИЭРиЖ почти за 50 лет (с 1953 г. по 2004 г. включительно). Выбор именно этих индикаторов обусловлен тем, что по ним имеется полная статистика. Наблюдаем обычную для развития любого научного направления картину: экспоненциальный рост с постепенным выходом на плато и последующим спадом<sup>3</sup>.

В целом механизм развития интереса к проблеме химического загрязнения был достаточно сложным. Во-первых, постепенно усиливалась обеспокоенность в обществе масштабами проблемы, которая формировала социальный заказ (в том числе в денежном выражении) на научные изыскания. Во-вторых, эта обеспокоенность сама была сформирована экологами разных

---

<sup>3</sup> Проведенный анализ стал возможен благодаря наличию соответствующих баз данных, созданных самоотверженным трудом библиографов института — И.В. Братцевой и С.В. Чесноковой, которым автор безмерно признателен. Внимательное изучение этих картинок может дать еще много интересного: например, хорошо заметен спад общего количества защит в начале 90-х (смутное время) и увеличение — к концу 90-х (защиты отложенных на время диссертаций).

конфессий (достаточно вспомнить красноречивые заголовки нашумевших в свое время книг — «Безмолвная весна» Р. Карсон, «Оскальпированная земля» О. Дугласа, «Трехсотлетняя война: хроника экологического бедствия» Ю. Медведева). В-третьих, начиная работать в рамках социального заказа, исследователи быстро осознавали те огромные преимущества, которые дает «грязная» проблематика для фундаментальной экологии. Осознав это, они воспринимали социальный заказ уже как приятное и полезное, но далеко не обязательное обстоятельство. В свою очередь их результаты, которые, строго говоря, были уже побочным продуктом фундаментальных исследований, будоражили умы экологистов. Многочисленные положительные обратные связи в системе «общество — чистые экологи — зеленые» постепенно раскручивали маховик интереса.

Упомянутые преимущества очевидны для всех, кто когда-либо работал в «грязной» проблематике. Как правило, химическое загрязнение — это очень сильное воздействие, которое может кардинально изменить структуру и функционирование экосистем. Оно напрямую влияет на все компоненты биоты, и это влияние можно проследить на нескольких уровнях организации — от субклеточного до ценотического. Величину воздействия можно измерить относительно легко и точно (по содержанию поллютантов в депонирующих средах). Градиент загрязнения относительно короткий: по разнообразию вариантов пара десятков километров на пути к заводу соответствует, например, тысячам километров широтного градиента. Все это не может не привлекать классических экологов, для которых химическое загрязнение — еще один экологический фактор, помогающий понять «внутреннее устройство» и механизмы динамики экосистем.

История «грязной экологии» в институте — отражение в миниатюре общих тенденций: толчком к развитию часто были так называемые хоздоговора — концентрированное выражение социального заказа. Юные коммерсанты сегодняшних дней могут долго смеяться, но в эпоху исторического материализма хоздоговора были своего рода общественной нагрузкой, такой же, как рисование стенгазет или поездки «на картошку». Деньги за них или не платили, или плата была чисто символической (впрочем, это касалось не только хоздоговоров, но и многого другого). Соответствующим было и отношение: мешают, отвлекают от главного в жизни — науки. Однако в дальнейшем, войдя в «антропогенную тематику», инициированные хоздоговорами, исследователи на какое-то время или навсегда оставались в ней. Поэтому можно считать, что «грязная экология» в институте начиналась с хоздоговоров.

**О том, как все это развивалось**

На ранних этапах (в 60-х — 70-х годах) в институте не было специализированных подразделений, занимавшихся исключительно проблемами химического загрязнения. Антропогенная тематика (в том числе и изучение действия загрязнения) входила как одно из направлений в планы работ нескольких подразделений, в первую очередь уже упомянутых лаборатории лесоведения и ботанического сада (с 1962 г. — группы, с 1965 г. — лаборатории, с 1971 г. — отдела экспериментальной экологии и акклиматизации растений). Именно тогда были развернуты работы по физиологии газоустойчивости растений, оценке состояния растительности на территориях промышленных площадок и возле заводов, внутривидовой изменчивости растений по газоустойчивости, подбору ассортимента видов для озеленения заводов и промышленных городов, по рекультивации отвалов и шламохранилищ. В этот период в институте работали аспиранты Ю.З. Кулагин и В.С. Николаевский, впоследствии ставшие — уже после ухода из института — докторами наук и классиками в области газоустойчивости растений<sup>4</sup>. География исследований была очень широкой и охватывала районы возле всех крупных металлургических предприятий Урала — Кировградского, Красноуральского, Среднеуральского (г. Ревда), Карабашского медеплавильных заводов, Уральского алюминиевого завода (г. Каменск-Уральский), Полевского криолитового завода.

С самого начала работы в области «грязной экологии» планировались очень широко. Вот как в 1964 г. С.А. Мамаев<sup>5</sup> определил конкретные задачи в области изучения влияния химического загрязнения на живую природу (с.15-16):

---

<sup>4</sup> Уже после ухода из института они подготовили обобщающие публикации, которые долгое время были самыми цитируемыми монографиями по газоустойчивости: Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. М.: Наука, 1974. 180 с.; Кулагин Ю.З. Лесобразующие виды, техногенез и прогнозирование. М.: Наука, 1980. 116 с.; Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука, 1979. 278 с.

<sup>5</sup> Мамаев С. А. Современное состояние и научные задачи в области изучения вредного влияния промышленных загрязнений на растительность и в разработке методов борьбы с их последствиями на Урале // Охрана природы на Урале. Свердловск, 1964. Вып. 4. С. 7-18.

«1. Разработка общей теории газо- и пылеустойчивости растений. Для этого необходимо проведение систематических физиологических и анатомо-морфологических исследований ... на основе [которых] в дальнейшем будут разработаны методы ликвидации вредных последствий загрязненности воздуха или способы предохранения растений от повреждения газами.

2. Исследование процессов почвообразования и зарастания на отвалах. Должны проводиться комплексные почвенно-геоботанические и микробиологические исследования с одновременным осуществлением экспериментальных работ по испытанию различных видов ... растений.

3. Исследование почвенного питания растений в условиях повышенной засоленности почв, измененного водно-воздушного режима и наличия пестрых, нередко ядовитых, примесей.

4. Разработка классификации растений и растительных группировок по их устойчивости в условиях повышенной загрязненности атмосферного воздуха и почв.

5. Разработка методов оценки загрязненности воздуха и почвы в связи с их пригодностью для выращивания тех или иных видов растений. В настоящее время в большинстве случаев отсутствуют обоснованные показатели газового состава воздуха или засоленности и загрязненности почвы, исходя из которых можно было бы рекомендовать для разведения те или другие растения. Не известно, при каких концентрациях начинается неблагоприятное влияние различных видов газов, солей и т.д. в зависимости от условий среды и возраста растения. Здесь целесообразно разработать метод листовой диагностики, который применяется при изучении потребности сельскохозяйственных растений в удобрении.

6. Исследование влияния промышленных загрязнений на микроорганизмы и фауну зеленых насаждений пригородных зон в связи с возможным изменением биоценологических связей.»

Необходимо отдать должное научной прозорливости Станислава Александровича, который 40 лет назад сформулировал задачи так, что значительная часть их остаются актуальными и по сей день.

Замечу, что Урал был далеко не единственным местом, где проводили работы по изучению действия химического загрязнения на живую природу. Активные исследования вели и в других промышленных центрах — Донецке, Новосибирске, Кемерово и, конечно, в двух столицах — Москве и Ленинграде. В самом Свердловске фактически сложились два центра — Институт



биологии и биофак Уральского госуниверситета<sup>6</sup>. Последнее вполне объяснимо: Б.П. Колесников был некоторое время ректором УрГУ (с 1963 г. по 1967 г.) и заведующим кафедрой, поэтому активно продвигал антропогенную тематику не только в институте, но и на биофаке. Так, была создана лаборатория антропогенной динамики экосистем и биологической рекультивации, которой руководил В.В. Тарчевский (сейчас лабораторию возглавляет к.б.н. Т.С. Чибрик). Основное направление ее работ — рекультивация промышленных отвалов.

Координацию работ по антропогенной тематике осуществляла Комиссия по охране природы, которую в 1960 г. создал и до 1980 г. возглавлял чл.-корр. АН СССР Б.П. Колесников. После его смерти и до настоящего времени Комиссию возглавляет чл.-корр. РАН С.А. Мамаев, а ее бессменным секретарем до трагической гибели в 2004 г. был к.б.н. В.В. Ипполитов. Координация исследований была явно необходима, поскольку антропогенной тематикой занимались во многих местах и, как писал С.А. Мамаев в указанной выше работе, «эти исследования большей частью отрывочны, касаются лишь отдельных растительных групп, а главное, ведутся на невысоком научно-теоретическом уровне» (с.17). Комиссией было организовано четыре все-союзных (даже с международным участием) совещания «Растительность и промышленные загрязнения» (1962, 1964, 1966 и 1969 гг.), материалы которых опубликованы в четырех выпусках сборника «Охрана природы на Урале» (всего было 10 выпусков).

Период «диффузного распространения» антропогенной тематики в институте закончился в середине 80-х годов, когда были созданы лаборатории, для которых она стала основной. В соответствии с институтской традицией лаборатории не возникали на пустом месте и не были взяты со стороны, их «кристаллизация» происходила из неформальных групп, сплотившихся вокруг своих лидеров, обычно после защиты лидерами докторских диссертаций.

В рамках Отдела экспериментальной экологии и акклиматизации растений в ноябре 1984 г. была создана лаборатория экологических основ охраны и восстановления растительности (заведующий — д.б.н. А.К. Махнев). Вопросы влияния загрязнения на растительность в разное время изучали А.И. Лукьянец, И.И. Шилова, Н.М. Макаров, О.Д. Шкарлет, С.П. Васфилов, Н.С. Завьялова, М.Р. Трубина. В апреле 1988 г. лаборатория практически в

---

<sup>6</sup> Подробно история биологического факультета УрГУ изложена в книге: Мы постигаем логику живого: 60 лет биол. фак. Урал. гос. ун-та им. А. М. Горького. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2004. 316 с.

полном составе перешла в отделившийся от ИЭРиЖ Институт леса. В дальнейшем она стала называться лабораторией экологии техногенных растительных сообществ; с весны 2005 г. ею заведует д.с.-х.н. С.Л. Менщикова.

В январе 1987 г. была создана лаборатория экологического мониторинга, основу которой составила та часть бывшей шварцевской лаборатории популяционной экологии позвоночных животных, которая в 70-х занималась последним увлечением директора — химической экологией. Логичным было и назначение заведующего — д.б.н. О.А. Пястоловой, в последние годы жизни С.С. Шварца взвалившей на себя груз административных дел по его лаборатории (с 1983 г. она заведовала группой). В лаборатории экологического мониторинга в разное время работали специалисты по нескольким группам животных — амфибиям и рептилиям (сама Ольга Алексеевна, В.Л. Вершинин, Е.А. Трубецкая, М.Н. Данилова, Э.З. Гатиятулина), мелким млекопитающим (Н.Ф. Черноусова, Л.Е. Лукьянова, Н.Л. Добринский), насекомым (Л.С. Некрасова, С.Д. Середюк). С мая 1998 г. лабораторию возглавляет д.б.н. В.Л. Вершинин.

В этом же 1987 г. был организован Отдел прикладной экологии, формальным и неформальным лидером которого был к.б.н. О.Ф. Садыков. Этому человеку, вне всяких сомнений, принадлежит особая роль в новейшей истории «грязной экологии» в институте. Поэтому только в отношении него отступило от исходно декларированного принципа «неумеренности» изложения. Олег Фагимович — классический случай харизматического лидера, возмутителя спокойствия, пассионария. Живи он в другие исторические эпохи, мы бы видели его в развевающемся плаще крестоносца у стен Иерусалима, ведущим за собой галлов на покорение Рима или произносящим в Конвенте пламенную (обязательно пламенную!) речь о казни (или помиловании, это не важно) короля. На худой конец, он мог бы быть просто отважным путешественником, открывающим Америку или восходящим (но только впервые!) на Эверест. Но активность Олега Фагимовича пришлась на эпоху позднего застоя, когда публичной политики не существовало, а все великие географические открытия были уже совершены. К тому же он выбрал для себя научную стезю, почти не подразумевающую киношной героики. И все, кто его хорошо знал, видели, как ему было безумно тесно в рамках чисто научного творчества. Прекрасный полемик, блестящий оратор, интересный собеседник, Садыков обладал редким даром убеждать, увлекать, зажигать — недаром молодые сотрудники шутливо называли его за глаза «Великий вождь». Он просто фонтанировал — даже не столько идеями, сколько «сгустками энергии», энергии плодотворной, но иногда и разрушительной, о чем чуть ниже.

На момент создания отдел объединил три подразделения: лабораторию экологического нормирования и экспертизы (заведующий — к.б.н. О.Ф. Садыков), лабораторию экологической токсикологии (заведующий — д.б.н. Н.М. Любашевский) и группу (трансформированную из лаборатории) радиобиологии животных (заведующий — д.м.н. Д.И. Семенов). Основу лаборатории Н.М. Любашевского составили сотрудники бывшей лаборатории радиобиологии животных, активно развивавшейся с 1962 г. (сам Наум Моисеевич, В.С. Безель, В.И. Стариченко, А.А. Мокроносов). В лабораторию О.Ф. Садыкова перешли сотрудники как из лаборатории Д.И. Семенова (В.П. Мамина, А.В. Баженов, М.В. Чибиряк), так и из лаборатории экологических основ изменчивости (сам Олег Фагимович, И.Е. Бененсон, О.А. Лукьянов, Н.Ф. Бабушкина, Э.Л. Степанова). Пополнялся он и извне, что для академического института являлось, скорее, исключением, чем правилом: в отдел из разных организаций перешли работать физиолог и биохимик М.Г. Фарафонов, программист экстра—класса М.С. Гольдштейн, биостатистик А.О. Маханек, химик — органик Г.С. Куликова. Тогда же в отдел пришли и молодые сотрудники — недавние выпускники ВУЗов (Э.А. Поленц, Е.А. Бельский, Е.В. Хантемирова (Усолкина), Е.Л. Воробейчик, И.Н. Михайлова, С.В. Мухачева). Кроме того, в отделе постоянно происходили внутренние и внешние переходы сотрудников, восстановить хронологию которых без специальных архивных изысканий уже совершенно невозможно.

В 1989 г. ушел из жизни Д.И. Семенов; сотрудники его группы перешли в основном в лабораторию Н.М. Любашевского (Е.Б. Григоркина, Г.А. Меньшикова), частично — О.Ф. Садыкова (Э.А. Тарахтий). В ноябре 1989 г. из двух оставшихся подразделений отдела выделили отдельную лабораторию экологической диагностики и нормирования, которую возглавил защитивший в 1989 г. докторскую диссертацию В.С. Безель. Соответственно лаборатория О.Ф. Садыкова изменила название и с этого времени именовалась лабораторией экологической экспертизы и прогнозирования.

Тематика работы отдела задумывалась О.Ф. Садыковым предельно широко: разработка систем диагностики нарушений экосистем, экологическое нормирование, теория экологической экспертизы хозяйственной деятельности, моделирование реакции популяций и сообществ на загрязнение, разработка систем локального и регионального экологического мониторинга, анализ закономерностей миграции и депонирования поллютантов, теория формирования ноосферы и пр. При этом не накладывалось никаких ограничений ни на объекты биоты, ни на уровни организации, ни на виды антропогенных нагрузок. Конечно, планирование работ по столь

широкому фронту было абсолютно нереалистично. Кроме того, в силу склонности к философии Олег Фагимович слишком буквально воспринимал известный лозунг «думать глобально — действовать локально» и часто столь всеобъемлюще формулировал планы работы, что порой даже трудно было понять, о чем собственно идет речь. Поэтому неудивительным оказывалось то, что постановка общих вопросов приводила лишь к частным ответам. История науки свидетельствует о том, что более продуктивна противоположная тактика — следует ставить частные вопросы, чтобы в итоге получать общие ответы.

Рассвет отдела (если судить по количеству сотрудников) пришелся на 1990-1991 гг. — переломную эпоху российской истории. Это был конец перестройки, распад СССР, пик приватизации и первоначального накопления капитала. Для отечественной науки это было, наверное, наиболее тяжелое время. Из реактивов доступной оставалась только дистиллированная вода, о покупке оборудования и речи не было, а прайсы на химическую посуду могли служить разве что для устрашения лаборантов, которые тем не менее били ее с не меньшим упорством. В отношении реактивов и посуды в какой-то степени спасали запасы застойных времен. Но они не могли спасти от психологического дискомфорта, суетности жизни, безденежья, необходимости поиска хоть каких-нибудь заработков на стороне. Именно тогда О.Ф. Садыков создал коммерческую структуру — фирму «Промэкология». Как всегда, были самые благие намерения: добываем деньги для науки. Потом были кредиты (очень много кредитов!), глобальные проекты, случайные люди, элементарный обман и элементарное воровство, темные личности, вновь кредиты, вновь проекты (уже совсем фантастические), скандалы (чего стоила одна только «красная ртуть» ...). Потом остались только деньги, затем не стало и их. Впрочем, это совсем другая история.

Некоторое время О.Ф. Садыков руководил отделом и фирмой параллельно, что вызывало вполне объяснимые трения с администрацией института. И здесь нельзя не сказать о том, что при всех достоинствах Олег Фагимович обладал одним недостатком, ставшим для него роковым, — он был плохим политиком: не умел (или не хотел?) идти на компромиссы, почти во всем и всегда различал только белое и черное, плохо разбирался в людях, часто принимал желаемое за действительное. В конце 1990 г. в результате недолгих раздумий он принял, мягко говоря, очень неожиданное для всех решение — окончательно уйти из института, о чем и известил сотрудников отдела, предоставив им право выбора последовать его примеру. Большинство выбрало институт.

Уход О.Ф. Садыкова ознаменовал и конец Отдела прикладной экологии: с этого момента входившие в него лаборатории, пережив достаточно мучительный период дележа имущества, уходов и переходов сотрудников, действовали независимо друг от друга. Заведующим садыковской лабораторией был назначен д.б.н. О.А. Жигальский, который до этого руководил небольшим вычислительным центром института. За пару лет после распада отдела, не ужившись с новыми порядками, институт покинули И.Е. Бененсон, М.С. Гольдштейн, М.Г. Фарафонов, А.В. Баженов, А.А. Мокроносов, С.Е. Раменский, Н.Ф. Бабушкина.

Через некоторое время лаборатория Н.М. Любашевского изменила название: с 1992 г. и по настоящее время — это лаборатория экспериментальной экологии. Сменилось название и лаборатории В.С. Безеля: с 1998 г. она именуется лабораторией популяционной экотоксикологии. В 2003 г., в связи с возрастным цензом и неумолимым ходом времени, в двух лабораториях бывшего Отдела прикладной экологии сменились заведующие: лабораторию Н.М. Любашевского возглавила д.б.н. В.Н. Позолотина, пришедшая в нее из лаборатории общей радиоэкологии, а лабораторию В.С. Безеля — автор этих строк.

После распада отдела «грязная» тематика сохранилась фактически только в одной из входивших в него лабораторий — популяционной экотоксикологии. Лаборатория экспериментальной экологии вернулась к своим истокам — радиобиологии и радиоэкологии, а у лаборатории экологической экспертизы и прогнозирования от «грязного» прошлого осталось только название (сейчас ее основная тематика — анализ динамики численности мелких и промысловых млекопитающих).

И в заключение вновь об О.Ф. Садыкове. Сегодня, по прошествии 15 лет, задаваясь вопросом, что же он сделал для развития «грязной экологии» в институте, можно даже испытать некоторое смущение: если подходить с традиционными мерками — научные результаты, публикации, то очень и очень мало. Его роль я вижу в другом — он дал импульс, раскрутил колесо. Без него следующий раздел очерка — о современном состоянии «грязной экологии» в институте — выглядел бы совсем по-другому.

### О том, к чему все это привело

Было бы странным в рамках исторического очерка не остановиться на современном состоянии «грязной экологии» в институте.

Лаборатория экологического мониторинга сегодня — это семь сотрудников; основные объекты изучения — амфибии и рептилии (д.б.н. О.А. Пяс-

толова, д.б.н. В.Л. Вершинин, к.б.н. Е.А. Трубецкая, В.В. Малимонов), мелкие млекопитающие (к.б.н. Н.Ф. Черноусова), насекомые (к.б.н. С.Д. Середюк, А.В. Иванов). У сотрудников очень широкая (по-моему, даже избыточно широкая для такого небольшого коллектива) сфера интересов: действие промышленного и радиоактивного загрязнения на популяции и сообщества животных, городская экология амфибий и мелких млекопитающих, закономерности формирования адаптаций к химическому загрязнению, морфологические аномалии амфибий, инвентаризация видового состава амфибий, рептилий и насекомых на территории Среднего Урала, трофические связи амфибий и беспозвоночных. Разнообразны не только решаемые проблемы, но и методы исследований — от классических зоологических до физиологических и гистологических методик. Основные работы проводятся на территории городской агломерации Екатеринбурга, возле Карабашского и Красноуральского медеплавильных заводов.

Лаборатория популяционной экотоксикологии сегодня — это 15 сотрудников, исследующих широкий спектр компонентов наземных экосистем. Основные объекты изучения — эпифитные лишайники (к.б.н. И.Н. Михайлова), сосудистые растения (к.б.н. М.Р. Трубина, к.б.н. Т.В. Жуйкова), птицы (к.б.н. Е.А. Бельский), мелкие млекопитающие (д.б.н. В.С. Безель, к.б.н. С.В. Мухачева, Ю.А. Давыдова), насекомые (к.б.н. Е.А. Бельская, А.И. Ермаков), паукообразные (к.б.н. М.П. Золотарев), почва и почвенная биота (д.б.н. Е.Л. Воробейчик, к.б.н. С.В. Драчук, П.Г. Пищулин). Наличие хорошей аналитической базы (немецкий атомно-абсорбционный спектрометр последнего поколения, микроволновые печи для разложения образцов, климатические камеры и пр.) и квалифицированного персонала химиков—аналитиков (Э.Х. Ахунова, О.А. Межевикина) позволяет сочетать натурные работы с прецизионными измерениями уровней загрязнения и лабораторными экспериментами. Основная идея, объединяющая исследования сотрудников лаборатории — изучение общих закономерностей реакции надорганизменных систем (популяции, сообщества, экосистемы) на токсическую нагрузку от точечных источников эмиссии поллютантов. Разрабатываются проблемы возникновения популяционных адаптаций к токсической нагрузке, пространственного варьирования содержания поллютантов в депонирующих средах, гетерогенности накопления тяжелых металлов в организме, популяционной биологии модельных видов, обитающих в условиях сильного загрязнения, построения дозовых зависимостей для параметров экосистемного уровня и др. Основной экспериментальный полигон — территория возле Среднеуральского медеплавильного завода (СУМЗ), где непре-

ривно, начиная с 1988 г., проводится изучение реакции наземных экосистем на загрязнение. В 4 км от этого завода, в маленькой заброшенной деревушке Хомутовка, организован небольшой полевой стационар, который активно используют не только сотрудники лаборатории, но и коллеги из других подразделений института. Кроме СУМЗа, работы проводятся (в меньшем объеме) возле Красноуральского, Кировградского, Карабашского медеплавильных комбинатов, Полевского криолитового завода, Рефтинской ГРЭС.

Помимо двух специализированных лабораторий, и в других подразделениях института разрабатывается тематика, связанная с химическим загрязнением. В основном она касается изучения действия выбросов СУМЗа на разные компоненты биоты. Кратко перечислю основные направления этих «СУМЗо-ориентированных» работ, в той или иной степени координируемых лабораторией популяционной экотоксикологии. В лаборатории фитомониторинга и охраны растительного мира изучают реакции микоризных ассоциаций древесных растений (к.б.н. Д.В. Веселкин), дереворазрушающих грибов (к.б.н. И.В. Ставишенко) и миксомицетов (К.А. Фефелов); в группе популяционной экологии растений — луговой растительности (к.б.н. Е.В. Хантемирова); в группе функциональной экологии почв — почвенного поглощающего комплекса и органического вещества почвы (к.б.н. С.Ю. Кайгородова, к.б.н. Е.В. Прокопович, к.б.н. И.Н. Коркина, Ю.Г. Смирнов); в лаборатории экологических основ изменчивости и биоразнообразия животных — наземных моллюсков (М.Е. Гребенников), модельных видов чешуекрылых (к.б.н. Е.Ю. Захарова) и мелких млекопитающих (д.б.н. Л.А. Ковальчук, к.б.н. О.А. Сатонкина); в лаборатории биоценологических процессов — муравьев (к.б.н. А.В. Гилев) и птиц (А.Г. Ляхов); в лаборатории дендрохронологии — древесных растений (к.б.н. Р.М. Хантемиров).

Можно заметить, что в последние годы «грязная тематика» начинает играть все большую роль в институте. Помимо уже упомянутых работ, следует назвать еще несколько. В группе популяционной цитогенетики под руководством д.б.н. Э.А. Гилевой исследуют закономерности хромосомной нестабильности у мелких млекопитающих, в том числе индуцированной действием химического загрязнения разного генезиса (к.б.н. О.В. Полявина). В лаборатории экологических основ изменчивости к.б.н. Л.В. Черная сравнивает разные аспекты экологии пиявок из загрязненных и чистых водоемов; да и сам заведующий — д.б.н. А.Г. Васильев — не прочь проанализировать флуктуирующую асимметрию листьев берез, произрастающих на загрязненных территориях. В группе функциональной экологии почв под руководством к.б.н. В.С. Дедкова начато изучение трансформа-

ции почвенного покрова в районах крупных электростанций и городских агломераций, а в планах лаборатории экологической экспертизы и прогнозирования — попытаться сопоставить морфофизиологические параметры животных из естественных и техногенных геохимических аномалий (к.б.н. В.П. Мамина, Е.В. Михеева).

Таким образом, можно констатировать постепенное распространение «грязной тематики» по институту — сейчас загрязнением понемногу занимается добрая треть сотрудников. В этом процессе, кроме очевидных положительных, можно усмотреть и отрицательные моменты — определенное дублирование тематики между разными лабораториями, отсутствие должной координации работ на одних и тех же территориях. Нынешняя ситуация несколько напоминает «диффузное» состояние «грязной экологии», в котором она пребывала до создания специализированных подразделений в середине 80-х годов XX в. Возможно, когда-нибудь произойдет очередной виток «кристаллизации», который выльется в новые организационные формы. Впрочем, я не занимаюсь футурологией.

### Периодизация истории

Проводить периодизацию истории научного направления очень сложно — особенно когда нет возможности взглянуть издали или со стороны. Здесь неизбежен субъективизм: трудно избежать соблазна, чтобы не уделить большее внимание собственной тематике в ущерб тематике коллег. Полностью осознавая это и не покушаясь на хлеб профессиональных историков науки, все же попробую предложить весьма условную периодизацию развития «грязной экологии» в ИЭРиЖ.

В качестве отличительной черты конкретного периода логично рассматривать те вопросы, которые активнее всего обсуждались в институте — в статьях, на конференциях, в рабочих и личных беседах. Это не означает, что в тот или иной период говорили и писали только об этом, но об этом говорили и писали чаще всего. Условность предложенной периодизации подтверждается существенным пересечением временных границ. Итак, можно выделить следующие периоды:

1. *Промышленная ботаника и газоустойчивость растений (начало 1960-х — конец 1970-х)*: физиологические механизмы устойчивости растений к газообразным поллютантам (в основном сернистый ангидрид), зонирование территорий возле разных источников выб-



росов по поражению растений, подбор ассортимента видов для озеленения промышленных площадок и городов, рекультивация отвалов.

2. *Экологическая токсикология (начало 1970-х — середина 1980-х)*: закономерности накопления тяжелых металлов в организме животных, роль гетерогенности природных популяций в реакции на загрязнение, морфологические и физиологические изменения у животных в природе и в лабораторных экспериментах, проблема экстраполяции результатов лабораторных экспериментов на природные ситуации.
3. *Биоиндикация и экологический мониторинг (начало — конец 1980-х)*: специфика популяций животных на загрязненных территориях, в том числе в крупных городах, морфологические и хромосомные aberrации у животных, построение систем биоиндикаторов. В рамках этого направления можно выделить *изучение действия фтора на экосистемы*: состояние природных экосистем возле предприятий с преимущественной эмиссией фтора (алюминиевые заводы), накопление фтора в депонирующих средах и организме животных, минеральный обмен и физиология животных в условиях фтористого загрязнения, диагностика флюороза у сельскохозяйственных животных.
4. *Экологическое нормирование и экологическая диагностика (середина 1980-х — конец 1990-х)*: проблема нормы и патологии надорганизменных систем, построение дозовых зависимостей для экосистемных параметров, определение критических нагрузок.
5. *Экология импактных регионов (конец 1990-х — настоящее время)*: обобщение результатов работ на территориях возле точечных источников эмиссии поллютантов, схемы и механизмы трансформации экосистем.

Было ли в каждом новом периоде что-то новое по сравнению с предыдущим? И да, и нет. По большому счету, часто происходил просто перевод старой проблемы с одного языка на другой: вместо прежних терминов использовали новые, более «модные» словосочетания. Кстати, новых слов в рамках «грязной» проблематики могло быть и больше (в институте не прижились популярные в свое время «*impact assessment*», «*risk assessment*», «*sustainable development*», «*ecosystem health*», «здоровье среды», «*environ-*

mental indexes» и пр.). Скорее всего, в последнее время новые термины появлялись значительно быстрее, чем раньше, либо в институте уже не успевали (или перестали) следить за модой.

С каждым новым словом еще раз убеждаешься — «... пройдет и это ...». Фактически все направления укладываются в попытки ответить на три последовательных вопроса: «Что происходит в природе под действием загрязнения?», «Почему это происходит?» и «Как выявленные закономерности можно использовать для практических целей?». В каждом из периодов, в том или ином соотношении, были представлены все три аспекта. В экологической токсикологии основной акцент делался на рассмотрение механизмов реакций. В промышленной ботанике, биоиндикации и нормировании преобладали «практические надстройки» над результатами исследований — озеленение промплощадок, функциональное зонирование территорий возле источников выбросов, системы биоиндикаторов, экологические нормативы.

Для знакомства с конкретными результатами исследований в области «грязной экологии» можно было либо подготовить большую книгу-хрестоматию, либо составить библиографию основных публикаций. Поскольку для первого пути нет ни времени, ни денег, я пошел по второму (Приложение).

### Отличительные черты

Можно выделить несколько особенностей «грязной экологии» в ИЭРиЖ по сравнению с аналогичными исследованиями в других институтах:

1. Комплексность исследований реакции биоты. Сочетание в одном месте и в одно время работы ботаника, почвоведа, зоолога, микробиолога — традиция отечественной экологии, идущая от сукачевской биогеоценологии. Эта традиция особенно ярко проявилась в «грязной экологии», поскольку на первое место была поставлена проблема, а не объект. Вполне обычная ситуация и раньше, и сейчас — комплексные экспедиции из десятка специалистов в район действия какого-нибудь завода. Эффект от этого обычно всегда больше простой суммы усилий отдельных исследователей.
2. Ориентация на фундаментальные исследования, даже их противопоставление прикладным. В какой-то степени это была своеобразная защитная реакция «грязных» экологов на подозрения в прикладном характере их работ со стороны коллег, не запятнавших себя изучением загрязнения. Впрочем, об этом уже было подробно сказано в начале очерка.

3. Акцент на популяционный и ценогический уровни организации биоты. С одной стороны, это, безусловно, дань институтской традиции, связанной с процветанием школы популяционной биологии С.С. Шварца, — работать с популяциями в институте всегда было почетно. С другой стороны, это можно рассматривать и как определенное свидетельство нашей бедности — для работы на организменном и суборганизменном уровнях требуется на несколько порядков более сложная аппаратура, которой в институте никогда не было.
4. Основа работ — полевая экология, органично сочетающаяся с лабораторными экспериментами. Причины аналогичны предыдущему пункту: бедность — не порок, и особенно почетно в институте быть не просто популяционистом, а популяционистом—полевиком.
5. Акцент на изучение реакции наземных экосистем (реакции гидробионтов на загрязнение посвящены буквально единичные работы, что очень контрастирует с мощным развитием водной токсикологии в мире). Эта особенность, скорее всего, случайная: просто институтские ихтиологи всегда предпочитали вкусную рыбу.

Определенной спецификой «грязной экологии» в ИЭРиЖ можно считать то, что многие исследователи пришли в нее со стороны, из других научных направлений. Например, Н.М. Любашевский — из медицины и радиобиологии, В.С. Безель — радиобиологии и классической токсикологии, О.Ф. Садыков, О.А. Пястолова, В.Л. Вершинин — популяционной экологии позвоночных, В.С. Николаевский и Ю.З. Кулагин — физиологии растений, С.А. Мамаев и А.К. Махнев — лесоведения и популяционной биологии растений. Прежде чем прийти в «грязную экологию», многие из них активно работали на чистых территориях. Следы былых научных увлечений коллег можно найти в используемой ими терминологии, пристрастиях при выборе объектов и тем. Совершенно очевидно, что такой «научный импринтинг», несмотря на ряд издержек в виде сломанных копий в терминологических спорах, имел положительное значение для развития направления в целом. «Перекрестное опыление» идеями и методами существенно расширило фронт научного поиска.

И только для новейшей истории характерно то, что молодое поколение «грязных экологов» не имеет опыта работы в рамках «чистой» проблематики. В этом, между прочим, кроется очень большая опасность: если для кого-то вся нетронутая природа сводится к фоновой площадке на каком-нибудь 30-м километре от завода, то такому исследователю достаточно сложно

представить весь спектр возможных вариантов экосистем и, соответственно, соблюсти принцип презумпции естественности, о котором пойдет речь ниже.

### Слабые места

Обозревая с высоты сегодняшнего дня развитие «грязной экологии» в ИЭРиЖ, можно выделить несколько слабых мест, впрочем, присущих экотоксикологическим исследованиям и в других научных учреждениях России и, в меньшей степени, других стран.

1. Слабая доказательность выводов. Пытаясь соблюсти не раз критиковавшийся принцип единственной разницы, исследователи строили свои работы по типу парных сравнений — одна площадка возле завода сравнивалась с одной площадкой, принятой за контроль. При этом, например, зоологи даже пытались найти возле завода площадки, *идентичные по растительности* контрольным (аргумент — «нельзя же сравнивать несравнимые вещи»). Но все же радость от обнаружения желаемых различий между опытом и контролем не может компенсировать то обстоятельство, что такого рода схемы — это классический случай «мнимых повторностей»<sup>7</sup>. Оставаясь в рамках статистической парадигмы, нельзя не признать, что десяток проб в пределах одной площадки аналогичны десяти разглядываниям результата однократного подбрасывания столь любимой статистиками монеты. Заложим площадки немного в других («не совсем типичных») местах — сохранятся закономерности прежними или «поплывут»? Для получения вероятностных выводов о вероятностных по своей природе закономерностях следует пользоваться вероятностной схемой эксперимента, хотя это и сильно (как минимум в три раза) увеличивает объем работы. Если этого не делать, тогда уж лучше сразу признать эффективность трансцендентного познания реальности.
2. Отсутствие прецизионного измерения уровней токсической нагрузки. Знание величины воздействия — это начало начал экологической токсикологии. Замену этой величины каким-либо суррогатом в виде

---

<sup>7</sup> Подробнее об этой проблеме см.: Козлов М.В. Мнимые повторности (Pseudoreplication) в экологических исследованиях: проблема, не замеченная российскими учеными // Журн. общ. биологии. 2003. Т. 64, № 4. С. 292–307.

расстояния до источника выбросов или просто указания зоны нагрузки, выделенной по состоянию почвенно-растительного покрова, можно рассматривать только как самое первое приближение. К сожалению, часто этим приближением и ограничивались. Но действовать таким образом очень рискованно: на одинаковом расстоянии от источника выбросов, в пределах каких-нибудь сотен метров, величина поступления, а тем более депонирования загрязнителей в силу самых разных причин может различаться очень существенно — иногда на порядки величин. Соответственно любые заключения о реакциях биоты без точного знания величины токсической нагрузки в той же самой «точке», где регистрируются эти реакции, либо умозрительны, либо очень приближены, либо просто ошибочны.

3. Недооценка комплексной природы градиента загрязнения. Нередко какой-нибудь источник выбросов условно атрибутируют с определенным набором загрязнителей. Потом про условность забывают: если алюминиевый завод, значит, выбросы только фтора; если металлургический — тяжелых металлов и окислов серы и т.д. Такая точка зрения правильна, но только в самом первом приближении. Любой завод выбрасывает значительно больше разнообразных загрязнителей, чем у нас есть денег на их анализ. Но если мы о них не знаем, это еще не значит, что их нет.
4. Упрощенность схем трансформации биоты. Поступление загрязнителей в окружающую среду — далеко не единственная непосредственная причина наблюдаемых изменений. Поступление — это первый толчок, инициирующий цепь событий, связанных многочисленными причинно-следственными связями, распутать которые часто очень сложно. Поэтому явной натяжкой было бы представлять, как это в основном и делают, любые изменения в экосистеме по схеме «загрязнение — реакция»; обычно все значительно сложнее.

В связи с обсуждаемой доказательностью выводов, на мой взгляд, уместно провозгласить принцип «презумпции естественности» — любые изменения в экосистемах априори следует трактовать как естественные флуктуации и смены, а их антропогенную природу необходимо доказывать, но не наоборот — априорно принимать антропогенную обусловленность любых наблюдаемых изменений.

И еще об одном вынужденном недостатке следует упомянуть. Плохую шутку с отечественными исследователями 70-80-х годов сыграла советская

шпиономания того времени. Тогда действовал удивительно глупый запрет на упоминание в открытых публикациях точного наименования источников выбросов (кстати, в 60-х годах такого запрета не было). Поэтому промышленные предприятия либо никак не назывались (просто был «медеплавильный завод на Урале»), либо обозначались буквами («завод а», «завод б» и т.д.). В значительной степени это обесценило результаты работ тех лет. Лес возле «источника выбросов «а» на Урале» — это почти аналогично тому, как если бы в энтомологическую коллекцию поместили редкий экземпляр жука без обязательной этикетки с точным местом и временем сбора. Сейчас, когда исследователи, активно работавшие в те годы, ушли из жизни (И.И. Шилова, А.И. Лукьянец и др.), разгадывание географических ребусов в их публикациях почти всегда обречено на неудачу.

### Перспективы развития: взгляд в будущее

В последние годы повсеместно можно наблюдать определенный спад интереса к «грязной экологии». Наш институт — не исключение: достаточно взглянуть на уже обсуждавшиеся индикаторы научной активности (см. рис.1 и 2). В таком спаде — как и в любом закономерном историческом процессе — нет никакой трагедии. Скорее всего, он связан с тем, что «сливки» с проблемы уже сняты: лежащие на поверхности материалы, касающиеся феноменологии и качественной картины изменений, получены. Сейчас мы можем констатировать, что результаты типа «Ба! Да ведь чем ближе к источнику выбросов, тем сильнее загрязнение» или «Ах! Оказывается, возле завода меньше биоразнообразия» — это уже пройденный этап развития «грязной экологии». Что же дальше?

Проводя аналогию с медициной, можно сказать, что описание экосистем возле конкретного источника — это описание одного «больного», соответственно публикацию материалов по таким изменениям можно уподобить публикации отдельной «истории болезни» (а иногда и ведомости конкретных анализов). Сейчас этого уже слишком мало. Пришло время собирать камни: на мой взгляд, необходимы обобщения, необходим в широком смысле мета-анализ огромных массивов накопленной информации.

В этой связи позволю себе одно отступление общего характера. В экологии, к сожалению, нет отрицательных результатов, что сильно контрастирует с другими областями знания. Например, в физике или химии: работал—работал, а закономерности нет, следовательно, нет и результата. В экологии же, особенно в ее «грязной» части, не так — чем бы ни занимался, результат есть всегда: посчитал количество деревьев в лесу — готова статья

«Запасы дровостоя там-то», вышел в чистое поле — «Разнообразие луговой растительности в условиях чего-нибудь», сделал все не так, как надо, — краткое сообщение «К методике измерения ...», совсем ничего не делал — тезисы «Из опыта экологического образования и воспитания ...». В итоге информационный шум поглощает сигнал. Об этом в свое время очень точно сказал С.В. Мейен<sup>8</sup>: «... современная биология поражает своей безыдейностью. Перелистывая биологические журналы ... совершенно невозможно понять, для чего выполнялось огромное большинство исследований ... Большая часть данных засасывается информационной трясиной и никогда не всплывает на поверхность ... Господствующие идеи только и могут, что стилизовать эту бесконечную мышиную возню» (с.4). Вырваться из этой информационной трясины можно лишь в том случае, если четко формулировать вопросы к природе и получать четкие ответы, позволяющие выбирать новые пути поиска. Сейчас уже недостаточно просто наблюдений — нужны эксперименты!

В любом крупном научном направлении есть свои «вечные вопросы». Каждое новое поколение исследователей задает их себе и пытается решить всеми доступными на данный момент способами. Есть такие вопросы и в «грязной экологии». Центральный из них — «Почему виды по-разному реагируют на загрязнение: одни исчезают, а другие сохраняются при максимальных уровнях нагрузки?» Он, в свою очередь, распадается на ряд логически соподчиненных подвопросов. Виды исчезают потому, что испытывают прямое токсическое действие (блокирование ферментных систем, ингибирование биосинтеза, нарушение проницаемости или целостности мембран, проводимости нервных импульсов и пр.)? Или потому, что меняется «внутренняя среда» экосистемы, и виды не могут существовать в ней? Или загрязнение уменьшает потенциальные возможности организма противостоять неблагоприятному действию естественных факторов (температуры, влажности, инсоляции и пр.)? Если оказывается правильным первый вариант ответа, возникает серия других вопросов. Успешно противостоящие загрязнению виды приобрели эту способность (т.е. у них возникла адаптация в узком смысле) или они уже были подготовлены (т.е. преадаптированы)? Если адаптация возникла, то каков конкретный механизм ее возникновения: дарвиновский отбор, горизонтальный перенос генов или что-то другое? И что собственно изменилось в организме — усилился синтез металлотионеинов, ускорилось прохождение критических ста-

---

<sup>8</sup> Мейен С.В. Нетривиальная биология (заметки о...) // Журн. общей биологии. 1990. Т.51, №1. С. 4–14.

дий онтогенеза, произошло переключение на другие источники пищи с меньшим содержанием токсикантов, увеличилась интенсивность метаболизма и соответственно выведения токсикантов? Если виды были преадаптированы к загрязнению, то за счет каких именно свойств — за счет депонирования токсикантов в метаболически неактивных тканях, их повышенной экскреции или снижения поступления в организм?

Вопросы можно продолжать и дальше, но только тогда, когда мы будем располагать однозначной информацией о причинах элиминации или сохранения в условиях загрязнения многих модельных видов. Тогда можно будет задавать вопросы о закономерностях следующего порядка общности — экосистемных, биогеографических и эволюционных, касающихся реакции разных типов сообществ, природных зон или таксонов высокого ранга.

В контексте данного обсуждения нельзя не отметить одну странность большинства современных работ в области полевой экотоксикологии: в качестве модельных чаще всего выбирают массовые виды, присутствующие во всех зонах загрязнения. Все логично: по редким видам не набрать материал, и что с чем сравнивать, если вид обнаружен только в фоновой зоне. Но при такой схеме априори отсекаются все «неуспешные» виды, терпящие поражение в борьбе с загрязнением. Следовательно, уже не может идти речь о сравнении видов с разной судьбой, с разной стратегией выживания. Некорректно и представление о фоновой зоне как об «однородной точке»: чувствительные виды надо изучать на пределе их техногенного распространения, даже если этот предел удален от оптимальных биотопов на относительно небольшое расстояние.

Отсутствие ответов на поставленные вопросы, на мой взгляд, хорошее завершение краткого обзора истории «грязной экологии» в ИЭРиЖ. 45 лет ее развития не прошли даром — получены интересные результаты, сложились традиции, создана хорошая материальная база, оптимально соотношение разных поколений исследователей, большой приток молодых. И главное, «грязным» экологам есть чем заниматься дальше: о том, насколько мало нам еще известно о действии загрязнения на живую природу, мы знаем уже достаточно.





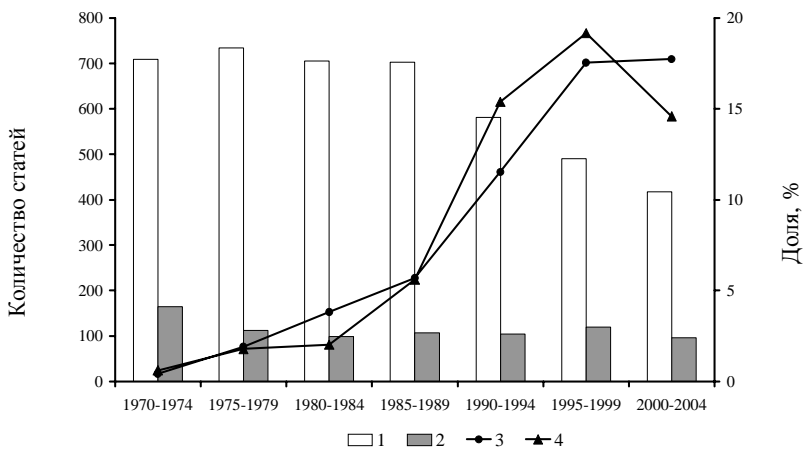


Рис. 1. Динамика общего количества (1) публикаций в журнале «Экология» и доля работ по проблеме химического загрязнения (3); 2, 4 – публикации сотрудников ИЭРиЖ: 2 – общее количество, 4 – доля работ, связанных с химическим загрязнением

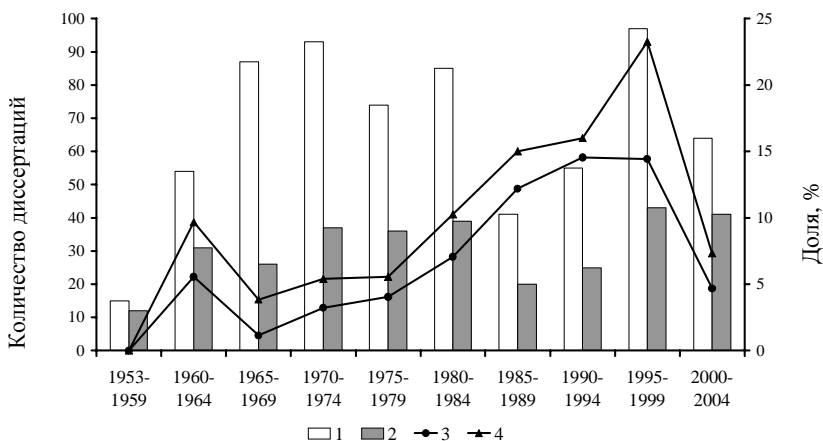


Рис. 2. Динамика общего количества защищенных кандидатских и докторских диссертаций (1) в диссертационном совете ИЭРиЖ и доля работ по проблеме химического загрязнения (3); 2, 4 – диссертации сотрудников ИЭРиЖ: 2 – общее количество, 4 – доля работ, связанных с химическим загрязнением

**Приложение.** Библиография основных работ сотрудников ИЭРиЖ по проблеме химического загрязнения<sup>9</sup>

В библиографию включены только основные публикации (книги, статьи в журналах, крупные статьи в сборниках и материалах конференций) и только сотрудников института. Библиография построена по тематическому принципу, а в пределах темы — по дате публикации. Тематические блоки выделены по уровням организации биоты, объектам биоты и проблемам (например, типам загрязнения).

### **Общие проблемы изучения действия химического загрязнения на биоту**

#### Промышленная ботаника, импактная экология

1. Мамаев С.А. Современное состояние и научные задачи в области изучения вредного влияния промышленных загрязнений на растительность и в разработке методов борьбы с их последствиями на Урале // Охрана природы на Урале. Свердловск, 1964. Вып. 4. С. 7–18.
2. Махнев А.К., Мамаев С.А. Итоги исследований по проблемам создания защитных и декоративных зеленых насаждений в условиях медеплавильных заводов на Урале // Тр. /АН СССР. УНЦ. ИЭРиЖ. 1979. Вып. 129. С. 3–47.
3. Любашевский Н.М., Токарь В.И., Щербаков С.В. Техногенное загрязнение окружающей среды фтором: (Экол. и медико—социал. аспекты). Екатеринбург, 1995. 238 с.
4. Воробейчик Е.Л. Экология импактных регионов: перспективы фундаментальных исследований // Фундаментальные и прикладные проблемы популяционной биологии: Материалы VI Всерос. популяц. семинара. Н. Тагил, 2004. С. 36 – 45.

#### *Экологическая токсикология*

5. Безель В.С., Бененсон И.Е., Садыков О.Ф. Влияние техногенного загрязнения среды на динамику численности мелких млекопитающих в мозаичных местообитаниях // Техногенные элементы и животный организм. Свердловск, 1986. С. 37–42.

---

<sup>9</sup> Автор чрезвычайно признателен И.В. Братцевой за помощь при составлении библиографического списка.

6. Безель В.С. Популяционная экотоксикология млекопитающих. М.: Наука, 1987. 129 с.
7. Безель В.С. Популяционные аспекты экологической токсикологии млекопитающих // Развитие идей академика С.С. Шварца в современной экологии. М., 1991. С. 213–251.
8. Безель В.С., Большаков В.Н., Воробейчик Е.Л. Популяционная экотоксикология. М.: Наука, 1994. 83 с.
9. Безель В.С., Большаков В.Н. Экологическая токсикология: Проблемы, задачи, подходы // Токсикол. вестн. 1995. № 1. С. 2–7.
10. Кацнельсон Б.А., Безель В.С. «Геогигиенические» идеи Н. В. Лазарева и современные проблемы взаимодействия человека и биосферы // Токсикол. вестн. 1995. № 5. С. 14–14.
11. Безель В.С. Основы экологической токсикологии // Общая токсикология / Под ред. Б.А. Курляндского и В.А. Филова. М., 2002. Гл. 16. С. 545–586.
12. Садыков О.Ф. Популяционные аспекты экотоксикологии // Экотоксикология и охрана природы. М., 1988. С. 108–126.

*Биоиндикация, экологический мониторинг*

13. Безель В.С., Попов Б.В., Садыков О.Ф., Грошева Е.И., Хантемиров Р.М. Мелкие млекопитающие в системе регионального экологического мониторинга // Техногенные элементы и животный организм. Свердловск, 1986. С. 3–13.
14. Пястолова О.А., Некрасова Л.С., Вершинин В.Л., Лукьянова Л.Е., Лукьянов О.А., Гатиятуллина Э.З. Принципы зоологического контроля природной среды // Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. Л., 1989. Т. 12. С. 220–234.
15. Пястолова О.А. Некоторые проблемы зоологического контроля природной среды на Урале // Животные в условиях антропогенного ландшафта. Свердловск, 1990. С. 3–9.
16. Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Значение системы раннего предупреждения в экологическом мониторинге // Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. Л., 1989. Т. 12. С. 242–250.
17. Лукьянов О.А. К проблеме оценки качества и состояния нарушенных экосистем // Животные в условиях антропогенного ландшафта. Свердловск, 1990. С. 61–69.

18. Гилева Э.А. Эколого—генетический мониторинг с помощью грызунов: (Урал. опыт). Екатеринбург: Изд—во Урал ун—та, 1997. 106 с.

Экологическое нормирование

19. Садыков О.Ф. Экологическое нормирование: проблемы и перспективы // Экология. 1989. № 3. С. 3—11.
20. Садыков О.Ф. Современные проблемы и перспективы прикладной экологии // Развитие идей академика С.С.Шварца в современной экологии. М., 1991. С. 143—213.
21. Безель В.С., Кряжковский Ф.В., Семериков Л.Ф., Смирнов Н.Г. Экологическое нормирование антропогенных нагрузок. I. Общие подходы // Экология. 1992. № 6. С. 3—12.
22. Безель В.С., Кряжковский Ф.В., Семериков Л.Ф., Смирнов Н.Г. Экологическое нормирование антропогенных нагрузок. II. Методология // Экология. 1993. № 1. С. 36—47.
23. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем: (локальный уровень). Екатеринбург: Наука, 1994. 280 с.
24. Vorobeichik E.L. Nonlinearity an Ecosystem Response to Toxic Load: a Fundamental for Environmental Quality Estimation // Environmental indices: Systems Analysis Approach: Intern. Conf. on Indices of Environment Quality, July 7—11, 1997, St. Peterburg, Russia /Eds.: Yu. A. Pykh et al. Oxford: EOLSS Pub. Co. Ltd, 1999. P. 442—454.

**Организменный уровень**

Лишайники

25. Mikhailova I.N., Scheidegger C. Early development of Hypogymnia physodes (L.) Nyl. in response to emissions from a copper smelter // Lichenologist. 2001. Vol. 33, № 6. P. 527—538.
26. Bargagli R., Mikhailova I. Accumulation of inorganic contaminants // Monitoring with Lichens — Monitoring Lichens / Eds.: P.L. Nimis et al. Netherlands: Kluwer Acad. Publ., 2002. P. 65—84.
27. Mikhailova I. Transplanted lichens for bioaccumulation studies // Monitoring with Lichens — Monitoring Lichens / Eds.: P.L. Nimis et al. Netherlands: Kluwer Acad. Publ., 2002. P. 301—304.

28. Williamson B.J., Mikhailova I., Purvis O.W., Udachin V. SEM–EDX analysis in the source apportionment of particulate matter on Hypogymnia physodes lichen transplants around the Cu smelter and former mining town of Karabash, South Urals, Russia // Science of the Total Environment. 2004. Vol.322, Issues 1–3. P.139–154.

#### Микоризные ассоциации

29. Веселкин Д.В. Строение и микоризация корней сеянцев ели и пихты при изменении почвенного субстрата // Лесоведение. 2002. № 3. С. 12-17.
30. Веселкин Д.В. Изменчивость анатомических параметров эктомикоризных окончаний разного строения // Микология и фитопатология. 2003. Т. 37, вып. 1. С. 22-29.
31. Веселкин Д.В. Анатомическое строение эктомикориз *Abies sibirica* Ledeb. и *Picea obovata* Ledeb. в условиях загрязнения лесных экосистем выбросами медеплавильного комбината // Экология. 2004. № 2. С. 90–98.
32. Веселкин Д.В. Влияние загрязнения тяжелыми металлами и сернистым газом на эктомикоризы *Picea obovata* и *Abies sibirica* // Микология и фитопатология. 2004. Т. 38, вып. 1. С. 20–26.

#### Высшие растения

##### *Накопление металлов в организме*

33. Горчаковский П.Л., Никонова Н.Н. Закономерности накопления редких элементов некоторыми высшими растениями и их значение для поисков рудных месторождений // Теоретические вопросы фитоиндикации. Л., 1971. С. 173–179.

34. Никонова Н.Н. Опыт использования фитоиндикации при поиске месторождений редких элементов на Урале // Теоретические вопросы фитоиндикации. Л., 1971. С. 179–183.

35. Хантемиров Р.М. Биоиндикация загрязнения среды в прошлом на основе анализа содержания химических элементов в годичных слоях древесины // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. СПб., 1996. Т. 16. С. 153–164.

##### *Морфофизиологические изменения*

36. Кулагин Ю.З. Газоустойчивость и засухоустойчивость древесных пород // Тр. /УФАН СССР. Ин–т биологии. 1965. Вып. 43. С. 129–132.

37. Мамаев С.А., Мамаева Е.Т. Влияние последствия промышленных отходов на морфологическую изменчивость астры китайской // Охрана природы на Урале. Свердловск, 1966. Вып. 5. С. 165–168.
38. Николаевский В.С. О показателях газоустойчивости древесных растений: (По исследованиям в г. Красноуральске) // Тр. /УФАН СССР. Ин—т биологии. 1963. Вып. 31. С.59–80.
39. Николаевский В.С. Влияние сернистого ангидрида на древесные растения в условиях Свердловской области // Охрана природы на Урале. Свердловск, 1964. Вып. 4. С. 123–132.
40. Николаевский В.С. Некоторые закономерности окислительно—восстановительных процессов у древесных растений в связи с их газоустойчивостью // Тр. /УФАН СССР. Ин—т биологии. 1965. Вып. 43. С.139–146.
41. Николаевский В.С. Влияние сернистого ангидрида на ферментную активность листьев древесных растений // Охрана природы на Урале. Свердловск, 1966. Вып. 5. С. 19–23.
42. Николаевский В.С. Газоустойчивость местных и интродуцированных древесных растений в условиях Свердловской области // Тр. /УФАН СССР. ИЭРиЖ. 1967. Вып. 54. С.85–91.
43. Николаевский В.С. Некоторые особенности повреждаемости сернистым газом проростков сосны обыкновенной // Тр. /УФАН СССР. ИЭРиЖ. 1968. Вып. 62. С.203–207.
44. Николаевский В.С. Активность некоторых ферментов и газоустойчивость древесных растений // Тр. /УФАН СССР. ИЭРиЖ. 1968. Вып. 62. С.208–211.
45. Мамаев С.А., Макаров Н.М. О методе быстрого определения газоустойчивости хвои сосны обыкновенной // Лесоведение. 1976. № 2. С. 80–86.
46. Макаров Н.М. Сезонная динамика газоустойчивости сосны обыкновенной на Урале // Тр. /АН СССР. УНЦ. ИЭРиЖ. 1978. Вып. 116. С. 86–93.
47. Шкарлет О.Д. Влияние промышленного загрязнения атмосферы и почвы на размеры пыльцевых зерен сосны обыкновенной // Экология. 1972. № 1. С. 53–57.

48. Мамаев С.А., Шкарлет О.Д. Индивидуальная изменчивость сосны обыкновенной по газоустойчивости в связи с сохранением хвойных насаждений в условиях техногенных ландшафтов // Тр. /АН СССР. УНЦ. ИЭРиЖ. 1979. Вып. 129. С.58–65.
49. Фарафонов М.Г. Биоиндикаторные свойства хлорофилла в условиях воздействия загрязнений неопределенного состава // Экология. 1991. № 5. С. 76–79.
50. Баженов А.В., Шевнин Ю.А. Оценка степени поражения фотосинтеза сосны обыкновенной аэротехногенными выбросами // Экология. 1994. № 4. С. 89–91.
51. Клепикова Е.А., Безель В.С., Таршис Г.И. Реакция эпидермального комплекса *Betula verrucosa* и *Plantago maior* на токсическое загрязнений среды // Сиб. экол. журн. 2002. Т. 9, № 1. С. 67–70.

#### Рыбы

52. Лугаськова Н.В. Гематологическая характеристика рыб в условиях техногенного загрязнения водоемов Уральского региона // Изучение экологии водных организмов Восточного Урала. Свердловск, 1992. С. 116–127.
53. Лугаськова Н.В., Насыров Р.А. Адаптивные особенности системы крови окуня и линя в условиях загрязнения и эвтрофикации водоемов // Сиб. экол. журн. 2001. Т. 8, № 6. С. 735–739.

#### Амфибии и рептилии

##### *Загрязнение нефтью и детергентами*

54. Пястолова О.А., Данилова М.Н. Рост и развитие *Rana arvalis* Nilss. в условиях имитации нефтяного загрязнения // Экология. 1986. № 4. С. 27–34.
55. Пястолова О.А. Экспериментальное изучение влияния нефти на рост *Bombina orientalis* Boul. // Животные в условиях антропогенного ландшафта. Свердловск, 1990. С. 30–36.
56. Данилова М.Н. Воздействие нефти на амфибий в эксперименте // Животные в условиях антропогенного ландшафта. Свердловск, 1990. С.19–29.
57. Данилова М.Н. Энергетические характеристики личинок и сеголеток остромордой лягушки (*Rana arvalis* Nilss.) при экспериментальном не-

- фтяном загрязнении // Экологическая энергетика позвоночных животных. Екатеринбург, 1993. С. 139–146.
58. Трубецкая Е.А. Экспериментальное исследование эмбриональной и личиночной выживаемости двух видов бурых лягушек в среде, загрязненной детергентами // Экология. 1994. № 3. С. 87–93.
59. Трубецкая Е.А. Влияние детергента на локомоторную активность личинок *Rana arvalis* // Экология. 1996. № 3. С. 234–235.

*Загрязнение тяжелыми металлами*

60. Пястолова О.А., Трубецкая Е.А. Некоторые особенности энергетики метаморфоза *Rana arvalis* Nilss. в техногенном ландшафте // Экологическая энергетика животных. Свердловск, 1988. С. 105–117.
61. Пястолова О.А., Трубецкая Е.А. Некоторые морфологические и цитологические особенности печени сеголеток *Rana arvalis* в условиях техногенного ландшафта // Экология. 1989. № 5. С. 57–63.
62. Гатиятулина Э.З. Митотическая активность покровного эпителия обыкновенной полевки и остромордой лягушки в условиях техногенного загрязнения // Животные в условиях антропогенного ландшафта. Свердловск, 1990. С. 91–99.

Загрязнение на урбанизированных территориях

63. Vershinin V.L. Types of morphological anomalies of urban regions // Amphibian Populations Commonwealth Independent States: Cur. Status and Declines. Moscow, 1995. P. 91–98
64. Вершинин В.Л., Терешин С.Ю. Физиологические показатели амфибий в экосистемах урбанизированных территорий // Экология. 1999. № 4. С. 283–287.
65. Вершинин В.Л., Камкина И.Н. Пролиферативная активность эпителия роговицы и особенности морфогенеза сеголеток *Rana arvalis* Nilss. в условиях урбанизации // Экология. 2001. № 4. С. 297–302.
66. Шкляр Т.Ф., Вершинин В.Л. Влияние урбанизации на сократительную функцию миокарда бурых лягушек // Сиб. экол. журн. 2002. Т. 9, № 6. С. 721–728.
67. Вершинин В.Л. Гемопоз бесхвостых амфибий – специфика адапциогенеза видов в современных экосистемах // Зоол. журн. 2004. Т. 83, № 11. С. 1367–1374.



Птицы

68. Степанова З.Л., Лемешева С.А. Влияние техногенного загрязнения среды на содержание витаминов А, Е и перекисное окисление липидов в печени птенцов мухоловки—пеструшки // Экология. 1993. № 6. С. 77–79.
69. Бельский Е.А., Безель В.С. Птицы // Рассеянные элементы в бореальных лесах / Отв. ред. А. С. Исаев. М., 2004. Гл. 10. С. 274–289.

Млекопитающие

*Накопление металлов в организме*

70. Безель В.С., Садыков О.Ф., Тестов Б.В., Мокроносов А.А. Накопление свинца мышевидными грызунами в природных популяциях // Экология. 1984. № 6. С. 25–31.
71. Мокроносов А.А. Особенности минерального обмена мелких млекопитающих в среде, трансформированной техногенным фтором // Очерки по экологической диагностике. Свердловск, 1991. С. 40–48.
72. Лугаськов А.В., Мокроносов А.А. Анализ распределения техногенных элементов в водоемах промышленной зоны Урала // Очерки по экологической диагностике. Свердловск, 1991. С. 95–100.
73. Микшевич Н.В., Ковальчук Л.А. О механизме конкурентного влияния на накопление экзогенного тяжелого металла в организме животного // Животные в условиях антропогенного ландшафта. Свердловск, 1992. С. 96–101.
74. Ковальчук Л.А., Сатонкина О.А., Тарханова А.Э. Кинетика накопления цинка, меди и кадмия в критических органах мелких млекопитающих в лабораторном эксперименте // Вестн. Урал. гос. мед. акад. 2001. Вып. 9. С. 10–14.
75. Безель В.С., Мухачева С.В. Мелкие млекопитающие в биогеохимических циклах химических элементов // V Всерос. популяц. семинар: Популяция, сообщество, эволюция, 26–30 нояб. 2001 г., г. Казань. Казань, 2002. Ч. 2. С. 32–49.
76. Безель В.С., Бельский Е.А. Мелкие млекопитающие // Рассеянные элементы в бореальных лесах / Отв. ред. А. С. Исаев. М., 2004. Гл. 9. С. 260–273.

*Хромосомные aberrации*

77. Любашевский Н.М., Бахтиярова М.Ф., Рязанова Л.А. Опыт оценки мутагенности природной среды, загрязненной промышленными выбросами // Очерки по экологической диагностике. Свердловск, 1991. С.3–9.
78. Гилева Э.А., Косарева Н.Л., Любашевский Н.М., Бахтиярова М.Ф. Изменчивость частоты хромосомных нарушений, индуцированных антропогенными поллютантами, у домово́й мыши из Гиссарской долины // Экология. 1993. № 1. С. 62–70.
79. Gileva E.A. Chromatid gaps as a marker of mutagenic effect of environmental pollution in commensal and wild rodents of the Urals // Цитология и генетика. 2002. Т. 36, № 4. С. 17–23.

*Морфофизиологические изменения*

80. Степанова З.Л., Садыков О.Ф. О микросомальном окислении в печени грызунов, обитающих в окрестностях медеплавильного комбината // Экология. 1986. №2. С.78–80.
81. Ковальчук Л.А., Микшевич Н.В. Энергетический обмен мелких млекопитающих в зоне действия выбросов медеплавильного комбината // Экология. 1988. № 4. С. 86–88.
82. Ковальчук Л.А., Сатонкина О.А., Тарханова А.Э. Тяжелые металлы в окружающей среде Среднего Урала и их влияние на организм // Экология. 2002. № 5. С. 358–361.
83. Черноусова Н.Ф. Влияние выбросов медеплавильного комбината на эколого–физиологические признаки обыкновенной полевки // Животные в условиях антропогенного ландшафта. Свердловск, 1990. С. 70–82.
84. Чибирик М.В. Использование холодового стресса для оценки состояния популяций техногенно загрязненных территорий // Очерки по экологической диагностике. Свердловск, 1991. С. 49–54.
85. Шейко Л.Д., Мамина В.П. Действие шестивалентного хрома на сперматогенный эпителий и процессы перекисного окисления липидов в гонадах лабораторных животных // Гигиена и санитария. 1997. № 5. С. 30–33.

## Популяционный уровень

### Лишайники

86. Михайлова И.Н., Воробейчик Е.Л. Размерная и возрастная структура популяций эпифитного лишайника *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. в условиях атмосферного загрязнения // Экология. 1999. № 2. С. 130–137.
87. Mikhailova I. Vegetative reproduction of *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. under conditions of air pollution // Progress and problems in Lichenology at the turn of the Millennium – IAL 4 / Eds.: X. Llimona et al. Berlin; Stuttgart, 2002. P. 234–249. (Bibliotheca Lichenologica; Vol. 82).
88. Михайлова И.Н. Популяционная биология лишайников: Проблемы и перспективы // Методы популяционной биологии: Материалы докл. VII всерос. популяц. семинара. Сыктывкар, 2004. Ч. 2. С. 96–101.

### Высшие растения

89. Хантемирова Е.В. Структура ценопопуляций горца змеинового в условиях техногенного загрязнения // Экология. 1996. № 4. С. 307–309.
90. Семериков Л.Ф., Завьялова Н.С. Влияние нефтяных загрязнений на изменчивость популяций канареечника тростниковидного (*Phalaroides arundinacea*) // Экология. 1990. № 2. С. 31–34.
91. Трубина М.Р., Махнев А.К. Возрастная структура травянистых растений в условиях стресса на примере *Crepis tectorum* L. // Экология. 1999. № 2. С. 116–120.
92. Безель В.С., Жуйкова Т.В., Позолотина В.Н. Структура ценопопуляций одуванчика и специфика накопления тяжелых металлов // Экология. 1998. № 5. С. 376–382.
93. Жуйкова Т.В., Позолотина В.Н., Безель В.С. Разные стратегии адаптации растений к токсическому загрязнению среды тяжелыми металлами: (На прим. *Taraxacum officinale* s.l.) // Экология. 1999. № 3. С. 189–196.
94. Безель В.С., Позолотина В.Н., Бельский Е.А., Жуйкова Т.В. Изменчивость популяционных параметров: Адаптация к токсическим факторам среды // Экология. 2001. № 6. С. 447–453.
95. Позолотина В.Н., Безель В.С., Жуйкова Т.В. Механизмы адаптации к техногенному стрессу в ценопопуляциях растений (*Taraxacum officinale* s. l.) // Докл. Акад. наук. 2000. Т. 371, № 4. С. 565–568.

96. Жу́йкова Т.В., Безель В.С., Позолотина В.Н. Демографическая структура *Taraxacum officinale* s. l. в условиях химического загрязнения среды // Ботан. журн. 2001. Т. 86, № 8. С. 103–111.
97. Жу́йкова Т.В., Безель В.С., Позолотина В.Н., Северюхина О.А. Репродуктивные возможности растений в градиенте химического загрязнения среды // Экология. 2002. № 6. С. 432–437.
98. Веселкин Д.В. Снижение длины поглощающих корней пихты сибирской и ели сибирской в условиях загрязнения тяжелыми металлами и SO<sub>2</sub> // Лесоведение. 2003. № 3. С. 65–68.
99. Веселкин Д.В. Изменение численности всходов и подроста *Picea obovata* Ledeb. и *Abies sibirica* Ledeb. в темнохвойных южно–таежных лесах в условиях загрязнения выбросами Среднеуральского медеплавильного завода: (Свердл. обл.) // Раст. ресурсы. 2004. Т. 40, вып. 1. С. 28–38.

#### Беспозвоночные

100. Некрасова Л.С. Морфологическая изменчивость имаго кровососущих комаров на техногенных территориях Южного Урала // Экология. 1997. № 2. С. 121–125.
101. Некрасова Л.С. Развитие личинок кровососущих комаров рода *Aedes* на техногенных территориях Южного Урала // Экология. 1995. № 5. С. 400–403.

#### Амфибии и рептилии

102. Вершинин В.Л. Обыкновенный тритон (*Triturus vulgaris* (L.)) в экосистемах города // Экология. 1996. № 2. С. 137–141.
103. Vershinin V.L. Ecological specificity and microevolution in amphibian populations in urbanized areas // Ecological specificity amphibian populations / Ed. S.L. Kuzmin. Sofia; Moscow, 2002. P. 1–161. (Advances in amphibian research in the former Soviet Union; Vol. 7).
104. Вершинин В.Л. Встречаемость депигментации радужины в городских популяциях остромордой лягушки // Экология. 2004. № 1. С. 69–73.
105. Вершинин В.Л. Морфа *striata* и ее роль в путях адаптациогенеза *Rana* в современной биосфере // Докл. Рос. акад. наук. 2004. Т. 396, № 2. С. 280–282.

- 106.Вершинин В.Л. О роли внутривидового полиморфизма в процессах адаптации и микроэволюции в современной биосфере // Фундаментальные и прикладные проблемы популяционной биологии: Материалы VI Всерос. популяц. семинара. Н.Тагил, 2004. С. 24–28.

#### Птицы

- 107.Безель В.С., Бельский Е.А. Репродуктивные показатели птиц—дуплогнезников в условиях техногенного загрязнения среды обитания // Докл. Рос. акад. наук. 1994. Т. 338, № 4. С. 555–557.
- 108.Бельский Е.А., Безель В.С., Поленц Э.А. Ранние стадии гнездового периода птиц—дуплогнезников в условиях техногенного загрязнения // Экология. 1995. № 1. С. 46–52.
- 109.Бельский Е.А., Безель В.С., Ляхов А.Г. Характеристика репродуктивных показателей птиц—дуплогнезников в условиях техногенного загрязнения // Экология. 1995. № 2. С. 146–152.
- 110.Безель В.С., Бельский Е.А., Мухачева С.В. К проблеме вариабельности показателей воспроизводства в популяциях животных при токсическом загрязнении среды обитания // Экология. 1998. № 3. С. 217–223.

#### Млекопитающие

- 111.Безель В.С. О возможности популяционных оценок токсического действия тяжелых металлов // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л., 1982. Т. 5. С. 19–24.
- 112.Безель В.С., Оленев Г.В. Внутривидовая структура грызунов в условиях техногенного загрязнения среды обитания // Экология. 1989. № 3. С. 40–45.
- 113.Лукьянова Л.Е., Пястолова О.А., Лукьянов О.А., Микшевич Н.В. Изучение популяций мелких млекопитающих в условиях техногенного воздействия // Экология. 1990. № 2. С. 53–61.
- 114.Лукьянова Л.Е., Лукьянов О.А. Особенности демографической структуры населения рыжей полевки в условиях техногенного воздействия // Животные в условиях антропогенного ландшафта. Свердловск, 1992. С. 66–77.
- 115.Лукьянова Л.Е., Лукьянов О.А. Характеристика обилия и пространственной структуры населения рыжей полевки на техногенных террито-

- риях // Животные в условиях антропогенного ландшафта. Свердловск, 1992. С. 85–95.
116. Безель В.С., Мухачева С.В. Характер репродуктивных потерь в популяциях рыжих полевков при токсическом загрязнении среды обитания // Докл. Рос. акад. наук. 1995. Т. 345, № 1. С. 135–137.
117. Мухачева С.В., Безель В.С. Уровни токсических элементов и функциональная структура популяций мелких млекопитающих в условиях техногенного загрязнения: (На прим. рыжей полевки) // Экология. 1995. № 3. С. 237–240.
118. Мухачева С.В., Лукьянов О.А. Миграционная подвижность населения рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*, Schreber 1780) в градиенте техногенных факторов // Экология. 1997. № 1. С. 34–39.
119. Мухачева С.В. Воспроизводство населения рыжей полевки, *Clethrionomys glareolus* (Rodentia, Cricetidae), в градиенте техногенного загрязнения среды обитания // Зоол. журн. 2001. Т. 80, № 12. С. 1509–1517.
120. Лукьянова Л.Е., Лукьянов О.А. Реакция сообществ и популяций мелких млекопитающих на техногенные воздействия. 2. Популяции (рыжая полевка как модель) // Успехи соврем. биологии. 1998. Т. 118, вып. 6. С. 693 – 706.
121. Lukyanova L.E., Lukyanov O.A., Bolshakov V.N. Populations of the bank vole in an industrial environment: Demography and population numbers consequences // Polish Journal of Ecology. 2000. Vol. 48, Suppl. P. 133–139.

### Уровень сообщества

#### Водоросли

122. Неганова Л.Б., Шилова И.И., Штина Э.А. Альгофлора техногенных песков нефтегазодобывающих районов Среднего Приобья и влияние на нее нефтяного загрязнения // Экология. 1978. № 3. С. 29–35.
123. Кабиров Р.Р., Шилова И.И. Сообщества почвенных водорослей на территории промышленных предприятий // Экология. 1994. № 6. С. 16–20.

Грибы

124. Брындина Е.В. Действие выбросов медеплавильного завода на сообщества ксилотрофных базидиомицетов южной тайги // Сиб. экол. журн. 2000. Т. 7, № 6. С. 679–684.
125. Ставищенко И.В., Залесов С.В., Луганский Н.А., Кряжевских Н.А., Морозов А.Е. Состояние сообществ дереворазрушающих грибов в районе нефтегазодобычи // Экология. 2002. № 3. С. 175–184.

Лишайники

126. Михайлова И.Н., Воробейчик Е.Л. Эпифитные лишайносингузии в условиях химического загрязнения: зависимости доза—эффект // Экология. 1995. № 6. С. 455–460.
127. Vorobeichik E., Mikhailova I. Estimation of critical levels of air pollution (metals) on the basis of field study of epiphytic lichen communities // Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens / Eds.: P.L. Nimis et al. Netherlands: Kluwer Acad. Publ., 2002. P. 317–321.

Высшие растения

128. Кулагин Ю.З. Об устойчивости древесно—кустарниковых пород к действию магнезитовой пыли в районе г. Сатка // Тр. /УФАН СССР. Ин—т биологии. 1961. Вып. 25. С. 131–138.
129. Кулагин Ю.З. Дымовые отходы завода «Магнезит» и динамика лесов зеленой зоны г. Сатки: (Юж. Урал) // Охрана природы на Урале. Свердловск, 1964. Вып. 4. С. 175–187.
130. Лукьянец А.И. Состояние загазованных лесов в районе городов Верхнего Тагила и Кировграда // Популяционные и биогеоценологические исследования в горных темнохвойных лесах Среднего Урала. Свердловск, 1979. С. 147–165.
131. Махнев А.К., Любашевский Н.М. О закономерностях динамики лесных биогеоценозов в районе функционирования предприятий цветной металлургии // Динамика лесных фитоценозов и экология насекомых вредителей в условиях антропогенного воздействия. Свердловск, 1991. С. 5–14.
132. Махнев А.К., Трубина М.Р., Прямоносова С.А. Лесная растительность в окрестностях предприятий цветной металлургии // Естествен-

- ная растительность промышленных и урбанизированных территорий Урала. Свердловск, 1990. С.340.
133. Воробейчик Е.Л., Хантемирова Е.В. Реакция лесных фитоценозов на техногенное загрязнение: зависимости доза—эффект // Экология. 1994. № 3. С. 31—43.
134. Ivshin A.P., Shiyatov S.G. The assessment of subtundra forests degradation by dendrochronological methods in the Norilsk industrial area // Dendrochronologia. 1995. Vol. 13. P. 113-126.
135. Гольдберг И.Л. Изменение мохового покрова южнотаежных темнохвойных лесов в условиях техногенного загрязнения // Экология. 1997. № 6. С. 468—470.
136. Трубина М.Р., Махнев А.К. Динамика напочвенного покрова лесных фитоценозов в условиях хронического загрязнения фтором // Экология. 1997. № 2. С.90—95.

#### Беспозвоночные

137. Некрасова Л.С. Изучение почвенной мезофауны в районе нефтяного загрязнения Среднего Приобья // Животные в условиях антропогенного ландшафта. Свердловск, 1990. С. 37—48.
138. Некрасова Л.С. Влияние выбросов медеплавильного производства на беспозвоночных животных // Биоиндикация наземных экосистем. Свердловск, 1990. С. 31—49.
139. Некрасова Л.С., Сердюк С.Д. О распределении проволочников в зоне влияния Карабашского медеплавильного комбината // Животные в условиях антропогенного ландшафта. Свердловск, 1992. С. 50—53.
140. Некрасова Л.С. Влияние медеплавильного производства на почвенную мезофауну // Экология. 1993. № 5. С. 83—85.
141. Воробейчик Е.Л. Население дождевых червей (Lumbricidae) лесов Среднего Урала в условиях загрязнения выбросами медеплавильных комбинатов // Экология. 1998. № 2. С. 102—108.
142. Ермаков А.И. Изменение структуры населения жужелиц лесных экосистем под действием токсической нагрузки // Экология. 2004. № 6. С. 450—455.



Птицы

143. Бельский Е.А., Ляхов А.Г. Реакции населения птиц южной тайги Среднего Урала на техногенное загрязнение среды обитания // Экология. 2003. № 3. С. 200–207.
144. Бельский Е.А., Ляхов А.Г., Коровин В.А., Вурдова И.Ф. Сообщества птиц, заселяющих искусственные гнездовья, в градиенте природных и антропогенных экологических факторов на Среднем Урале // Сиб. экол. журн. 2002. Т. 9, № 4. С. 417–423.

Млекопитающие

145. Черноусова Н.Ф. К оценке влияния промышленных выбросов на мелких млекопитающих // Животные в условиях антропогенного ландшафта. Свердловск, 1990. С. 83–90.
146. Лукьянова Л.Е. Изучение экологических параметров мелких млекопитающих техногенных зон // Животные в условиях антропогенного ландшафта. Свердловск, 1990. С. 55–60.
147. Лукьянова Л.Е., Лукьянов О.А., Пястолова О.А. Трансформация сообществ мелких млекопитающих под воздействием техногенных факторов: (На прим. таеж. зоны Сред. Урала) // Экология. 1994. № 3. С. 69–76.
148. Лукьянова Л.Е., Лукьянов О.А. Реакция сообществ и популяций мелких млекопитающих на техногенные воздействия. I. Сообщества // Успехи соврем. биологии. 1998. Т. 118, вып. 5. С. 613–622.

**Экосистемный уровень**

Накопление тяжелых металлов в компонентах биоты,  
биогеохимические циклы элементов

149. Безель В.С., Андрияшкин Ю.Г., Коршун М.Н., Скрипник В.А. К вопросу оценки последствий загрязнений водных экосистем промышленными выбросами ртути // Количественные методы в экологии позвоночных. Свердловск, 1983. С. 141–157.
150. Безель В.С. Некоторые подходы к экологическому прогнозированию последствий загрязнения наземных экосистем тяжелыми металлами // Экология. 1982. № 5. С. 65–71.

151. Шилова И.И., Махнев А.К., Лукьянец А.И. Геохимическая трансформация почв и растительности в районах функционирования предприятий цветной металлургии // Экологические аспекты оптимизации техногенных ландшафтов. Свердловск, 1984. С. 14–35.
152. Любашевский Н.М., Садыков О.Ф., Попов Б.В. и др. Техногенный фтор в лесных экосистемах Урала // Биохимическая экология и медицина. Свердловск, 1985. Вып. 2. С. 234–272.
153. Садыков О.Ф., Любашевский Н.М., Богачева И.А., Троценко Г.В., Попов Б.В. Некоторые экологические последствия техногенных выбросов фтора // Проблемы антропогенного воздействия на окружающую среду. М., 1985. С. 43–53.
154. Воробейчик Е.Л., Позолотина В.Н. Микромасштабное пространственное варьирование фитотоксичности лесной подстилки // Экология. 2003. № 6. С. 420–427.
155. Безель В.С., Бельский Е.А., Ермаков А.И., Ракитина Л.В. Тяжелые металлы в трофических цепях лесных экосистем Среднего Урала: (Экотоксикол. аспект) // Урал. Радиация. Реабилитация. Екатеринбург, 2004. С. 315–339.

#### Почвы

156. Кайгородова С.Ю., Воробейчик Е.Л. Трансформация некоторых свойств серых лесных почв под действием выбросов медеплавильного комбината // Экология. 1996. № 3. С. 187–193.
157. Прокопович Е.В., Кайгородова С.Ю. Трансформация гумусного состояния почв под действием выбросов Среднеуральского медеплавильного завода // Экология. 1999. № 5. С. 375–378.
158. Веселкин Д.В. Распределение тонких корней хвойных деревьев по почвенному профилю в условиях загрязнения выбросами медеплавильного производства // Экология. 2002. № 4. С. 250–253.
159. Мещеряков П.В., Прокопович Е.В. Экологические условия формирования гумусовых веществ в зоне влияния СУМЗа // Экология. 2003. № 4. С. 314–317.

Деструкционные процессы

160. Воробейчик Е.Л. Изменение интенсивности деструкции целлюлозы под воздействием техногенной нагрузки // Экология. 1991. № 6. С. 73–76.
161. Воробейчик Е.Л. Изменение мощности лесной подстилки в условиях химического загрязнения // Экология. 1995. № 4. С. 278–284.
162. Воробейчик Е.Л. К методике измерения мощности лесной подстилки для целей диагностики техногенных нарушений экосистем // Экология. 1997. № 4. С. 263–267.
163. Воробейчик Е.Л. Изменение пространственной структуры деструкционного процесса в условиях атмосферного загрязнения лесных экосистем // Изв. Рос. акад. наук. Сер. биол. 2002. № 3. С. 368–379.
164. Воробейчик Е.Л. Реакция лесной подстилки и ее связь с почвенной биотой при токсическом загрязнении // Лесоведение. 2003. № 2. С. 32–42.
165. Брындина Е.В. Разложение древесины ксилотрофными базидиомицетами в условиях техногенной нагрузки // Экология процессов биологического разложения древесины. Екатеринбург, 2000. С. 31–41.

