

THE MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION
DEPARTMENT OF EARTH SCIENCES OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
NORTHERN WATER PROBLEMS INSTITUTE OF THE KARELIAN RESEARCH
CENTRE
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
THE INSTITUTE OF LYMNOLOGY OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN
RESEARCH INSTITUTE FOR PROBLEMS OF ECOLOGY AND MINERAL WEALTH
USE OF TATARSTAN ACADEMY OF SCIENCES
THE MINISTRY OF ECOLOGY AND NATURAL RESOURCES O
F THE REPUBLIC OF TATARSTAN
VOLGA-KAMA STATE NATURAL BIOSPHERE RESERVE
BRANCH OF THE RUSSIAN GEOGRAPHICAL SOCIETY
IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN
REPUBLICAN SOCIAL MOVEMENT "TATARSTAN - A NEW CENTURY"
UNESCO CHAIR «APPLICATION OF THE FUNDAMENTAL PRINCIPLES OF THE
EARTH CHARTER TO CREATE A SUSTAINABLE COMMUNITY»

LAKES OF EURASIA: PROBLEMS AND SOLUTIONS

**PROCEEDING
II INTERNATIONAL CONFERENCE
May 19-24, 2019**

Part 2

KAZAN
2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ СЕВЕРА КарНЦ РАН
ИНСТИТУТ ОЗЕРОВЕДЕНИЯ РАН
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ АН РТ
МИНИСТЕРСТВО ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ВОЛЖСКО-КАМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ БИОСФЕРНЫЙ
ЗАПОВЕДНИК
ОТДЕЛЕНИЕ РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА
В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН
РЕСПУБЛИКАНСКОЕ ОБЩЕСТВЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ
«ТАТАРСТАН - НОВЫЙ ВЕК» – «ТАТАРСТАН - Я҆ДА ГАСЫР»
КАФЕДРА ЮНЕСКО «РАЗВИТИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ПРИНЦИПОВ ХАРТИИ
ЗЕМЛИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УСТОЙЧИВОГО СООБЩЕСТВА»

ОЗЕРА ЕВРАЗИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

**МАТЕРИАЛЫ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
19 – 24 мая 2019 г.**

Часть 2

**КАЗАНЬ
2019**

УДК 556.55(4/5)(063)

ББК 26.222.6

О-46

Редакционная коллегия

Р.Р. Шагидуллин, Н.Н. Филатов, Ш.Р. Поздняков, Д.В. Иванов

Рецензент

Академик РАН В.А. Румянцев

Озера Евразии: проблемы и пути их решения. Материалы II Международной конференции (19–24 мая 2019 г.). – Казань: Издательство Академии наук РТ, 2019. – Ч. 2. – 378 с.

ISBN 978-5-9690-0527-3

В книге представлены результаты теоретических исследований, практического использования, охраны и управления ресурсами озер Евразии. Рассмотрены Великие озера Евразии: Байкал, Ладожское, Онежское, Телецкое, Чаны, Улянсухэй и разнообразные озера Арктики и субарктики, borealльной и аридной зон. Основной акцент при организации конференции и подготовке сборника был сделан на то, чтобы рассмотреть наиболее актуальные вопросы лимнологии и возможные пути решения теоретических и практических проблем озер на обширной территории Евразии с учетом необходимости развития тесного международного сотрудничества. Важной задачей конференции является консолидация ученых разных стран Евразии, БРИКСа для получения новых научных знаний, объединение усилий для решения практических проблем трансграничных озерно-речных систем, обоснования возможного перераспределения водных ресурсов, обоснование рационального использования и охраны озер Евразии.

This volume of collected papers was compiled of the proceedings of the II International Conference «Lakes of Eurasia: Problems and Solutions», Kazan, 19-24.05.2019. The volume presents the results of theoretical studies, practical use, conservation and resource management of various lakes of Eurasia. Great Eurasian lakes (Baikal, Ladoga, Onego, Teletskoye, Chany, Wuliangsuhai) and diverse lakes of the arctic and subarctic regions, the boreal and arid zones are considered. The key idea in organizing the conference and preparing these proceedings was to address the most pressing issues of limnology and offer potential solutions for theoretical and practical problems of lakes in the vast territory of Eurasia, keeping in mind the need for close international cooperation. An important mission for the 1st conference is to consolidate the efforts of scientists from different Eurasian and BRICS countries in obtaining new knowledge and handling the real problems of transboundary lake-river systems, substantiating possible redistributions of water resources, sustainable management and conservation of Eurasian lakes.

Издание материалов осуществлено при финансовой поддержке Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан.

ISBN 978-5-9690-0527-3

© Авторы докладов, 2019

© Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, 2019

© Министерство экологии и природных ресурсов РТ, 2019

Иванов Д.В., Паймикина Э.Е., Законнов В.В. Распределение органического вещества и биогенных элементов в основных типах донных отложений Куйбышевского водохранилища на территории РТ // XVI Междунар. конф. «Химия и инженерная экология» / Сб. докладов. Казань: Изд-во «Фолиант», 2016. С. 154–157.

Мартынова М.В. Процессы трансформации соединений азота в донных отложениях озер и водохранилищ // Водные ресурсы. 1983. № 6. С. 167–172.

Мартынова М.В. Продукционно-деструкционные процессы и аккумуляция веществ на дне озер и водохранилищ // Водные ресурсы. 2006. Т.33, №6. С. 721–727.

Мартынова М.В. Донные отложения как составляющая лимнических систем М.: Наука, 2010. 243 с.

BIOGENIC ELEMENTS CYCLES INDICATORS IN LAKES OF THE CHUVASH REPUBLIC
E.V. Osmelkin, D.V. Ivanov

Spatial mechanisms and long-standing trends of organic matter and biogenic elements (C, N, P) accumulation in bottom sediments were revealed. The method of biogenic load assessment based on data of intake indicators and of the substances concentration in bottom sediments was developed. The carbon, nitrogen and phosphorus accumulation rates in bottom sediments in lakes of the Chuvash Republic were calculated.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ ПЛУТОНИЯ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СОЛЕНЫХ ОЗЕР КРЫМА В 2016-2018 гг.

¹А.А. Паракив, ¹Н.Н. Терещенко, ²А.В. Трапезников, ¹В.Ю. Проскурин,
²А.П. Платаев, ¹О.Д. Чужикова-Проскуриной

¹Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН

²Институт экологии растений и животных УрО РАН

Проведено обобщение трехлетнего изучения антропогенных радиоизотопов плутония в донных отложениях 10 соленых озер Крыма. Установлено, что в гиперсоленых озерах плутоний накапливается сильнее в илистых донных отложениях, чем в песчаных. Изучено вертикальное распределение изотопов ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, отношение активностей $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ и оценены запасы $^{239+240}\text{Pu}$ в илах донных отложений четырех водоемов из различных географических групп соленых озер Крыма.

Соленые озера расположены на Крымском полуострове, как правило, группами вдоль Азово-Черноморского побережья. Всего насчитывают около трехсот водоемов, среди них выделяют по происхождению две большие группы: континентальные и морские. Известно, что с конца XIX столетия многие соленые озера Крыма использовали как источник сырья для химической промышленности и в качестве оздоровительных объектов. В современный период существует ряд проблем по сохранению, восстановлению и использованию этих водоемов как ценного хозяйственного и рекреационного ресурса, и как уникальных природных экосистем [Пасынков и др., 2014; Соцкова и др., 2015].

Во второй половине XX столетия Азово-Черноморский бассейн, а также территория Крымского полуострова, подверглись радиоактивному загрязнению, основными источниками которого были глобальные радиоактивные выпадения и авария на Чернобыльской АЭС [Поликарпов и др., 2008]. На современном этапе к основным дозообразующим техногенным радионуклидам относят радиоизотопы со средними периодами полураспада ($T_{1/2}$): ^{90}Sr – 29,1 лет и ^{137}Cs – 30,2 года, а так же долгоживущие радионуклиды ^{239}Pu и ^{240}Pu (с $T_{1/2} \approx$ 29400 и 6400 лет, соответственно) [Плутоний ..., 2003; Поликарпов и др., 2008]. Вследствие больших периодов полураспада уровни содержания указанных выше изотопов плутония значимо не снижаются за счет радиоактивного распада в компонентах экосистем, а лишь перераспределяются и накапливаются от инцидента к инциденту.

Основным депо радионуклидов плутония в морских и пресноводных экосистемах служат донные осадки [Поликарпов и др., 2008; Трапезников, 2010]. Изучение содержания техногенных радионуклидов в Черном и Азовском море проводилось много лет и продолжается до сих пор [Матищов Д., Матищов Г., 2001; Поликарпов и др., 2008; Tereshchenko et al., 2018a], в то время как радиоэкологическое состояние соленых озер Крыма не исследовали. Так как именно донные отложения (используемые в качестве лечебных грязей в бальнеологических санаториях и при стихийном туризме) являются одним из важнейших ресурсов соленых озер, в 2016-2018 гг. нами было выполнено изучение современных уровней долгоживущих радионуклидов плутония в донных осадках озерных экосистем [Параскев и др., 2018; Tereshchenko et al., 2018b].

Целью работы было изучение и анализ содержания радионуклидов плутония в поверхностном слое донных отложений, исследование вертикального распределения ^{238}Pu и $^{239+240}\text{Pu}$ и оценка запасов $^{239+240}\text{Pu}$ в донных осадках соленых озер Крыма.

Отбор проб проводили в сухопутных экспедициях 2016-2018 гг. в 10 озерах из различных географических групп (рис. 1). Пробы поверхностного (0-5 см) слоя донных осадков отбирали широкой акриловой трубкой (диаметр 120 мм). Керны донных осадков были отобраны в одном из озер из каждой географической группы, при помощи грунтовой акриловой трубы диаметром 58 мм с вакуумным затвором. Высота кернов достигала 30 см, для дальнейших исследований их нарезали на слои по 5 см. Для количественного определения плутония в пробы донных осадков, предварительно озоленных в муфельной печи, вносили радиоактивный трассер ^{242}Pu , и подвергали пробы радиохимической обработке для очистки и выделения плутония. Далее методом электроосаждения плутония на стальные диски готовили счетные образцы для альфа-спектрометрии [Tereshchenko et al., 2018b]. Измерения проводили на альфа-спектрометрическом комплексе фирмы «ORTEC» в Институте экологии растений и животных Уральского отделения РАН. Из кислотных растворов проб измеряли 239 , ^{240}Pu на масс-спектрометре «PlasmaQuant MS Elite». Результаты измерений по определению концентрации активности ^{238}Pu и $^{239+240}\text{Pu}$ в донных осадках представлены в мБк/кг или Бк/кг сухой массы, ошибка определения не превышала 25%.

На основе общепринятого метода радиоизотопной геохронологической датировки, который базируется на рассмотрении вертикального распределения $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{238}Pu , а также вертикального профиля отношения концентраций активности радионуклидов $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ [Поликарпов и др., 2008] была проведена оценка вклада двух основных источников в поступление изучаемых нуклидов в озерные экосистемы.

Результаты определения $^{239+240}\text{Pu}$ в поверхностном 0-5 см слое донных отложений соленых озер приведены на рисунке 1.

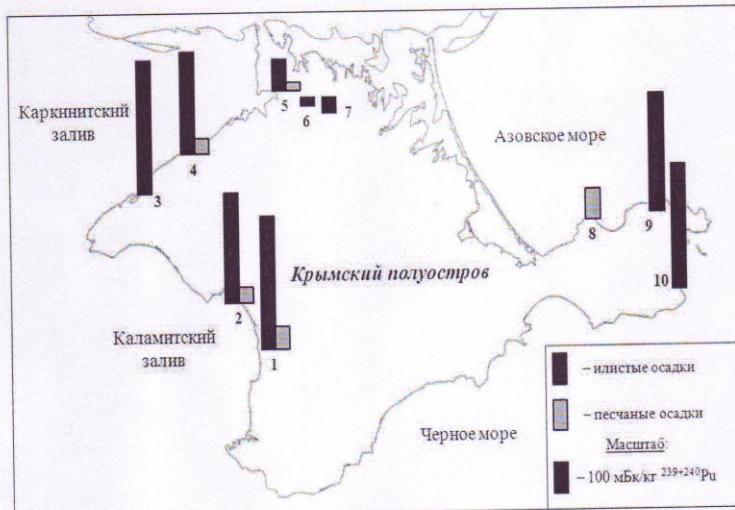


Рис.1. Концентрация активности $^{239+240}\text{Pu}$ (мБк/кг) в поверхностном слое 0–5 см донных отложений соленых озер Крыма: Евпаторийская группа: 1 – оз. Кызыл-Яр и 2 – оз. Сасык-Сиваш; Тарханкутская группа: 3 – оз. Джарылгач и 4 – оз. Бакальское; Перекопская группа: 5 – оз. Красное, 6 – оз. Киятское и 7 – оз. Кирлеутское; Керченская группа: 8 – оз. Акташское, 9 – оз. Чокракское и 10 – оз. Тобечикское

Исследованные осадки отличались по гранулометрическому составу. Среднее значение концентрации активности $^{239+240}\text{Pu}$ для иловых донных отложений было равно 272 мБк/кг. В песчаных осадках среднее значение концентрации активности составляло 59 мБк/кг. Это говорит о том, что и в гиперсоленных (соленость достигает 330‰) водоемах радионуклиды плутония, так же как в морских и в пресноводных, депонировались преимущественно в иловых донных отложениях.

Наименьшие уровни $^{239+240}\text{Pu}$ (24–90 мБк/кг) в поверхностном слое наблюдали в группе озер континентального происхождения – Перекопской, у которой связь с морем отсутствует. В озерах остальных групп (морского происхождения) определены близкие значения $^{239+240}\text{Pu}$ в исследуемом слое 0–5 см илистых осадков (313–425 мБк/кг) (рис.1).

Распределение ^{238}Pu и $^{239+240}\text{Pu}$ в вертикальных кернах донных отложений изучали в озерах Сасык-Сиваш, Джарылгач, Кирлеутское, и Чокракское (рис. 2). Для каждого озера характерны индивидуальные особенности вертикального распределения изучаемых радионуклидов. Так, в осадках оз. Сасык-Сиваш (рис. 2а) на глубине 10–15 см были обнаружены максимальные значения концентрации активности $^{239+240}\text{Pu}$ среди всех соленых озер Крыма – 2,05 Бк/кг. В целом, данные радиоизотопы были распределены до глубины 27 см. Прослеживался характерный максимум концентрации активности $^{239+240}\text{Pu}$ и в осадках оз. Кирлеутское – 1,01 Бк/кг на глубине 20–25 см (рис. 2б). На глубине 28–32 см значения снижались до 0,07 Бк/кг.

Совершенно другая картина наблюдалась в оз. Джарылгач, где радионуклиды $^{239+240}\text{Pu}$ были обнаружены лишь до глубины 15 см (рис. 2б). Это можно объяснить более низкой скоростью осадконакопления в данном озере, куда впадает малое количество рек и балок, а

преобладающую роль в его питании играют пресные подземные источники и морские воды [Лисовский и др., 2004]. В оз. Чокракское, напротив, поступает большое количество аллохтонного взвешенного вещества, так как в него впадает две реки и несколько балок [Лисовский и др., 2004]. В связи с этим скорость осадконакопления могла быть более высокой, а поступление радионуклидов с аллохтонной взвесью более пролонгированным, не исключено также влияние перемешивания осадков вследствие мелководья и стихийного туризма, что обусловило равномерный тип распределения $^{239+240}\text{Pu}$ в вертикальном профиле в слое 8-30 см осадка (рис. 2г). Максимальные значения здесь составляли порядка 0,8 Бк/кг.

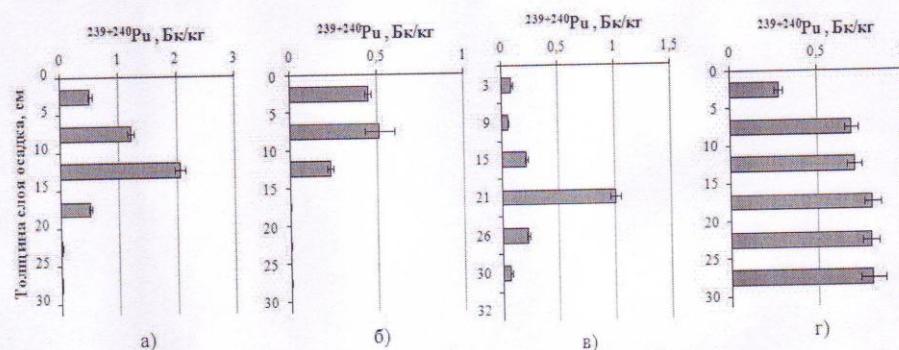


Рис. 2. Профили вертикального распределения концентрации активности радионуклидов $^{239+240}\text{Pu}$ в донных отложениях оз. Сасык-Сиваш (а),
Джарылгач (б), Кирлеутское (в) и Чокракское (г)

Оценка вклада двух основных источников поступления радиоизотопов плутония в экосистемы соленых озер выполнена на примере оз. Сасык-Сиваш (рис. 3). Известно, что отношение активностей $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ в глобальных и чернобыльских выпадениях отличались на порядок величин: 0,03 и 0,45, соответственно [Поликарпов и др., 2008].

Анализ профиля распределения $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ в оз. Сасык-Сиваш дает основание полагать, что радионуклиды плутония чернобыльского происхождения были сосредоточены в верхнем 0-7,5 см слое, где данное отношение выше 0,03. Максимальные значения $^{239+240}\text{Pu}$ в нижележащих слоях обусловлены глобальными выпадениями. Такие выводы согласуются с ранее полученными результатами в черноморском регионе, которые показали, что плотность выпадений радионуклидов плутония в результате глобальных выпадений гораздо выше, чем в результате чернобыльских [Поликарпов и др., 2008]. При этом доля ^{238}Pu в чернобыльских выпадениях была более чем на порядок выше, чем в глобальных радиоактивных выпадениях, что привело к тому, что увеличение концентрации активности ^{238}Pu было более выражено на вертикальном профиле ^{238}Pu в слое около 5 см глубины осадка. Прирост же $^{239+240}\text{Pu}$ в этом слое не превышал ошибку определения концентрации активности $^{239+240}\text{Pu}$ в осадках (рис. 3а, б).

Запасы $^{239+240}\text{Pu}$ в слое 0-30 см в илах озер Сасык-Сиваш и Чокракское составили 195,6 и 143,5, в оз. Кирлеутское – 87,8, а в оз. Джарылгач – 82,4 Бк/м².

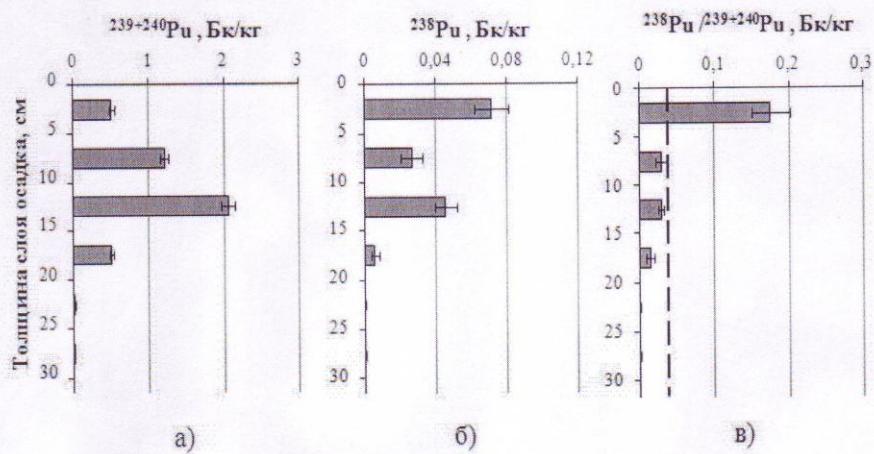


Рис. 3. Профиль вертикального распределения концентрации активности радионуклидов $^{239+240}\text{Pu}$ (а), ^{238}Pu (б) и отношения активностей $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ в донных отложениях оз. Сасык-Сиваш (вертикальная штриховая линия – средний уровень $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ в глобальных выпадениях)

Установлено, что концентрация активности в 0-5 см слое варьировала в пределах 313-425 в илистых и 49-96 в песчаных осадках в озерах морского происхождения, а в озерах континентального происхождения (Перекопская группа) составляла 24-90 мБк/кг. Максимальный уровень $^{239+240}\text{Pu}$ обнаружен в слое 10-15 см в оз. Сасык-Сиваш. Исследование показало, что в гиперсоленных озерах плутоний имеет тенденцию преимущественно накапливаться в илистых донных осадках, также как в морских и пресноводных водоемах. Изучение вертикального распределения ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ и $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ показало, что плотность выпадений радионуклидов плутония от глобальных испытаний гораздо выше, чем в результате чернобыльской аварии; также показано наличие индивидуальной истории и интенсивности поступления плутония в разные озера. Запасы $^{239+240}\text{Pu}$ в илах в соленых озерах Крыма к 2018 г. составляли 82,4-195,6 $\text{Бк}/\text{м}^2$.

Исследования выполнены по теме государственного задания ФГБУН ИМБИ "Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем", номер гос. регистрации AAAA-A18-118020890090-2, а также при поддержке гранта РФФИ проект № 16-05-00134 «Биогеохимические процессы, определяющие радиохемоэкологическое и экотоксикологическое состояние соленых озер Крыма и возможности использования их биоресурсов».

Измерения на масс-спектрометре выполнены в Центре коллективного пользования Института морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН.

Литература

Лисовский А.А., Новик В.А., Тимченко З.В., Мустафаева З.Р. Поверхностные водные объекты Крыма (справочник). Симферополь: Рескомводхоз АРК, 2004. 114 с.

- Матищов Д.Г., Матищов Г.Г. Радиационная экологическая океанология – Апатиты: изд. Кольского научного центра РАН, 2001. 417 с.
- Паракив А.А., Терещенко Н.Н., Прокурнин В.Ю., Чужикова–Прокурнини О.Д., Крылова Т.А. Содержание плутония в донных отложениях соленых озер Крымского полуострова // Загрязнение морской среды: экологический мониторинг, биоиндикация, нормирование / Сборник статей Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвященной 125-летию проф. В.А. Водяницкого. Севастополь: «Колорит», 2018. С. 200–204.
- Пасынков А.А., Соцкова Л.М., Чабан В.В. Экологические проблемы сохранения и использования бальнеологических ресурсов соленых озер Крыма // Ученые записки ТНУ им. В. И. Вернадского, сер. «География». 2014. Т. 27 (66), № 3. С. 96–116.
- Плутоний. Фундаментальные проблемы / под ред. Б.А. Надытко, А.Ф. Тимофеевой. Саров: РФЯЦ, 2003. 495 с.
- Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н., Гулин С.Б., Стокозов Н.А., Лазоренко Г.Е., Мирзоева Н.Ю., Терещенко Н.Н., Цыщугина В.Г., Кулебакина Л.Г., Поповичев В.Н., Коротков А.А., Евтушенко Д.Б., Жерко Н.В., Малахова Л.В. Радиоэкологический отклик Черного моря на Чернобыльскую аварию / Под ред. Г.Г. Поликарпова и В.Н. Егорова. Севастополь: ЭКОСИ–Гидрофизика, 2008. 667 с.
- Соцкова Л.М., Смирнов В.О., Окара И.В., Малишук И.О. Сохранение бальнеологических ресурсов грязевых соленых озер западного Крыма // Современные научные исследования и инновации. 2015. №7. Ч. 4 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/07/56691> [дата обращения: 27.01.2019].
- Трапезников А.В. ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{137}Cs и $^{239,240}\text{Pu}$ в пресноводных экосистемах. Екатеринбург: АкадемНаука, 2010. 510 с.
- Tereshchenko N.N., Gulin S.B., Proskurnin V.Yu. Distribution and migration of $^{239+240}\text{Pu}$ in abiotic components of the Black Sea ecosystems during the post-Chernobyl period // J. Environ. Radioact. 2018a. V. 188. P. 67–78.
- Tereshchenko N.N., Proskurnin V.Yu., Paraskiv A.A., Chuzhikova–Proskurnina O.D. Man-made plutonium radioisotopes in the salt lakes of the Crimean peninsula / Chinese Journal of Oceanol. and Limnol. 2018б. V. 36, 6. P.1917–1929.

DISTRIBUTION OF PLUTONIUM RADIONUCLIDES IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF CRIMEAN SALT LAKES IN 2016-2018

A.A. Paraskiv, N.N. Tereshchenko, A.V. Trapeznikov, V.Ju. Proskurnin,
A.P. Plataev, O.D. Chuzhikova-Proskurnina

A three-year study of anthropogenic radioisotopes of plutonium in bottom sediments of 10 Crimean salt lakes has been generalized. It has been estimated that plutonium accumulates more strongly in silt bottom sediments of hypersaline lakes than in sandy ones. The vertical distribution of ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ isotopes and $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ activity ratio in core sediments of four lakes from different geographical groups was studied and $^{239+240}\text{Pu}$ reserves in silt of these lakes were estimated.