

№ 1 (38), 2018

ISSN 1818-0744



ВЕСТНИК

Международного университета
природы, общества и человека
«Дубна»

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ НАУКИ



Вестник Международного университета природы, общества и человека «Дубна»

Серия «Естественные и инженерные науки»

№ 1 (38), 2018

Выходит с ноября 1996 года

Редакционный совет:

Фурсаев Д. В.
(председатель)
Багдасарьян Н. Г.
Венгер А. Л.
Капаччиоли М. (Италия)
Кореньков В. В.
Клейнер Г. Б.
Красавин Е. А.
Крюков Ю. А.
Кузнецов О. Л.
Малахов А. И.
Михайлова Н. В.
Оганесян Ю. Ц.
Островский М. А.
Сахаров Ю. С.
Черемисина Е. Н.
Черепанова В. Г.

Редакционная коллегия:

Деникин А. С.
(гл. редактор)
Савватеева О. А.
(зам. гл. редактора,
отв. секретарь)
Полотнянко Н. А.
(техн. секретарь)
Анисимова О. В.
Борейко А. В.
Гладышев П. П.
Каляшин С. В.
Карпов А. В.
Колганова Е. А.
Немченко И. Б.
Сокотущенко В. Н.

В номере:

- Забелина А.Д., Савватеева О.А., Петрова Я.Р.*
**Направления деятельности Производственного объединения
«Маяк» в сфере решения экологических проблем** 3
- Канагатова Г.К., Хамада М.С., Борзаков С.Б., Храмко К.*
**Изучение естественной и искусственной радиоактивности
образцов растений** 10
- Кирпичев И.А., Григорьева И.Л.*
**Исследование влияния коттеджной застройки береговой зоны
Иваньковского водохранилища на качество воды водоема** 19
- Махновец М.А., Шимон И.Я.*
**Качество жизни строителей и жителей г. Озерска
в зоне особого режима** 26
- Сокотущенко В.Н.*
**Математическое и экспериментальное моделирование
процессов фильтрации углеводородов в газоконденсатном пласте** 32
- Судницын И.И.*
Дмитрий Иванович Менделеев и Дубна 38
- Сысоева Н.А., Тимошенко Г.Н.*
**Медико-демографические аспекты здоровья населения г. Озерск
Челябинской области** 44
- Тихонова А.С., Каплина С.П., Каманина И.З.*
Состояние почвенного покрова пгт. Кесова гора Тверской области 52

ISSN 1818-0744

Свидетельство о регистрации
средства массовой информации
ПИ № ФС77-25824 от 28 сентября
2006 г.

© Государственный университет,
«Дубна», 2018

Все рукописи
рецензируются

Корректор
Цепилова Ю.С.

**Макет и верстка
номера**
Цепилова Ю.С.

Мнение редакции может
не совпадать с мнением
авторов

Адрес редакции
141982, г. Дубна Моск. обл.,
ул. Университетская, 19
Тел.: (+7 49621)6-60-89, 1355
E-mail: izdat@uni-dubna.ru

Подписано в печать 31.01.2018.
Формат 60×90/8.
Усл. печ. л. 7,25.
Тираж 150 экз. Заказ № 5.
Отпечатано в общем отделе
университета «Дубна»
141980, г. Дубна Моск. обл.,
ул. Университетская, 19



Bulletin of Dubna International University for Nature, Society, and Man

Seria "Natural and engineering sciences"

No. 1 (38), 2018

Published since November 1996

Editorial council:

Fursaev D. V.
(Chairman)
Bagdasarjan N. G.
Capaccioli M.
Cheremisina Eu. N.
Cherepanova V. G.
Kleiner G. B.
Korenkov V. V.
Krasavin Eu. A.
Kryukov Y. A.
Kuznetsov O. L.
Malakhov A. I.
Mikhailova N. V.
Oganessian Yu. T.
Ostrovsky M. A.
Sakharov Yu. S.
Venger A. L.

Editorial board:

Denikin A. S.
(Chief Editor)
Savvateeva O. A.
(Deputy Chief Editor,
Executive Secretary)
Polotnyanko N. A.
(Technical Editor)
Anisimova O. V.
Boreyko A. V.
Gladyshev P.P.
Kalyashin S. V.
Karpov A. V.
Kolganova E. A.
Nemchenok I. B.
Sokotushchenko V. N.

In the issue:

- Zabelina A.D., Savvateeva O.A., Petrova Ya.R.
**Activities of the Mayak Production Association in the field
of environmental issues** 3
- Kanagatova G.K., Hamada M.S., Borzakov S.B., Hramco C.
Study of Natural and Induced Radioactivity of samples of plants 10
- Kirpichev I.L., Grigorieva I.L.
**Investigation of influence of building of the water protection zone
of the Ivankovskoye Reservoir on water quality of a reservoir** 19
- Makhnovets M.A., Shimon I.Y.
**Quality of builder's and resident's life in Ozersk in the special
regime zone** 26
- Sokotushchenko V.N.
**Mathematical and experimental modeling filtration processes
of hydrocarbons in a gas condensate reservoir** 32
- Sudnitsyn I.I.
Mendelev and Dubna 38
- Sysoeva N.A., Timoshenko G.N.
**Demographic and health aspects of the population of Ozersk,
Chelyabinskaya oblast** 44
- Tikhonova A.S., Kaplina S.P., Kamanina I.Z.
**The state of the soil cover of the urban settlement of Kesova Gora
Tver region** 52

ISSN 1818-0744

Certificate of Registration
No. ПИ № ФС77-25824
of 28 September 2006

© Dubna State University, 2018

All manuscripts are reviewed

Proof-reader
Tcepilova J. S.

Issue make-up
Tcepilova J. S.

The opinion of publishing author not
always coincides with the editorial
opinion

Editorial board address:
19 Universitetskaya St., 141982 Dubna,
Moscow Region, Russia
Phone: (+7 49621)6-60-89, 1355
E-mail: izdat@uni-dubna.ru

Passed for printing
on 31.01.2018
150 copies

УДК 621.039.7

А. Д. Забелина, О. А. Савватеева, Я. Р. Петрова**Направления деятельности Производственного объединения «Маяк» в сфере решения экологических проблем**

29 сентября 1957 г. произошла одна из крупнейших аварий страны – взрыв промышленной емкости с высококорadioактивными отходами на производственном объединении «Маяк». Безусловно, эта катастрофа вызвала возникновение экологических проблем, которые до сих пор не решены, многие территории не пригодны для проживания человека. В следствии этого ПО «Маяк» разработал и реализует экологическую политику, целью которой является обеспечение устойчивого экологически ориентированного развития предприятия на ближайшее будущее. Так же, с 1968 г. по сей день более 16 тыс. га отведены под заповедную территорию.

Ключевые слова: ПО «Маяк», Восточно-уральский радиационный заповедник, техногенная авария, радиоактивное загрязнение, экологические проблемы

Об авторах

Забелина Анастасия Дмитриевна – студент-магистр 2-го года обучения кафедры экологии и наук о Земле Государственного университета «Дубна».

Савватеева Ольга Александровна – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и наук о Земле Государственного университета «Дубна».

Петрова Яна Романовна – студент кафедры экологии и наук о Земле Государственного университета «Дубна».

ПО «Маяк» расположено в закрытом городе Озерск на Южном Урале. До 1990 г. город был известен как Челябинск-40, после – как Челябинск-65. Это первый промышленный объект атомной отрасли в стране. С 1948 по 1992 гг. на «Маяке» было произведено 3 тонны плутония-238 [1].

19 июня 1948 года на ФГУП «ПО «Маяк» был пущен первый в стране и на Евразийском континенте уран-графитовый промышленный реактор. А 29 сентября 1957 г. произошла крупнейшая авария – взрыв промышленной емкости, где хранились высокорadioактивные отходы, и их мгновенный выброс в окружающую среду [7]. В 16 часов 22 минуты из-за поломки в системе охлаждения произошел взрыв емкости, в которой находилось 70–80 м² ядерных отходов, преимущественно в форме нитратно-ацетатных соединений. Взрыв мощностью 70–100 т в тротиловом эквиваленте отбросил бетонную крышку резервуара массой 160 тонн на 10 м в сторону. При этом в атмосферу на высоту 1–2 км было выброшено около 20 млн кюри радиоактивных веществ, образовавших огромное облако, состоявшее из жидких и твердых аэрозолей. 90% радиационных загрязнений выпало на

территории химкомбината «Маяк», а остальная часть в течение 10–12 часов под действием юго-западного ветра выпадала полосой шириной 10–20 км и длиной до 350 км, тянувшейся от Озерска на северо-восток в направлении движения ветра в день аварии (рис. 1) [2; 5].

Столб выброса мерцал оранжево-красным светом. Это создавало иллюзию северного сияния. Около 11 часов его можно было наблюдать в северо-западном направлении. На фоне неба появлялись сравнительно большие окрашенные области и временами – спокойные полосы, имевшие на последней стадии сияния меридиональное направление [2; 5].

Кроме того, в реку Теча с 1949 по 1956 гг. было сброшено большое количество высоко- и среднеактивных жидких радиоактивных отходов. После ноября 1951 г. высокоактивные жидкие отходы начали сливать в озеро Карачай.

Весной 1967 г. на ПО «Маяк» вновь возникла аварийная ситуация. После засушливых 1962–1966 гг. уровень воды озера Карачай сильно понизился, что оголило часть дна озера с покоящимися на нем радиоактивными материалами, которые были разнесены ветром на 50–75 км, «освежив» загрязнение территории от аварии 1957 г. Официальные данные об аварии на «Маяке» в 1957 г. были впервые открыты только в 1989 г. [2].

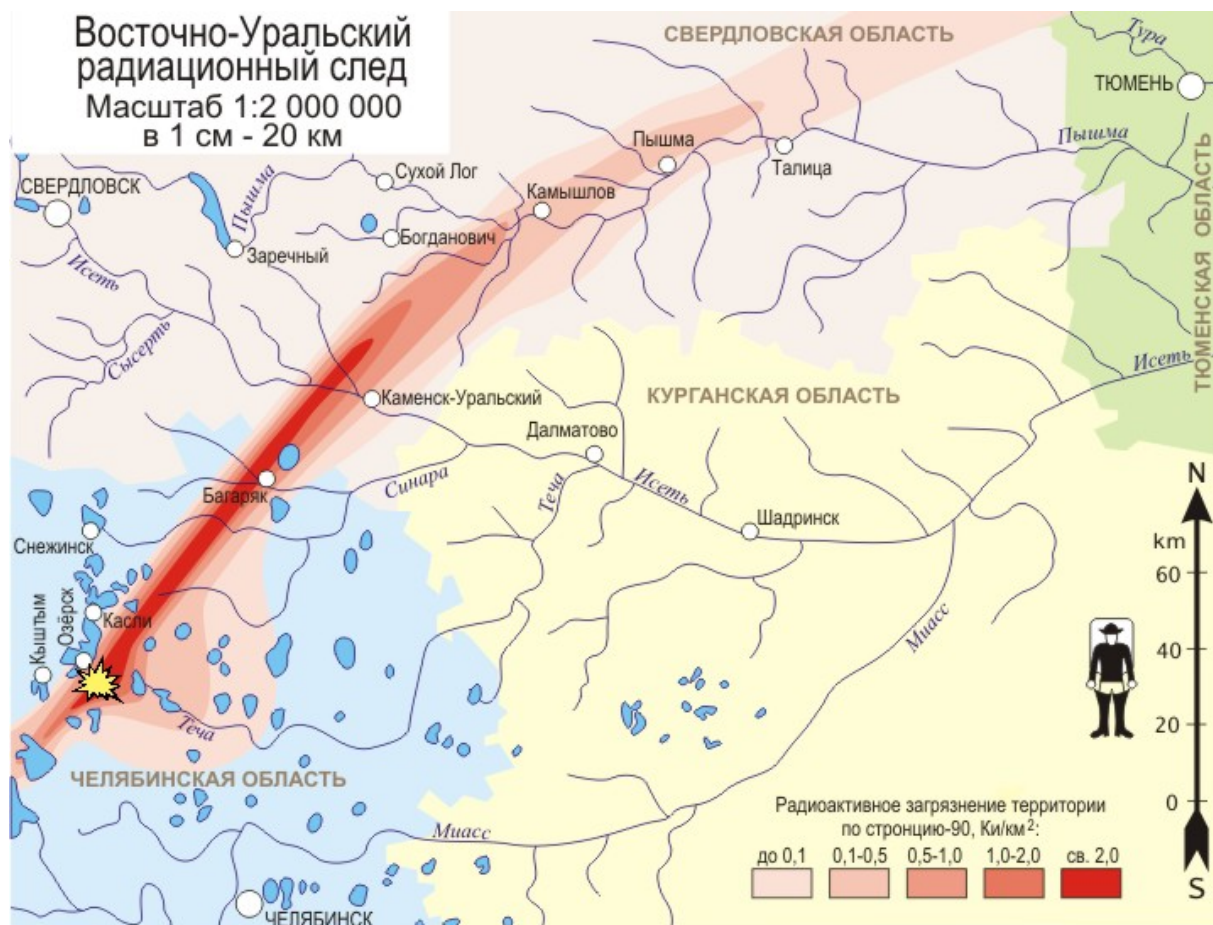


Рис. 1. Восточно-Уральский радиационный след [5]

Прокуратура установила факт нарушения правил обращения с экологически опасными отходами производства и в период 2001–2004 гг., что опять привело к сбросу в бассейн Течи жидких радиоактивных отходов, повысившему уровень радионуклидов в несколько раз [5].

Из доклада Гринпис России 2007 г.: «ПО «Маяк» перерабатывает отработавшее топливо атомных станций – как отечественного, так и зарубежного происхождения. В результате переработки одной тонны радиоактивных материалов образуются тысячи тонн жидких отходов, большая часть которых навсегда остается на предприятии или сбрасывается в окружающую среду» [5].

Таким образом, трагедия «Маяка» продолжается и поныне. Есть люди, до сих пор проживающие на загрязненных территориях. Отходы комбината по-прежнему попадают в окружающую среду. Вопрос радиоактивного загрязнения Челябинской области поднимается постоянно.

Он до сих пор не решен и всякий раз из-за стратегической важности химкомбината остается без должного внимания властей [5].

Восточно-Уральский радиационный заповедник

Для минимизации опасного влияния на людей и окружающую среду последствий аварии в 1959 г. правительством СССР принимается решение об образовании на части ВУРСа санитарной зоны. Территория, ограниченная изолинией с уровнем загрязнения 2–4 кюри по стронцию-90, составила 700 кв. км. Земли данной зоны признаны временно непригодными для ведения сельского хозяйства и проживания, доступ к ним ограничен. В 1968 г. здесь был создан Восточно-Уральский заповедник. Он находится на территории Каслинского и Кунашакского районов Челябинской области. Его общая площадь – 16 616 гектар. С севера на юг заповедник вытянут на 24 километра, а с запада на восток – на 9 километров. Всего протяженность по периметру – 90 километров [3].

До сих пор вследствие высокой радиации положение на 85% территории заповедника ученые относят к экологическому бедствию. Экологи и биологи внимательно изучают влияние радиации на живые организмы и окружающую среду в естественных условиях. Как выяснилось, представители живой природы постепенно адаптировались к высокой радиации [9].

На территории Восточно-Уральского заповедника текут реки Теча и Караболка, находятся два озера: Бердениш и Урусуль. Также к заповедной территории примыкают озера Алабуга, Кожаккуль, Малое Травяное, Малые и Большие Кирпичики. На озерах встречается много водоплавающих птиц. При этом на дне озер скопилось много радиоактивного ила [9].

Для этой территории характерна лесостепная растительность: березовые леса чередуются со степями. Иногда встречаются сосны. На бывших распаханных полях восстановилась естественная растительность. Погибшие после аварии деревья уже восстановились в полном объеме. В заповеднике встречаются 455 видов растений, причем четыре вида занесено в Красную книгу. Это венерин башмачок, саранка, прострел весенний и лилия. Любопытно, что редкие растения стали встречаться в 5–10 раз чаще, чем до закрытия этой зоны для посещения [6].

Заповедность территории, несмотря на высокий уровень радиации, благотворно сказалась и на животном мире. Орнитологи насчитали здесь 217 видов птиц, в том числе редких видов. Так, здесь огромная популяция серого гуся (несколько тысяч особей), также гнездятся лебедь-шипун, серый журавль, серая цапля, утки, чайки. Встречается сразу 24 вида кулика. Здесь же можно встретить занесенных в Красную книгу беркута, орлана-белохвоста, сокола балабана, сапсана, скопу, черноголового хохотуна, кудрявого пеликана. Можно увидеть и такую красивую птицу, как филин [9].

Млекопитающие вполне обычны для этих местностей (но их значительно больше, чем на неохраемых участках). Из наиболее крупных животных можно встретиться с лосем, рысью, лисицей, косулей, кабаном, зайцем и др. Всего встречается 47 видов млекопитающих. Также здесь обитает 5 видов амфибий и 4 вида рептилий [9].

Благодаря тому, что период полураспада стронция сравнительно невысок, площадь загрязнения постепенно сокращается. Однако посещение заповедника запрещено, поскольку уровень

радиации все еще остается недопустимым для длительного пребывания человека. Атомный заповедник и по сей день играет важную роль в исследованиях явлений, связанных с радиацией [9].

Эксплуатация водоемов

На сегодняшний день основные проблемы текущей деятельности ПО «Маяк» связаны с использованием технологий, предусматривающих сброс ЖРО в промышленные водоемы предприятия, обращение с радиоактивными отходами, накопленными в результате выполнения оборонных программ и обеспечение безопасной эксплуатации и консервации промышленных водоемов [6].

На предприятии существует восемь водоемов-хранилищ, которые эксплуатируются в настоящее время. Основные из них это – водоемы В-3, В-4, В-10, В-11 (Теченский каскад водоемов (ТКВ)), водоем В-17 (Старое Болото) и водоем В-9 (оз. Карачай) (рис. 2) [6].

Искусственные водоемы В-3, В-4, В-10 и В-11 были созданы путем перекрытия русла реки Теча земляными плотинами. Водоемы В-3 (Кокшаровский пруд) и В-4 (Метлинский пруд) существовали до образования «ПО «Маяк», водоемы В-10 и В-11 были созданы в верховьях р. Теча в 1950–1960-х гг. с целью локализации и хранения больших объемов жидких НАО (низкоактивных отходов) [6].

Проблемы безопасности промышленных водоемов, в особенности водоемов Теченского каскада, существенно обострились в результате изменения климатических условий региона. С начала 80-х гг. XX в. наблюдается повышение водности, в результате чего в большинстве водоемов, в том числе и в ТКВ, уровни воды приблизились к установленным максимальным регламентным отметкам [6].

Для стабилизации уровня воды в объектах ТКВ и снижения поступления радиоактивных веществ из ТКВ в систему реки Теча в 1999–2004 гг. выполнен ряд мероприятий [6]:

- введен в эксплуатацию Северный скважинный водозабор, позволяющий отводить от ТКВ ежегодно до 1,5 млн м³ грунтового водопритока;

- восстановлена пропускная способность правобережного канала (ПБК) работами по очистке от золы, поступающей в канал из золоотвалов Аргаяшской ТЭЦ. Объемы извлечения золы из канала составили 15–17 тыс. м³ в год. Существующая на ТКВ система нагорных каналов,

ЛБК (левобережного) и ПБК, обеспечивает водоотведение поверхностных и грунтовых вод на площади водосбора ТКВ;

- разработан и утвержден проект по созданию первой очереди общесплавной канализации для отвода очищенных вод в открытую гидрографическую сеть. Реализация проекта позволит снизить объемы поступления воды в ТКВ на 3 млн м³ в год;

- проведены мероприятия по сокращению сбросов ЖРО;

- выполнены комплексы ежегодных режимных наблюдений за состоянием подземных и поверхностных вод, а также специальные опытно-фильтрационные работы по отдельным программам.

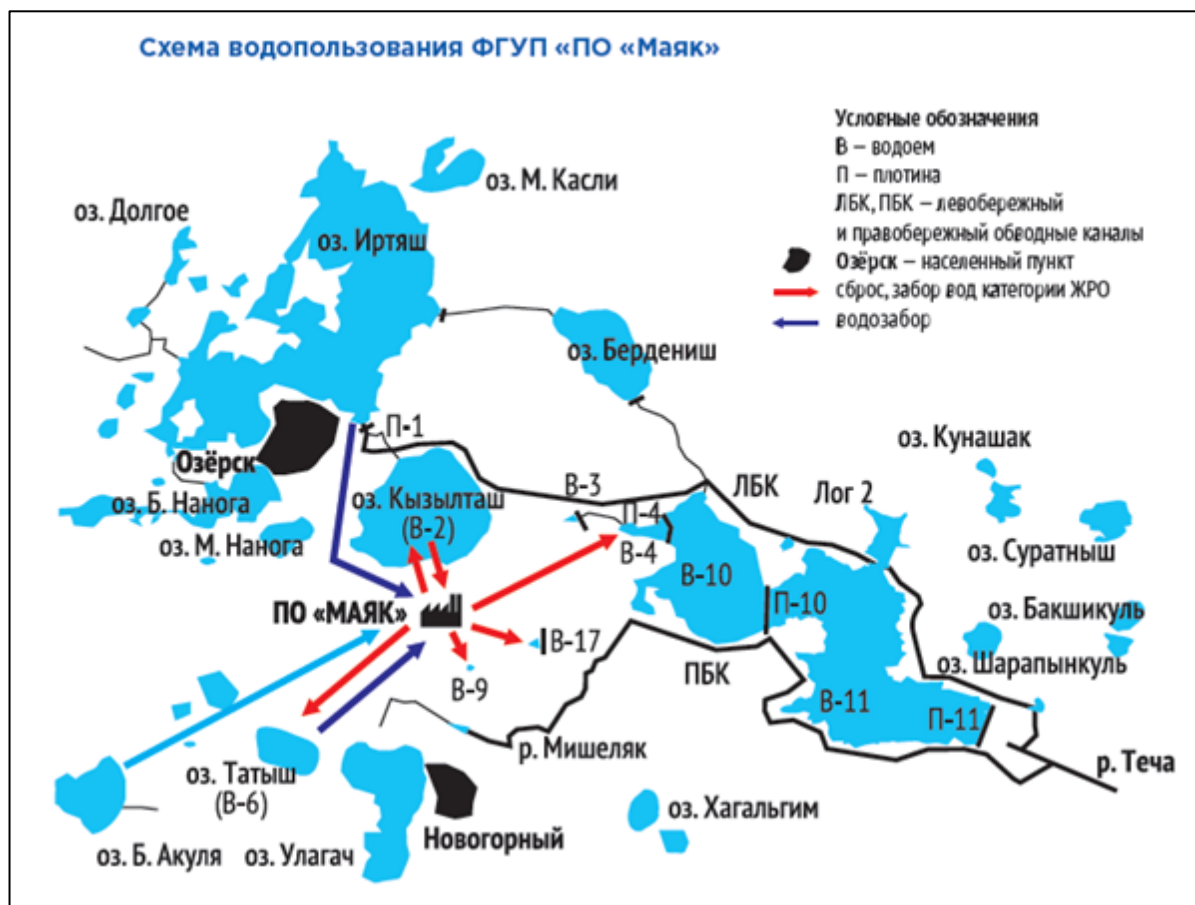


Рис. 2. Схема водопользования ФГУП «ПО «Маяк» [6]

Усилия по снижению приходной части водного баланса могут оказаться малоэффективными в случае продолжения периода повышенной или нарастающей водности. Именно поэтому очень большое внимание уделяется повышению устойчивости плотины П-11, которая является основным элементом системы гидротехнических сооружений ТКВ, обеспечивающим безопасность эксплуатации всего Теченского каскада водоемов [6].

Проведенные изыскания и исследования физико-механических свойств грунтов тела плотины показали наличие ослабленных зон в ее

верхней части. Наиболее эффективным мероприятием для предотвращения фильтрации и развития суффозионных процессов в теле плотины является создание противофильтрационной завесы «стена в грунте». Сооружение такого противофильтрационного элемента позволит повысить безопасность эксплуатации плотины П-11 и перевести ее в разряд I класса капитальности по условиям статической, сейсмической и фильтрационной прочности и устойчивости [6].

Вывод из эксплуатации водоема В-9 (Карачай) предполагает полный отказ от его использования в качестве приемника ЖРО. По оконча-

нии всех работ по закрытию и консервации водоема участок бывшей акватории В-9 приобретет статус приповерхностного хранилища твердых радиоактивных отходов (ТРО) [6].

Работы по ликвидации (консервации) водоема Карачай производятся посредством засыпки акватории скальным грунтом с применением специальных полых бетонных блоков на участках повышенной мощности высокоактивных техногенных илов [6].

Первый этап работ предусматривал закрытие северо-восточной части акватории и отсыпку разделительных дамб с разбивкой акватории на чеки. Закрытие северо-востока акватории обеспечивало локализацию большей части радиоактивных техногенных илов, образовавшихся в водоеме и содержащих большую часть накопленной активности [6].

Успешное закрытие северо-восточной части акватории обеспечило коренное улучшение радиационной обстановки на территории, прилегающей к водоему В-9. Этот этап был успешно выполнен в 1990 г. В результате проведенных работ локализовано около 60% подвижных донных отложений по объему и 70% всех радионуклидов, накопленных в водоеме [6].

До ввода в эксплуатацию установок по очистке и отверждению ЖРО с целью поэтапного снижения сбросов Комплексным планом предусмотрено выполнение организационно-технических мероприятий, которые уже в 2003–2004 гг. позволили сократить сбросы САО в водоемы В-9 и В-17 на 2260 м³, низкоактивных технологических отходов в водоемы Теченского каскада – на 73 тыс. м³, низкоактивных нетехнологических отходов – на 410 тыс. м³. Дальнейшее снижение сбросов возможно только за счет оптимизации технологических процессов на предприятии и, прежде всего, на радиохимическом заводе. Для целей оптимизации технологических процессов переработки отработанного ядерного топлива предполагается модернизировать отдельные стадии технологического процесса и оборудование, не меняя в целом отработанной технологии [6].

В настоящее время на ПО «Маяк» внедряется технология перевода ЖРАО в стекло. Технология заключается в следующем: образующиеся при переработке отработавших теплоделяющих элементов высокоактивные ЖРАО упариваются, смешиваются с фосфорной кислотой и нитратом натрия, после чего остекловываются

в специальной печи с производительностью до 500 л/ч [12].

Также на предприятии создана установка фракционирования ВАО (высокоактивных отходов) УЭ-35 для извлечения стронция и цезия из отходов с использованием экстракционной системы на основе хлорированного дикарболлида кобальта (ХДК). Проводится отработка технологии. В ближайшее время предполагается завершить создание установки ИПХТ (индукционный плавитель с холодным тиглем) [11].

Современная экологическая политика ФГУП «ПО «Маяк»

Целью экологической политики ФГУП «ПО «Маяк» является обеспечение устойчивого экологически ориентированного развития предприятия на ближайшую перспективу и в долгосрочном периоде, при котором обеспечивается минимизация негативного воздействия на окружающую среду, рациональное использование природных ресурсов, обеспечение безопасности и здоровья персонала и населения. В 2014 г. на предприятии была актуализирована Экологическая политика ФГУП «ПО «Маяк» (документ введен приказом генерального директора от 16.04.2014 № 193/362-П и соответствует Единой отраслевой Экологической политике Госкорпорации «Росатом» и её организаций, утверждённой приказом Госкорпорации «Росатом» от 05.09.2013 №1/937-П). Экологическая политика ФГУП «ПО «Маяк» строится на следующих основных принципах [8]:

- принцип соответствия – обеспечение соответствия деятельности ФГУП «ПО «Маяк» законодательным и другим нормативным требованиям и стандартам, в том числе международным, в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности;
- принцип постоянного совершенствования – улучшение деятельности ФГУП «ПО «Маяк», направленной на повышение уровня экологической безопасности и снижение воздействия на окружающую среду;
- принцип готовности – постоянная готовность руководства и персонала ФГУП «ПО «Маяк» к предотвращению, локализации и ликвидации последствий радиационных аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций;
- принцип системности – системное и комплексное решение ФГУП «ПО «Маяк» вопросов обеспечения экологической безопасности и ведения природоохранной деятельности;

- принцип информационной открытости – прозрачность и доступность экологической информации.

В соответствии с принципами экологической политики ФГУП «ПО «Маяк» берет на себя обязательства:

- соблюдать требования Российского законодательства в области охраны окружающей среды и обеспечивать качество окружающей среды в соответствии с нормативными требованиями;

- на всех этапах жизненного цикла предприятия выявлять, идентифицировать и систематизировать возможные отрицательные экологические аспекты эксплуатационной деятельности с целью предупреждения аварийных ситуаций, последовательного снижения до минимально приемлемого уровня риска воздействия опасных химических и радиационных факторов на население, производственную и социальную структуру, на экологическую систему;

- обеспечивать деятельность по экологической безопасности и охране окружающей среды необходимыми ресурсами;

- развивать системы экологического мониторинга и информационно-аналитические системы контроля и управления безопасностью;

- осуществлять взаимодействие с международными и государственными системами и институтами обеспечения экологической безопасности, охраны окружающей среды и устойчивого развития, с общественными экологическими организациями;

- обеспечивать открытость и доступность объективной, научно обоснованной информации о воздействии предприятия на окружающую среду и здоровье персонала и населения в районе расположения предприятия;

- внедрять и развивать системы экологического менеджмента в соответствии с требованиями международных стандартов серии ИСО 14000.

В целях последовательной и комплексной реализации мероприятий, направленных на обеспечение экологической безопасности производственной деятельности ФГУП «ПО «Маяк» в 2003 г. в Минатоме был разработан и утвержден Комплексный план мероприятий по обеспечению решения экологических проблем, связанных с текущей и прошлой деятельностью ФГУП «ПО «Маяк» [8].

Основными задачами Комплексного плана, исходя из ограничений по ресурсам и времени, были определены и выбраны наиболее приоритетные, в том числе и социально значимые, эффективные мероприятия. В их числе мероприятия по поэтапному снижению радиационного воздействия ФГУП «ПО «Маяк» на окружающую среду за счет постепенного снижения сбросов жидких радиоактивных отходов (ЖРО) с последующим их полным прекращением и приведению хранилищ РАО (радиоактивных отходов) в более безопасное состояние, гарантирующее долгосрочную безопасность населения и природной среды прилегающих территорий. Основной замысел мероприятий Комплексного плана состоит в модернизации систем обращения с РАО, в первую очередь предусматривающих сокращение, а затем и прекращение сбросов среднеактивных отходов. Это позволит решить задачу ликвидации искусственных водоемов В-9 и В-17, представляющих в настоящее время наибольшую опасность для загрязнения атмосферного воздуха и подземных вод. Прекращение сброса НАО в водоемы Теченского каскада водоемов будет способствовать стабилизации уровня воды в водохранилищах каскада. Параллельно определен комплекс работ по повышению безопасности гидротехнических сооружений Теченского каскада водоемов и совершенствованию системы мониторинга состояния водных объектов. Разработка технологий и переработка накопленных высокоактивных отходов с переводом их в формы, безопасные для долговременного хранения, позволит снизить потенциальную угрозу, связанную с окончанием в ближайшие годы срока эксплуатации емкостей-хранилищ [4; 6].

Заключение

Основными современными первоочередными задачами предприятия ПО «Маяк» по решению экологических проблем являются [6; 10]:

- обеспечение безопасной эксплуатации специальных промышленных водоемов;

- снижение приходной части водного баланса специальных промышленных водоемов;

- выполнение работ по повышению устойчивости плотины П-11;

- проведение модернизации радиохимического завода с целью снижения количества образующихся жидких радиоактивных отходов;

- создание новой очереди комплекса остекловывания ВАО;

- создание комплекса цементирования САО для полного прекращения сбросов жидких среднеактивных отходов в водоемы В-9 и В-17;

- выполнение работ по выводу из эксплуатации и консервации водоемов В-9 и В-17;
- разработка технологии по переводу накопленных ранее высокоактивных отходов в формы, безопасные для долговременного хранения.

Большинство перечисленных задач решается в рамках реализации мероприятий Комплексного плана. В конечном итоге это позволит полностью исключить негативное влияние текущей производственной деятельности ФГУП «ПО «Маяк» на окружающую среду, а также максимально снизить воздействие факторов, обусловленных деятельностью предприятия прежних лет.

Следует отметить, что одним из главных факторов в решении экологических проблем является человек. Нынешнее поколение должно помнить, что было в прошлом, и не позволить случится подобному в будущем. След от аварии на Маяке останется ещё на десятки лет, и задача состоит в том, чтобы этот след не увеличивался во времени и масштабах.

Библиографический список

1. Большаков В.Н., Качак В.В., Коберниченко В.Г., Островская А.В., Советкин В.Л., Струкова В.Л., Тягунов Г.В., Ходоровская И.Ю., Ярошенко Ю.Г. Экология. М.: Логос, 2005. 504 с.
2. Дьяченко А.А. Опаленные в борьбе при создании ядерного щита Родины / под общ. ред. В.Н. Михайлова. М.: Полиграф-Сервис, 2008. 596 с.
3. Евстратова Е.В., Агапова А.М., Лаверова Н.П., Большова Л.А., Линге И.И. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. М.: Наука, 2012. 356 с.
4. Кузнецов В.М. Производственное объединение «Маяк» (Челябинск-65). История объединения. Основные производства. Хранение радиоактив-

ных отходов и отработавшего ядерного топлива // Радиационное наследие холодной войны. М.: Ключ-С, 2006. 529 с.

5. Рундквист Н.А. Страшные тайны Урала. Екатеринбург: Квист, 2016. 184 с.

6. Основные направления деятельности ФГУП «ПО «Маяк» по решению экологических проблем, связанных с прошлой и текущей деятельностью ФГУП «ПО «МАЯК» / Ю.В. Глаголенко, Е.Г. Дрожко, С.И. Ровный // Вопросы радиационной безопасности. 2006. № 1. С. 23–24.

7. Парфенов С. Каскад замедленного действия // Литературно-художественный и публицистический журнал «Урал». 2006. № 8. – URL: <http://magazines.russ.ru/ural/2006/8/pa12.html> (режим доступа свободный. Дата обращения: 03.09.2017).

8. Отчет по экологической безопасности ФГУП «ПО «Маяк» за 2016 год. – URL: http://www.pomayak.ru/wps/wcm/connect/mayak/site/resources/1a38e10041bc510b838a83dbc8f3c731/ОТЧЕТ_2016.pdf. (режим доступа свободный. Дата доступа 07.09.2017).

9. Портал знатоков и любителей Урала. – URL: <https://uraloved.ru/mesta/chelyabinskaya-obl/vostochno-uralskiy-zapovednik> – (режим доступа свободный. Дата доступа 07.09.2017).

10. Электронный журнал ПроАтом. – URL: <http://proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=765> (режим доступа свободный. Дата доступа 08.09.2017).

11. Меркушкин А.О. Переработка радиоактивных отходов на ПО «Маяк» сегодня. – Озерск, ОТИ МИФИ. – URL: <https://polar.mephi.ru/ru/conf/2000/7/4.html> (режим доступа: свободный. Дата доступа: 03.10.2017).

12. Ларин В.И. Комбинат «Маяк» – проблема на века / Моск. Экопрессцентр. М.: КМК, 2001. XLVII, 455 с. – Электронная библиотека История атома. – URL: http://elib.biblioatom.ru/text/larin_kombinat-mayak-problema-na-veka_2001/go,0/ (Режим доступа: свободный. Дата доступа: 03.10.2017).

*Поступила в редакцию
15.01.2018*

УДК 5.57.574

Г. К. Канагатова, М. С. Хамада, С. Б. Борзаков, К. Храмко**Изучение естественной и искусственной радиоактивности образцов растений**

Изучена естественная и искусственная радиоактивность в образцах растений из Египта. Для измерения гамма-радиоактивности в образцах был использован детектор из высокочистого германия (HPGe) фирмы Canberra. Из измеренных спектров гамма-излучения была получена величина естественной активности ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th .

С помощью нейтронного активационного анализа, проведенного на реакторе ИБР-2, в этих же образцах были определены концентрации 21 элемента, среди которых есть элементы, относящиеся к основным загрязнителям окружающей среды.

Ключевые слова: радиоактивность, нейтронный активационный анализ, гамма-спектроскопия, HPGe детектор.

Об авторах

Канагатова Гулбаршын Каиргазыевна – студент магистратуры кафедры ядерной физики Государственного университета «Дубна».

Хамада Мохамед – научный сотрудник Ядерного исследовательского центра, Каир, Египет.

Борзаков Сергей Борисович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Лаборатории нейтронной физики им. И.М. Франка Объединенного института ядерных исследований, Дубна.

Храмко Константин – инженер Лаборатории нейтронной физики им. И.М. Франка Объединенного института ядерных исследований, Дубна.

В последнее время особое внимание уделяется изучению воздействия различных элементов, в том числе радионуклидов, на здоровье человека и состояние окружающей среды.

Ядерно-физические методы, используемые для проведения элементного анализа, превосходят по чувствительности химические методы. Одним из таких методов является нейтронно-активационный анализ (НАА). НАА является неdestructивным методом анализа с высокой чувствительностью, что позволяет определить с высокой точностью около 45 химических элементов в различных типах образцов [3].

С целью определения возможного уровня загрязнения окружающей среды египетской компанией, производящей неорганические удобрения, была изучена естественная радиоактивность и элементный состав образцов растений из Египта, собранных вблизи химического предприятия *Abu Zabal Company*.

Информация об образцах

В качестве образцов для исследования были использованы листья растений, произрастающих вдоль реки Нил, вблизи фабрики *Abu Zabal Company*, Египет. Карта пробоотбора представлена на рис. 2. Общая протяженность территории пробоотбора 2000 м. Образец P0 соответствует расположению центра фабрики *Abu Zabal Company*, координаты образца на карте: 30°16' южной широты и 31°22' восточной долготы. Образцы P1L-P5L собраны в северо-восточном направлении, вдоль реки, от образца P0, P1R-P5R – в юго-западном направлении, вдоль реки. Номер образца возрастает с расстоянием от центральной точки сбора P0, шаг пробоотбора составляет 200 м. Два реперных образца (относительно чистые, P6L и P6R) были отобраны на расстоянии 6000 м от предполагаемого центра химического загрязнения P0 (химическое предприятие *Abu Zabal Company*).

В табл. 1 представлены некоторые характеристики исследуемых образцов.

Таблица 1. Типы исследуемых образцов растений

№ образца	Название на русском	Название на латыни	Изображение
P0, P1R, P4R, P5R, P6L, P6R	Кубинская лавра	Ficus Retusa	
P3R, P4L, P5L	Клещевина обыкновенная	Ricinus communis	
P1L, P2L, P3L	Лапчатка гусиная	Eleusine Indica	
P2R	Евкалипт	Eucalyptus Globulus	



Рис. 1. Карта пробоотбора

Пробоподготовка и проведение измерений

Собранные образцы были промыты водой для удаления поверхностных загрязнений, высу-

шены на воздухе в течение 72 часов и измельчены в блендере с использованием пластиковых насадок. После измельчения образцы были высушены в течении 72 часов при температуре 70 °С до постоянного веса. Для хранения и

транспортировки образцы были упакованы в герметичные пластиковые контейнеры.

Измерение наведенной активности образцов проводилось с использованием коаксиального HPGe-детектора компании *Canberra* с относительной эффективностью регистрации гамма-квантов 40%, ПШПВ – 1,8 кэВ в пике с $E_\gamma = 1332,4$ кэВ от источника ^{60}Co , и 16К-канальным амплитудным анализатором. Набор и анализ данных проводился с использованием программного обеспечения *Genie™ 2000*. Калибровка детектора и его эффективность определялись с помощью следующих образцовых источников гамма-излучения (ОСГИ): ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{133}Ba , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{241}Am . Абсолютная эффективность регистрации гамма-кванта $\varepsilon(E_\gamma)$ с энергией E_γ детектором по пику полного поглощения определяется по формуле:

$$\varepsilon(E_\gamma) = \frac{1}{A_t \cdot I_\gamma(E_\gamma)} \frac{S(E_\gamma)}{\Delta t}, \quad (1)$$

где A_t – активность радиоизотопа (в 4π), пересчитанная на дату измерения; $I_\gamma(E_\gamma)$ – интенсивность излучения гамма-квантов с энергией E_γ на акт распада радиоизотопа; $S(E_\gamma)$ – площадь фотопика; Δt – «живое» время измерения.

Экспериментально измеренные эффективности регистрации γ -квантов различных энергий позволяют построить кривую зависимости эффективности детектора, которая была в дальнейшем использована в работе. Профитировав экспериментальные данные с помощью формулы (2), была получена кривая зависимости эффективности регистрации γ -квантов HPGe-детектором от их энергии (см. рис. 2):

$$\ln \varepsilon(E_\gamma) = A_0 + A_1 \ln E_\gamma + A_2 (\ln E_\gamma)^2 + A_3 (\ln E_\gamma)^3 + A_4 (\ln E_\gamma)^4, \quad (2)$$

где параметры A_0, A_1, A_2, A_3, A_4 – функции подгонки находятся методом наименьших квадратов; E_γ – энергия гамма-кванта в кэВ.

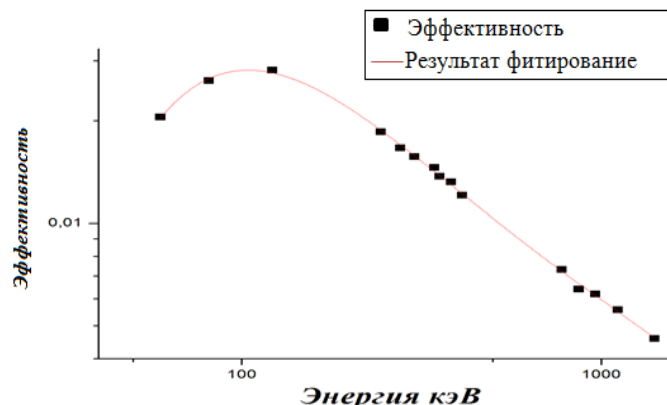


Рис. 2. Зависимость эффективности регистрации γ -квантов от их энергии для HPGe-детектора

Определение естественной радиоактивности образцов растений

Измерение естественной активности всех образцов (одновременно) проводилось в течении 24-х часов на расстоянии 0 см от HPGe-детектора (образцы были расположены на детекторе). Для увеличения точности измерения из накопленного спектра естественной активности образцов была вычтена фоновая активность. Фоновый спектр, как и спектр образцов, был накоплен в течении 24-х часов. На рис. 3 представлено сравнение спектров фонового измерения и измерения естественной активности образцов.

Сбор и анализ данных проводился с использованием программы *Genie™ 2000* фирмы *Can-*

berra. Расшифровка спектров (идентификация пиков) проводилась с помощью онлайн библиотеки *WWW Table of Radioactive Isotopes* [6].

Используя отношение (3), были вычислены активности естественных радионуклидов в измеренном образце:

$$A_s \left(\frac{\text{Бк}}{\text{кг}} \right) = C_a / \varepsilon \cdot a_\gamma \cdot M_s, \quad (3)$$

где M_s – масса образца (кг); ε – эффективность детектора для определенной энергии – лучей; C_a – число импульсов в секунду; $C_a = \frac{S(E_\gamma)}{t}$ (здесь $S(E_\gamma)$ – площадь пика полного поглощения; t – «живое» время измерения); a_γ – абсолютная вероятность испускания гамма-кванта (интенсивность выхода гамма-кванта).

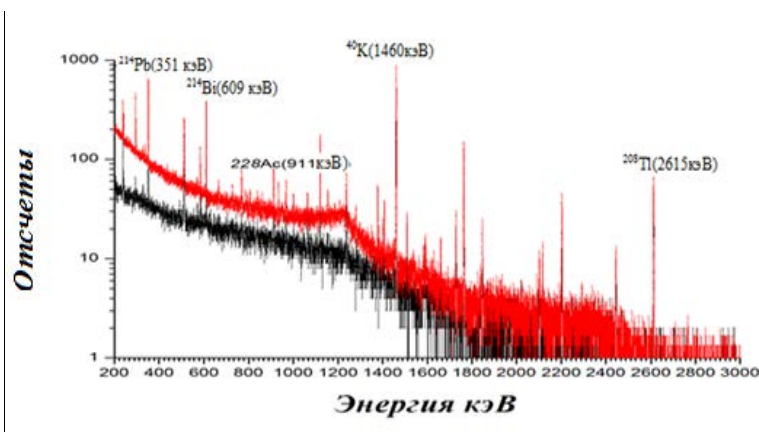


Рис. 3. Энергетическое распределение событий, зарегистрированных HPGe-детектором при измерении фонового излучения (спектр черного цвета) и излучения естественной активности образцов растений

Таблица 2. Удельная активность нуклидов

		Е (кэВ)	a_γ (%)	C_a (с ⁻¹)	А (Бк/кг)
²²⁶ Ra (²³⁸ U)	²¹⁴ Pb	241.997	7.43 ± 0.11	0.0080 ± 0.0003	11.2 ± 0.5
		295.224	19.3 ± 0.02	0.0190 ± 0.0004	12.8 ± 0.3
		351.932	37.6 ± 0.04	0.0350 ± 0.0004	13.3 ± 0.2
	²¹⁴ Bi	609.312	46.10 ± 0.05	0.0380 ± 0.0005	37.1 ± 0.5
		768.356	4.94 ± 0.06	0.0050 ± 0.0004	26.7 ± 2.2
²³² Th	²²⁸ Ac	338.320	11.27 ± 0.20	0.0030 ± 0.0005	3.8 ± 0.6
		911.204	25 ± 0.04	0.0045 ± 0.0002	11.0 ± 0.5
		968.971	15.8 ± 0.03	0.0030 ± 0.0001	4.3 ± 0.2
	²¹² Bi	727.330	6.58 ± 0.05	0.0015 ± 0.0003	12.0 ± 2.4
		785.370	1.1 ± 0.13	0.00010 ± 0.00003	28.5 ± 8.6
⁴⁰ K	⁴⁰ K	1460.830	11	0.120 ± 0.001	499.2 ± 4.2

Активность ²³⁸U определяется по активности изотопа ²²⁶Ra, который является продуктом цепочки распада. Для расчета активности использовались гамма-линии конечных продуктов цепи распада, а именно изотопы ²¹⁴Pb ($E_\gamma = 352$ кэВ) и ²¹⁴Bi ($E_\gamma = 609$ кэВ). Активность ²³²Th была рассчитана с помощью гамма-линий радиоизотопов ²²⁸Ac ($E_\gamma = 911$ кэВ) и ²¹²Bi ($E_\gamma = 727$ кэВ). В табл. 2 приведены экспериментальные данные активности радиоизотопов радия, тория и калия, рассчитанные по формуле (3).

По данным, представленным в работе [5], допустимые уровни активности ²²⁶Ra и ²³²Th составляют 35 Бк/кг. Средние мировые значения активности ⁴⁰K лежат в интервале 140–850 Бк/кг (среднее значение 370 Бк/кг, разрешенный уровень 400 Бк/кг). По нашим расчетам активности ⁴⁰K, ²³²Th и ²³⁸U лежат в указанных интервалах. Так как суммарная активность образцов не превышает указанный

диапазон, то можно сказать, что фабрика наносит незначительный радиационный вред окружающей среде.

Элементный анализ образцов методом НАА

Образцы облучались нейтронами на 3-м канале импульсного реактора ИБР-2 в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ [2]. Описание установки дано в работе [4]. Облучение проводилось в течение всего цикла работы реактора – 13.5 дней. С помощью анализа измерений, проведенных с индикаторами из меди и золота, были определены значения потока тепловых ($F_{th} = 3.2 \cdot 10^{11}$ н·см⁻²сек⁻¹); и резонансных ($F_{res}(E_n = 1 \text{ эВ}) = 4.3 \cdot 10^{10}$ н·см⁻²сек⁻¹) нейтронов. Образцы измерялись на высоте 5 см от детектора, время измерения ~10–20 часов.

Масса искомого элемента в образце была рассчитана по следующей формуле:

$$m_x = \frac{N_\gamma \cdot M \cdot \lambda \cdot e^{\lambda t_d}}{N_A \cdot \gamma \cdot \varepsilon \cdot \theta \cdot (\sigma_{th} \Phi_{th} + I_{res} \Phi_{res}) [1 - \exp(-\lambda t_{irr})] [1 - \exp(-\lambda t_{meas})]}, \quad (5)$$

m_x – масса искомого элемента в образце (г);
 t_{irr} – время облучения; t_d – время, прошедшее от конца облучения до начала измерения;
 t_{meas} – время измерения; N_γ – число отсчетов детектора для определенной линии; θ – содержание изотопа в естественной смеси (%);
 $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹ – число Авогадро; γ – интенсивность выхода гамма-квантов определенной энергии [2]; σ_{th} – сечение захвата тепловыми нейтронами; $I_{res} = \int_{E_{Cd}}^{\infty} \frac{\sigma(E)}{E} dE$ – резонансный интеграл; $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$ – постоянная распада; Φ_{th} , Φ_{res} – потоки тепловых и резонансных нейтронов; $\varepsilon(E_\gamma)$ – эффективность детектора. Значения сечений захвата тепловых нейтронов и резонансных интегралов взяты из справочника Т.С. Белановой и др. [1].

Для определения концентраций найденных элементов в образцах растений была использована формула:

$$n = \frac{m_x}{m_{обр}}, \quad (6)$$

где n – концентрация элемента (мг/кг или ppm), $m_{обр}$ – масса образца (г).

Вместе с исследуемыми образцами облучался образец стандарта почвы 1633С с известными концентрациями содержащихся в нём элементов. Концентрации элементов рассчитывались абсолютным и относительным методами. Использование относительного метода позволило значительно уменьшить погрешности, связанные с неопределённостями в определении потока нейтронов, эффективности детектора, а также с неточностью определения ядерных данных.

Таблица 3. Содержание элементов, определенных абсолютным методом в 7 образцах, собранных в северо-восточном направлении (мг/кг)

№	Элемент	Радио-нуклид	Концентрация (ppm)						
			P0	P1L	P2L	P3L	P4L	P5L	P6L
1	Na	²⁴ Na	5170 ± 32	6184 ± 7	3511 ± 4	1377 ± 5	4131 ± 14	5641 ± 10	1718 ± 67
2	Sc	⁴⁶ Sc	0.5 ± 0.01	0.4 ± 0.008	0.4 ± 0.002	0.7 ± 0.003	0.45 ± 0.001	0.4 ± 0.002	0.4 ± 0.001
3	Cr	⁵¹ Cr	18 ± 0.7	41 ± 0.7	15 ± 0.16	15 ± 0.2	11.5 ± 0.06	15 ± 0.1	12.6 ± 0.1
4	Fe	⁵⁹ Fe	2176 ± 198	6246 ± 173	2474 ± 111	3086 ± 109	2599 ± 34.2	2987 ± 72	2972 ± 41
5	Co	⁶⁰ Co	4.0 ± 0.3	3.8 ± 0.2	0.9 ± 0.04	1.5 ± 0.02	1.0 ± 0.01	1.1 ± 0.01	0.6 ± 0.006
6	Zn	⁶⁵ Zn	226 ± 6	650 ± 6.1	219 ± 1.2	206 ± 1.2	154 ± 0.5	212 ± 0.9	189 ± 0.5
7	Ga	⁷² Ga	113 ± 8	374 ± 22	205 ± 11	366 ± 12	101 ± 6.2	155 ± 13	478 ± 185
8	As	⁷⁶ As	7.6 ± 0.7	8.0 ± 0.7	1.1 ± 0.09	1.8 ± 0.1	1.6 ± 0.2	0.85 ± 0.2	–
9	Br	⁸² Br	47 ± 0.7	49 ± 0.4	32 ± 0.3	51.7 ± 0.5	18.6 ± 0.2	45 ± 0.5	19.6 ± 0.7
10	Rb	⁸⁶ Rb	4.7 ± 2	31.7 ± 3	20.4 ± 0.3	21 ± 0.2	17.2 ± 0.1	20 ± 0.3	17.2 ± 0.2
11	Mo	⁹⁹ Mo	18.1 ± 0.2	10.7 ± 1.5	1.4 ± 0.05	39.8 ± 3.1	2.2 ± 0.04	1.7 ± 0.05	1.5 ± 0.07
12	Cd	¹¹⁵ Cd	7.9 ± 0.5	6.2 ± 0.4	0.7 ± 0.08	0.8 ± 0.07	0.9 ± 0.05	1.6 ± 0.2	3.8 ± 0.2
13	Sb	¹²² Sb	0.8 ± 0.05	0.6 ± 0.05	0.7 ± 0.02	0.3 ± 0.02	2.6 ± 0.06	1.3 ± 0.1	0.6 ± 0.08
14	Sb	¹²⁴ Sb	1.3 ± 0.1	1.8 ± 0.1	0.8 ± 0.07	0.5 ± 0.04	3.0 ± 0.05	1.6 ± 0.1	0.6 ± 0.03

Окончание табл. 3

№	Элемент	Радио-нуклид	Концентрация (ppm)						
			P0	P1L	P2L	P3L	P4L	P5L	P6L
15	Ba	¹³¹ Ba	41.2 ± 11	39.3 ± 4.2	25 ± 2.5	35.0 ± 3.4	54.6 ± 3.1	64.6 ± 5	67.0 ± 3
16	La	¹⁴⁰ La	2 ± 0.2	2.1 ± 0.2	1.4 ± 0.08	1.3 ± 0.2	1.4 ± 0.1	1.4 ± 0.1	1.8 ± 0.2
17	Ce	¹⁴¹ Ce	4.7 ± 0.9	1.6 ± 0.17	2 ± 0.05	2.3 ± 0.07	3.7 ± 0.04	3. ± 0.07	6.8 ± 0.1
18	Sm	¹⁵³ Sm	0.6 ± 0.003	1.8 ± 0.005	0.4 ± 0.001	0.4 ± 0.001	0.5 ± 0.001	0.3 ± 0.001	0.1 ± 0.001
19	Hf	¹⁸¹ Hf	7.4 ± 0.3	23.1 ± 0.75	0.5 ± 0.05	0.6 ± 0.02	0.8 ± 0.02	1.5 ± 0.09	0.2 ± 0.006
20	W	¹⁸⁷ W	1.3 ± 0.1	0.9 ± 0.09	1.02 ± 0.07	0.5 ± 0.09	0.7 ± 0.19	0.8 ± 0.07	-
21	Au	¹⁹⁸ Au	0.008±0.001	0.04 ±0.001	0.05 ± 0.002	0.006±0.0003	0.01±0.00007	0.01±0.0001	0.007±0.0001

Таблица 4. Содержание элементов, определенных по стандарту в 7 образцах, собранных в северо-восточном направлении (мг/кг)

№	Элемент	Радио-нуклид	Концентрация (ppm)						
			P0	P1L	P2L	P3L	P4L	P5L	P6L
1	Na	²⁴ Na	1668 ± 1.5	1968 ± 3.0	1117 ± 1.4	438 ± 0.4	1315 ± 0.4	898 ± 0.4	554 ± 1.0
2	K	⁴² K	8676 ± 47	26550 ± 148	15404 ± 100	24900 ± 45	26600 ± 35	20020 ± 30	—
3	Sc	⁴⁶ Sc	0.5 ± 0.01	0.4 ± 0.01	0.3 ± 0.002	0.4 ± 0.002	0.4 ± 0.003	0.5 ± 0.002	0.3 ± 0.003
4	Fe	⁵⁹ Fe	1900 ± 294	5262 ± 340	2071 ± 100	2581 ± 123	2172 ± 105.0	2571.3 ± 68.0	2490 ± 119
5	Co	⁶⁰ Co	3.0 ± 0.2	3.0 ± 0.1	0.7 ± 0.03	1.2 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.9 ± 0.01	0.5 ± 0.02
6	Ga	⁷² Ga	8.7 ± 0.5	32.5 ± 1.7	13.3 ± 0.8	13 ± 0.7	12 ± 1.0	3.2 ± 0.1	3.7 ± 0.04
7	As	⁷⁶ As	4.1 ± 0.4	4.4 ± 0.1	0.6 ± 0.05	1 ± 0.03	0.8 ± 0.1	0.5 ± 0.03	—
8	Rb	⁸⁶ Rb	1.2 ± 0.4	7.9 ± 0.7	5.1 ± 0.1	5.2 ± 0.03	4.3 ± 0.1	4.9 ± 0.1	4.3 ± 0.2
9	Sb	¹²² Sb	0.3 ± 0.02	0.2 ± 0.03	0.2 ± 0.01	0.1 ± 0.01	1.2 ± 0.02	0.5 ± 0.01	0.2 ± 0.01
		¹²⁴ Sb	0.5 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.3 ± 0.04	0.2 ± 0.04	1.0 ± 0.2	0.7 ± 0.1	0.3 ± 0.04
10	Ba	¹³¹ Ba	28.7 ± 3.7	—	12.4 ± 1.3	16.3 ± 1.0	23 ± 2.1	33 ± 1.0	32 ± 2.0
11	La	¹⁴⁰ La	2.0 ± 0.2	1.8 ± 0.2	1.2 ± 0.1	1.2 ± 0.3	1 ± 0.1	1.2 ± 0.3	1.3 ± 0.1
12	Hf	¹⁸¹ Hf	0.5 ± 0.1	0.7 ± 0.07	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01	0.2 ± 0.02	0.2 ± 0.01	0.1 ± 0.02
13	U	²³⁹ Np	8.0 ± 0.1	2.0 ± 0.1	1.2 ± 0.02	0.4 ± 0.01	0.7 ± 0.02	0.6 ± 0.02	0.2 ± 0.01

Таблица 5. Содержание элементов, определенных абсолютным методом в 6 образцах, собранных в юго-западном направлении (мг/кг)

№	Элемент	Радио-нук- лид	Концентрация (ppm)						
			P0	P1R	P2R	P3R	P4R	P5R	P6R
1	Na	²⁴ Na	5170 ± 32	1820 ± 3.4	2638 ± 1.75	1391 ± 2.2	1488 ± 3.3	1338 ± 6	2006 ± 39
2	Sc	⁴⁶ Sc	0.5 ± 0.01	0.2 ± 0.001	0.2 ± 0.001	0.2 ± 0.001	0.7 ± 0.001	0.5 ± 0.001	0.5 ± 0.001
3	Cr	⁵¹ Cr	18 ± 0.7	13.6 ± 0.1	23 ± 0.2	19 ± 0.1	16 ± 0.08	13 ± 0.08	14 ± 0.07
4	Fe	⁵⁹ Fe	2176 ± 198	1697 ± 46	2591 ± 91	2340 ± 61	4203 ± 67	2863 ± 52	2837 ± 46
5	Co	⁶⁰ Co	4.0 ± 0.3	1.0 ± 0.02	0.9 ± 0.03	0.6 ± 0.01	1.5 ± 0.01	1.2 ± 0.01	1.0 ± 0.007
6	Zn	⁶⁵ Zn	226 ± 5.6	157 ± 0.5	264 ± 1.0	214 ± 0.7	193 ± 0.6	217 ± 0.6	199 ± 0.6
7	Ga	⁷² Ga	113 ± 7.6	90.2 ± 4.3	168 ± 5.6	111 ± 7.3	106 ± 6	99 ± 10.3	777 ± 65.2
8	As	⁷⁶ As	7.6 ± 0.7	1.9 ± 0.1	0.6 ± 0.05	0.4 ± 0.04	1.5 ± 0.1	1.2 ± 0.2	4.2 ± 1.1
9	Br	⁸² Br	47 ± 0.7	30 ± 0.3	54 ± 0.2	15 ± 0.2	37.4 ± 0.2	37 ± 0.3	41.2 ± 0.6
10	Rb	⁸⁶ Rb	4.7 ± 1.8	53.7 ± 0.4	23 ± 0.3	19 ± 0.2	26 ± 0.2	20 ± 0.2	18 ± 0.1
11	Mo	⁹⁹ Mo	18.1 ± 0.2	3.6 ± 0.2	6.5 ± 0.5	6.2 ± 0.3	14.4 ± 0.3	16.5 ± 0.4	27.5 ± 0.7
12	Cd	¹¹⁵ Cd	7.9 ± 0.5	4.3 ± 0.1	2.6 ± 0.1	1.0 ± 0.07	1.0 ± 0.08	1.0 ± 0.01	0.8 ± 0.08
13	Sb	¹²² Sb	0.8 ± 0.05	0.5 ± 0.007	1.3 ± 0.1	0.8 ± 0.1	1.2 ± 0.07	1.6 ± 0.08	2.3 ± 0.1
14	Sb	¹²⁴ Sb	1.3 ± 0.1	0.1 ± 0.005	1.4 ± 0.1	1.0 ± 0.1	1.4 ± 0.08	1.8 ± 0.06	2.4 ± 0.06
15	Ba	¹³¹ Ba	41.2 ± 11	32 ± 2.3	40 ± 2.8	19 ± 1.3	94 ± 5.2	66 ± 4.2	42.6 ± 3.4
16	La	¹⁴⁰ La	2 ± 0.2	1.0 ± 0.1	0.8 ± 0.06	0.6 ± 0.08	1.8 ± 0.07	1.5 ± 0.1	1.5 ± 0.2
17	Ce	¹⁴¹ Ce	4.7 ± 0.9	1.7 ± 0.04	1.4 ± 0.06	1.0 ± 0.03	3.4 ± 0.04	4.0 ± 0.05	7.0 ± 0.05
18	Sm	¹⁵³ Sm	0.6 ± 0.003	0.1 ± 0.001	0.3 ± 0.001	0.2 ± 0.001	0.4 ± 0.001	0.3 ± 0.001	0.2 ± 0.001
19	Hf	¹⁸¹ Hf	7.4 ± 0.3	0.1 ± 0.005	0.7 ± 0.06	0.3 ± 0.02	0.3 ± 0.01	0.3 ± 0.01	0.3 ± 0.008
20	W	¹⁸⁷ W	1.3 ± 0.1	1.0 ± 0.03	2.2 ± 0.04	0.5 ± 0.01	0.5 ± 0.06	0.8 ± 0.06	-
21	Au	¹⁹⁸ Au	0.008±0.001	0.01±0.0001	0.01 ±0.0002	0.01±0.0001	0.004±0.0001	0.006±0.0001	0.005±0.0001

Таблица 6. Содержание элементов, определенных по стандарту в 6 образцах, собранных в юго-западном направлении (мг/кг)

№	Элемент	Радио-нуклид	Концентрация (ppm)						
			P0	P1R	P2R	P3R	P4R	P5R	P6R
1	Na	²⁴ Na	1668 ± 1.5	580 ± 3.0	886 ± 3	443 ± 0.8	475 ± 1.2	426 ± 0.5	638 ± 0.8
2	K	⁴² K	8676 ± 47	26550 ± 148	22090 ± 273	17370 ± 92	26478 ± 380	20140 ± 29.6	–
3	Sc	⁴⁶ Sc	0.5 ± 0.01	0.2 ± 0.01	0.2 ± 0.003	0.2 ± 0.001	0.7 ± 0.003	0.5 ± 0.001	0.4 ± 0.003
4	Fe	⁵⁹ Fe	1900 ± 294	1414 ± 240	2280 ± 156	2052 ± 113	3522 ± 134	2512 ± 172	2488 ± 119
5	Co	⁶⁰ Co	3.0 ± 0.2	0.8 ± 0.1	0.8 ± 0.04	0.5 ± 0.01	1.2 ± 0.01	0.8 ± 0.03	0.5 ± 0.02
6	Ga	⁷² Ga	8.7 ± 0.5	32.5 ± 1.7	58 ± 3.2	13 ± 0.5	12.5 ± 0.7	10 ± 0.3	56 ± 0.04
7	As	⁷⁶ As	4.1 ± 0.4	1.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.2 ± 0.03	0.9 ± 0.1	0.8 ± 0.03	2.8 ± 1.0
8	Rb	⁸⁶ Rb	1.2 ± 0.4	14 ± 0.5	6 ± 0.2	4.7 ± 0.1	6.4 ± 0.1	5.3 ± 0.2	4.6 ± 0.2
9	Sb	¹²² Sb	0.3 ± 0.02	0.3 ± 0.03	0.7 ± 0.03	0.3 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.8 ± 0.1	1.2 ± 0.2
		¹²⁴ Sb	0.5 ± 0.1	0.1 ± 0.03	0.6 ± 0.02	0.4 ± 0.1	0.7 ± 0.2	0.7 ± 0.1	1.0 ± 0.3
10	Ba	¹³¹ Ba	28.7 ± 3.7	27 ± 1.2	39 ± 3.0	10 ± 0.8	41 ± 2.1	47 ± 2.0	31 ± 2.0
11	La	¹⁴⁰ La	2.0 ± 0.2	1.0 ± 0.2	0.8 ± 0.2	0.5 ± 0.1	1.4 ± 0.2	1.3 ± 0.1	1.5 ± 0.04
12	Hf	¹⁸¹ Hf	0.5 ± 0.1	0.1 ± 0.07	0.4 ± 0.1	0.1 ± 0.01	0.2 ± 0.01	0.3 ± 0.02	0.3 ± 0.02
13	U	²³⁹ Np	8.0 ± 0.1	2.0 ± 0.1	2.5 ± 0.1	0.5 ± 0.01	0.6 ± 0.02	0.5 ± 0.05	0.5 ± 0.01

Заключение

Из измеренных спектров гамма-лучей была получена величина активности ⁴⁰K, ²³²Th и ²³⁸U в образцах растений, отобранных вблизи предприятия *Abu Zabal Company*, Египет. Результаты измерений показали, что суммарная активность образцов существенно не превышает уровня естественной радиоактивности.

Нейтронный активационный анализ, проведенный на 3-м канале ИБР-2, показал, что это эффективный метод анализа ряда элементов в растениях. Были идентифицированы и рассчитаны концентрации 21-го элемента. Содержание некоторых элементов, относящихся к основным загрязнителям окружающей среды, таких как Sr, Co, Zn и As, убывает с увеличением расстояния от фабрики.

Для ряда элементов результаты, полученные абсолютным и относительным методами, существенно расходятся. Это объясняется, видимо, отсутствием достаточно точных ядерных данных для этих элементов. На установке ИБР-

2 существенный вклад в активацию дают резонансные нейтроны, однако потоки тепловых и резонансных нейтронов также определяются с большой погрешностью. Тем не менее абсолютный метод позволяет определить содержание тех элементов, которых нет в стандартном образце.

Авторы работы благодарят за помощь в облучении образцов М. Булавина, ответственного за 3-й канал ИБР-2, а также И. Зинковскую за ряд полезных замечаний.

Библиографический список

1. Беланова Т.С. и др. Игнатюк А.В., Пашенко А.Б., Пляскин В.И. Радиационный захват нейтронов: справочник. М.: Энергоатомиздат, 1986.
2. Драгунов Ю.Г., Третьяков И.Т., Лопаткин А.В., Романова Н.В., Лукасевич И.Б., Ананьев В.Д., Виноградов А.В., Долгих А.В., Едунов Л.В., Пепельшев Ю.Н., Рогов А.Д., Шабалин Е.П., Заикин А.А., Головин И.С. Модернизация импульсного исследовательского реактора ИБР-2 // Атомная энергия. 2012. Т. 113, № 1. С. 29–38.

3. Фронтасьева М.В. Нейтронный активационный анализ в науках о жизни // Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2011. Т. 42, вып. 2. С. 636–716.

4. Шабалин Е.П., Верхоглядов А.Е., Булавин М.В., Рогов А.Д., Кулагин Е.Н., Куликов С.А. Спектр и плотность потока нейтронов в облучательном канале пучка № 3 реактора ИБР-2 // Письма в ЭЧАЯ. 2015. Т. 12, № 2(193). С. 505–516.

5. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR, Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, Sources and Effects of Ionizing Radiation United Nations. New York, 2000.

6. Chu S.Y.F., Ekstrom L.P., Firestone R.B., The Lund/LBNL Nuclear Data Search, Version 2.0, 1999, <http://nucleardata.nuclear.lu.se/toi/radsearch.asp> (режим доступа: свободный).

Поступила в редакцию
15.01.2018

УДК 504.4.054

И. А. Кирпичев, И. Л. Григорьева**Исследование влияния коттеджной застройки береговой зоны
Иваньковского водохранилища на качество воды водоема**

Приведены результаты исследования проб воды Иваньковского водохранилища, отобранных летом 2017 г. На основании полученных результатов сделан вывод о том, что застройка водоохранной зоны Иваньковского водохранилища приводит к загрязнению воды химическими веществами.

Ключевые слова: Иваньковское водохранилище, Волга, застройка, загрязнение, коттеджная застройка.

Об авторах

Кирпичев Илья Анатольевич – студент 1-го курса магистратуры кафедры экологии и наук о Земле Государственного университета «Дубна».

Григорьева Ирина Леонидовна – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник Института водных проблем РАН.

Иваньковское водохранилище – это водоем, расположенный в 130 км от Москвы. Водохранилище играет огромную роль в поддержании и обеспечении столицы водными ресурсами. Значимость определяется тем, что данный водоем является связующим звеном между р. Волгой и Москва-рекой. Этот огромный резервуар обеспечивает судоходство и обводнение р. Москвы. Помимо этого, вода из него используется множеством хозяйственных комплексов, предприятий, а также населением Москвы и Московской области. Велико рекреационное использование водоема. С середины 90-х годов прошлого века по настоящее время интенсивно застраивается водоохранная зона водохранилища.

Объект исследования большей частью располагается на территории Конаковского района Тверской области.

Рельеф района достаточно однороден. Средняя высота местности изменяется от 100 до 150 метров. Максимальное значение – 177 метров. Сам район расположен на пониженной равнине, отличающейся большой сглаженностью моренных форм.

Гидрография Конаковского района имеет развитую речную сеть. В неё входят такие реки, как Дойбица, Инюха, Сучок, Донховка, Орша, Созь, Сосца, Торопка и др. Все они – притоки Иваньковского водохранилища.

На водосборе Иваньковского водохранилища в основном развиты подзолистые и болотные почвы, растительность представлена смешанными и хвойными лесами, луговыми и болотными травами, сфагновыми мхами. Климат умеренно-континентальный со сложными циркуляционными процессами различной интенсивности и направленности.

Водоем играет важную стратегическую роль в жизни многих городов и селений, поэтому необходимо тщательно следить за возможным загрязнением его воды и нарушениями водного законодательства. В настоящее время антропогенная нагрузка на Иваньковское водохранилище чрезвычайно велика. Качество воды соответствует классу «загрязнённая». Основными источниками загрязнения воды являются сброс в водоем промышленно-бытовых и сельскохозяйственных стоков и диффузный сток с береговой зоны, в том числе с участков рекреационного использования и коттеджной застройки береговой зоны.

Территория Конаковского района включает 6 городских и 13 сельских поселений. Сельские поселения объединяют 176 деревень [2].

Значительное рекреационное водопользование на Иваньковском водохранилище объясняется несколькими причинами:

- живописной природой и обширными водными пространствами как самого водохранилища, так и его притоков;
- хорошей транспортной доступностью и близостью к Москве;

- развитой инфраструктурой, особенно на правобережье;

- удовлетворительным экологическим состоянием региона [4].

В настоящее время на берегах многих водоемов практически во всех населенных районах России появилось большое количество объектов недвижимости. Очень часто они располагаются в пределах водоохранных зон водоемов. Их строительство часто происходит с нарушением требований природоохранного законодательства РФ. Соблюдение закона в данном случае является больше исключением из правил, чем нормой. Ежегодно при проверке по Москве и Московской области выявляются нарушения застройки в водоохранных зонах в 20–30% случаев от общего числа проверенных объектов. Эта проблема в полной мере характерна и для Тверской области [6].

Исследование влияния застройки водоохранной зоны водохранилища

Согласно п. 4 ст. 65 Водного кодекса РФ, ширина водоохранной зоны для Иваньковского водохранилища установлена в размере 200 м [1]. Площадь водоохранной зоны Иваньковского водохранилища по нашим подсчётам составляет 101,7 км². При этом застроены – 3,436 км², что составляет 3,4% от всей площади зоны. Наиболее застроенным является правый берег водохранилища, на котором располагаются с. Свердлово, деревни Терехово, Плоски, пос. Энергетик, дачные кооперативы, а также города Конаково и Дубна.

Антропогенная нагрузка на акваторию Иваньковского водохранилища выше, чем на акватории других верхневолжских водохранилищ (табл. 1).

Таблица 1. Показатели антропогенной нагрузки на акваторию водохранилищ

Водохранилище	Города	Общее население, тыс. чел.	Площадь водохранилища	Плотность населения, чел./км ² акватории	Показатель антропогенной нагрузки (2005 г.)	Показатель антропогенной нагрузки (2016 г.)	Показатель антропогенной нагрузки (2017 г.)
Иваньковское	Тверь, Конаково	44 7785	327	1369,37	1,90	1,86	1,87
Угличское	Дубна, Кимры, Калязин, Углич	16 6724	249	669,57	1,68	1,58	1,57
Рыбинское	Череповец	31 5186	4580	68,8	0,75	0,69	0,69

Расчет в таблице произведен по предложенной Г.А. Фруминим формуле [7]:

$$K = -0,97 + 0,901 \cdot \lg PD,$$

где PD – это плотность населения в городе (чел./км²).

Можно видеть, что показатель антропогенной нагрузки на Иваньковское водохранилище колеблется в пределах от 1,86 до 1,9. В 2017 г. произошло небольшое увеличение данного показателя, связанное с увеличением количества жителей города Тверь, расположенного на берегу водохранилища во входном створе. Однако данный метод расчета не включает жителей сел, деревень и поселков, находящихся на берегу водохранилища, а также людей, которые приезжают на берега водоема с целью отдыха.

Чтобы оценить объем бытовых стоков, поступающих в водоем на модельном участке (о. Ниховка – п. Энергетик) при условии, что дома на берегу не оборудованы септиками, пред-

положили, что в одном доме проживают 4 человека, а на одного человека расходуется 100 литров воды в сутки [5]. Полученные цифры представлены в табл. 2. Подсчет количества участков в пределах водоохранной зоны производился в 2016 и уточнялся в 2017 гг.

Расчет количества участков в 2016 г. производился с помощью спутниковой карты. В 2017 г. был сделан подсчет при помощи Классификатора адресов Российской Федерации [3]. Как можно заметить, количество участков в 2017 г. заметно увеличилось в сравнении с 2016 г.:

- 1) на участке с. Свердлово – в 2 раза;
- 2) на участке д. Плоски – в 3 раза;
- 3) на участке д. Терехова – в 1,2 раза;
- 4) на участках СНТ Весна и Щелково – в 1,5 раза.

Это можно объяснить ошибками при подсчете в 2016 г., однако не исключено и то, что за год количество зарегистрированных участков

возросло. Соответственно, возросло и количество воды, поступающее в водоем со стоками (табл. 2).

Таблица 2. Численность населения и объемы сточных вод от населенных пунктов в сутки

Населенные пункты	Количество домов (2016)	Количество домов (2017)	Человек, в среднем (2016)	Человек, в среднем (2017)	Литров воды, в среднем (2016)	Литров воды, в среднем (2017)
Свердлово	124	267	496	1068	49600	106800
Плоски	63	181	252	724	25200	72400
Терехово	101	129	404	516	40400	51600
Весна	51	74	204	296	20400	29600
Щелково	31	44	124	176	12400	17600

Как видим, объемы стоков с территории исследуемого участка значительны. К сожалению, далеко не все дворы оборудованы канализацией и имеют коммуникации. Многие из них используют выгребные ямы и колодцы, в которых накапливаются продукты жизнедеятельности человека. Просачиваясь в грунтовые воды, а также смываясь с дождевыми потоками, они могут попадать в водохранилище, загрязняя его различными веществами и элементами. Среди

них можно выделить, фосфаты (PO_4), нитраты (NO_3), ионы аммония (NH_4) и др.

Исследование влияния коттеджной застройки на качество воды Иваньковского водохранилища проводилось летом 2016 и 2017 гг. Отбор проб производился в створах: о. Низовка (фоновый створ), устье р. Терехова, Дунькина гора, с. Свердлово и д. Плоски (замыкающий створ). Пробы во всех створах, кроме устья Тереховы, отбирались у правого и левого берегов и на фарватере (поверхность и дно) (рис. 1).



Рис. 1. Спутниковая карта с отмеченными створами

Отбор проб воды в 2017 г. осуществлялся 25 июля. Выход на водохранилище производился

в 10 часов утра на моторной лодке. Отбор проб был выполнен в соответствии с ГОСТ 31861-

2012. Распределение значений ряда показателей и ингредиентов, определенных в пробах воды, по створам представлено на рис. 2–7.

Наибольшие значения pH наблюдались в створах р. Терехова и у д. Плоски у правого берега водохранилища (8,15 и 8,18 соответственно). Такие высокие значения pH свидетельствуют о присутствии биогенных веществ в

воде, действие которых приводит к смещению pH в щелочную сторону. В 2017 г., так же, как и в 2016 г., значения pH у правого берега водоема были выше, чем у левого и на фарватере и выше в замыкающем створе у правого берега, чем в фоновом у того же берега.

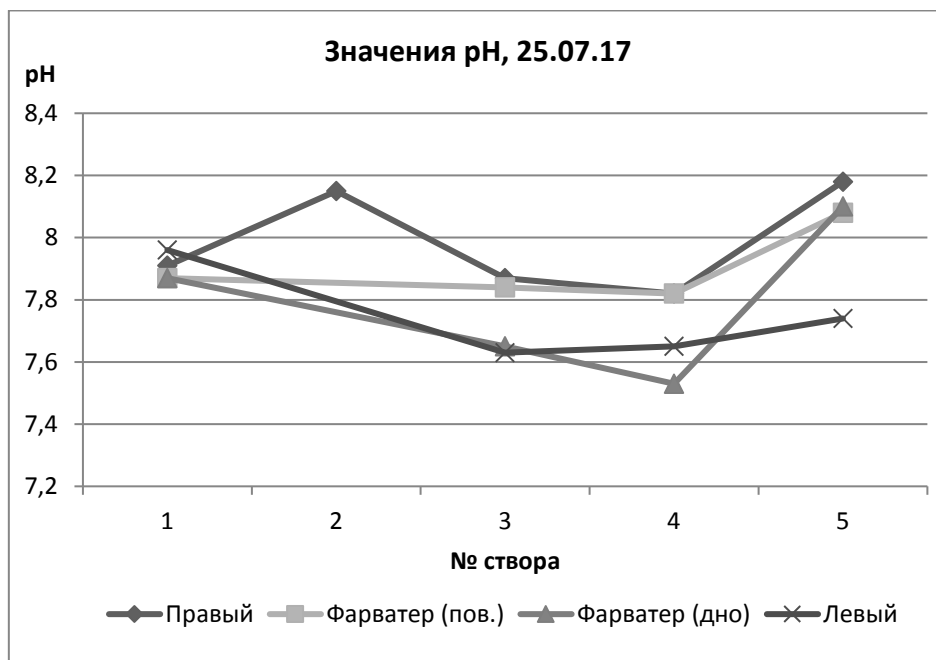


Рис. 2. Значения pH 25.07.17 (створы: 1 – о. Низовка; 2 – р. Терехова; 3 – Дунькина гора; 4 – с. Свердлово; 5 – д. Плоски)



Рис. 3. Значения температуры воды 25.07.17 (створы: 1 – о. Низовка; 2 – р. Терехова; 3 – Дунькина гора; 4 – с. Свердлово; 5 – д. Плоски)

Температура воды во время исследований колебалась от 20,1 до 24,3 °С на поверхности и около 19,7 °С у дна. Максимальная температура

была зафиксирована у мелководного левого берега в створе Дунькина гора.

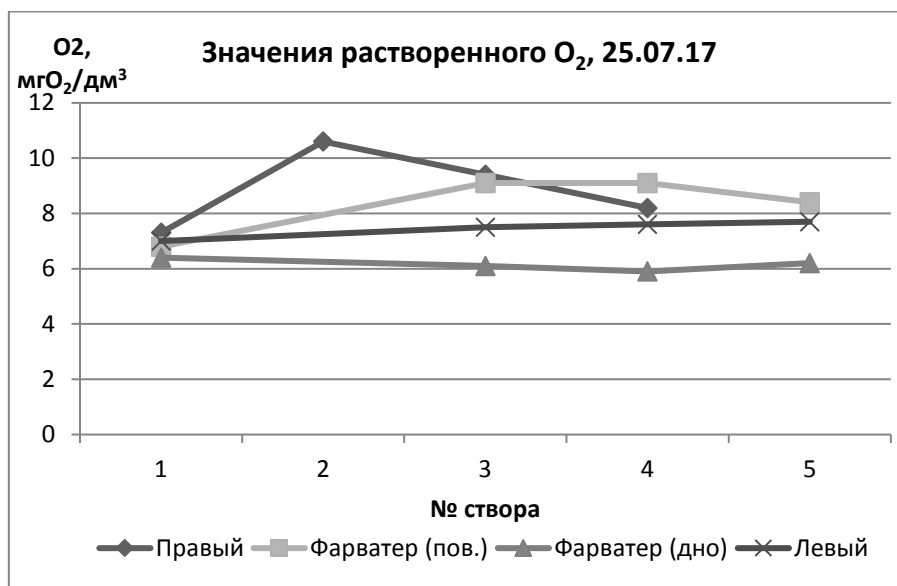


Рис. 4. Значения растворенного кислорода 25.07.17 (створы: 1 – о. Низовка; 2 – р. Терехова; 3 – Дунькина гора; 4 – с. Свердлово; 5 – д. Плоски)

Содержание растворенного в воде кислорода в пробах, отобранных 25.07.17, приблизительно равнялось значениям, зафиксированным

летом 2016 г. Максимальное количество растворенного кислорода наблюдалось в створе р. Терехова (10,6 мг O_2 /дм³).



Рис. 5. Значения аммоний-иона 25.07.17 (створы: 1 – о. Низовка; 2 – р. Терехова; 3 – Дунькина гора; 4 – с. Свердлово; 5 – д. Плоски)

Ионы аммония накапливаются в водоеме при распаде азотсодержащих органических соединений. Наличие этого загрязнителя в концентрациях, превышающих ПДК, указывает на «свежее» загрязнение водоёма. ПДК_{рыб.} иона аммония – 0,5 мг/дм³. Заметное превышение ПДК наблюдалось у правого берега у с. Свердлово (0,97 мг/дм³), а также на фарватере в этом же створе (0,69 мг/дм³). У правого берега в замы-

кающем створе и в створе у с. Свердлово концентрации иона аммония были выше, чем в фоновом створе, что является свидетельством влияния застройки на качество воды водоема.

Поступивший в водоем аммиак быстро окисляется до нитрат-формы. Повышенные значения нитрат-аниона характерны для створа у с. Свердлово на фарватере (2,1 мг/дм³).

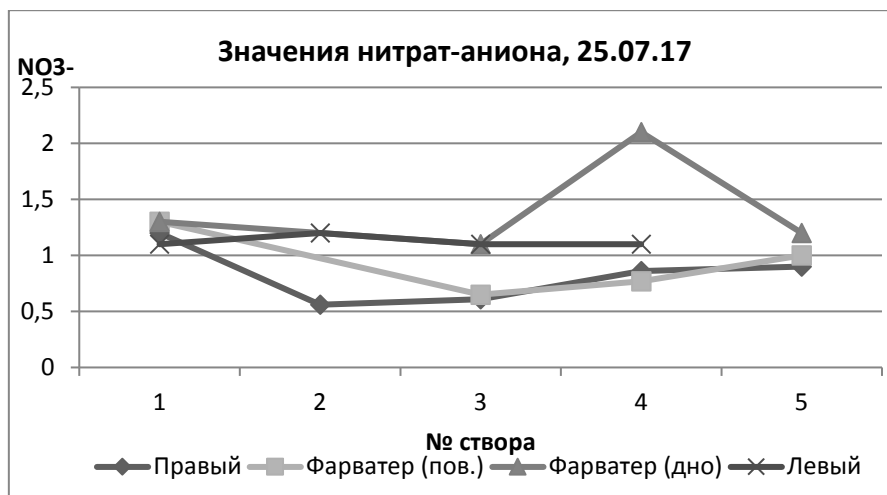


Рис. 6. Значения нитрат-аниона 25.07.17 (створы: 1 – о. Низовка; 2 – р. Терехова; 3 – Дунькина гора; 4 – с. Свердлово; 5 – д. Плоски)

Немаловажным является загрязнение водоема фосфатами (PO_4^{3-}), т.к. фосфаты, наряду с нитратами, являются лимитирующими факторами развития фитопланктона. Причиной повышения концентрации фосфатов является эрозия пахотных земель, в которых содержатся удобре-

ния, а также бытовые стоки (содержащие моющие средства и фекалии). ПДК_{рыб.} для фосфатов составляет 0,2 мг/дм³. Близкие к ПДК концентрации наблюдались в створе у с. Свердлово, так же как и концентрации ионов аммония, у правого берега и на фарватере.

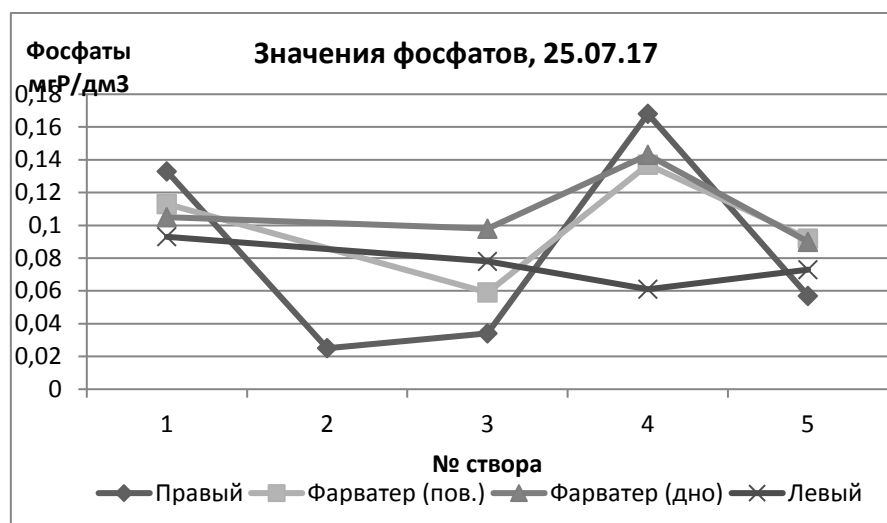


Рис. 7. Значения фосфатов 25.07.17 (створы: 1 – о. Низовка; 2 – р. Терехова; 3 – Дунькина гора; 4 – с. Свердлово; 5 – д. Плоски)

Выводы

За последние 20 лет произошло резкое увеличение количества коттеджных поселков в водоохранной зоне Иваньковского водохранилища. Этот процесс ведет к увеличению антропогенной нагрузки на исследуемый водоем. Проблема является типичной для многих водохранилищ Волжского каскада.

Хозяйственная деятельность в пределах изучаемой территории приводит к смыву в водоем нитратных, нитритных, аммонийных, фосфатных соединений, что нарушает сложившийся баланс в экосистеме водохранилища.

Согласно исследованиям, проведенным в 2016 и 2017 гг., наибольшие концентрации загрязнителей наблюдаются в створе у с. Свердлово. Это NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} . Согласно данным табл. 2, этот населенный пункт является лидером по количеству коттеджных участков, расположенных в пределах водоохранной зоны водоема. На этом участке вероятен наибольший смыв загрязненных вод с береговой территории. Помимо этого, не исключен перенос загрязненных вод от населенных пунктов, расположенных выше по течению водохранилища.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что застройка и бесконтрольное использование территории водоохранной зоны приводит к загрязнению водоема различными биогенными веществами, что приводит к увеличению «цветения» водоема.

Какими могут быть пути решения данной проблемы? Если на территории коттеджного участка установлена выгребная яма, то ее поверхность должна быть полностью водонепроницаемой. Другой вариант – это использование установок биологической очистки бытовых сточных вод. Данные устройства не занимают большого пространства и устанавливаются под землей. Такие очистные сооружения не требуют ежедневного ухода, необходима лишь очистка фильтра компрессора 1 раз в месяц и откачка осадка (избыточного ила) 1 раз в год.

Необходим постоянный мониторинг водохранных зон водохранилища, выявление слу-

чаев нарушения природоохранного законодательства и принятие действенных мер к его нарушителям.

Поскольку в настоящее время водоохранная зона Иваньковского водохранилища уже значительно застроена, то на некоторых участках необходимо ограничение дальнейшего строительства.

Работа выполнена при финансовой поддержке научного гранта Губернатора Московской области 2017 г. (Постановление от 03.04.17 № 150-ПП).

Библиографический список

1. Водный кодекс Российской Федерации № 74-ФЗ от 03.06.2006 (ред. от 29.07.2017) // Консультант-Плюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/4c65ff0f232195d8dc5c08535d2c3923d5b67f1c/ (режим доступа: свободный. Дата обращения: 01.11.17).
2. Григорьева И.Л., Ланцова И.В., Тулякова Г.В. Геоэкология Иваньковского водохранилища и его водосбора. Конаково, 2000. 248 с.
3. Конаковский район // КЛАДР РФ – Классификатор адресов Российской Федерации. – URL: <https://kladrf.ru/69/015/> (режим доступа: свободный. Дата обращения: 11.11.17).
4. Ланцова И.В. Влияние рекреационного использования на качество воды Иваньковского водохранилища // Вестник РУДН. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». 2009. № 1. С. 42–50.
5. Нормы потребления воды в месяц на человека без счетчиков в 2017 году // ЖКХ Инфо – все о тарифах. – URL: <http://zhkhinfo.ru/schetchiki/normy-potrebleniya-vody-v-mesyac-na-cheloveka-bez-schetchikov-v-2015-2016-godu.html> (режим доступа: свободный. Дата обращения: 01.11.17).
6. Строительство возле воды // Коттеджный поселок Айдар. – URL: <http://www.aidar.su/stroitelstvo-voze-vodi.html> (режим доступа: свободный. Дата обращения: 01.11.17).
7. Фрумин Г.Т. Оценка состояния водных объектов и экологическое нормирование. СПб.: Синтез, 1998. 96 с.

*Поступила в редакцию
15.01.2018*

УДК 621.039.009

М. А. Махновец, И. Я. Шимон**Качество жизни строителей и жителей г. Озерска в зоне особого режима**

Основное содержание исследования составляет анализ трудностей, возникших при построении реактора, и их преодоления в условиях дефицита информации, времени и ресурсов. В статье также рассмотрены меры поощрения работников. Говорится о нечеловечески сложных условиях работы и о единении людей. Дается сравнение уровня жизни в Озёрске на время строительства города с уровнем жизни по СССР в целом.

Ключевые слова: ядерная катастрофа 1957 г., зона особого режима, атомный реактор «Аннушка», Челябинск-40, Озерск.

Об авторах

Махновец Мария Александровна – студент-бакалавр кафедры фундаментальных проблем физики макромира Государственного университета «Дубна».

Шимон Иван Ярославович – доктор исторических наук, профессор кафедры социологии и гуманитарных наук Государственного университета «Дубна».

Сейчас можно найти достаточное количество информации о создании атомного производства в нашей стране, которая обычно содержит описания научно-технических достижений и новых технологий. Но при этом выпадает один из важнейших аспектов – людской быт. А как всё это строилось? Где жили рабочие? Каково им было? О чём мечтали? Что ели? И главное, как выживали? Без ответа на эти вопросы нельзя полностью оценить картину происходящего. Мы должны знать, что чувствовал человек в эти нелёгкие дни.

Условия строительства были исключительно тяжёлыми [6]. Суровая уральская снежная зима и непростая геология усложняли строительство. Никаких путеукладочных или балластировочных машин, экскаватора или бульдозера не было. Грунт перемещался вручную, шпалы и рельсы развозили вагонеткой. Более того, подъём пути из-за нехватки домкратов производился с помощью рельс, используемых как рычаг. Обильный осенний паводок на время выбил строителей из графика. Основной рабочей силой стали военные строители, часть из которых была из не подлежащих демобилизации участников войны. Работали самоотверженно, круглосуточно. Ни для кого не секрет, что также производился специальный отбор заключённых, имеющих наиболее высокую производственную квалификацию до суда. Никому не сообщалось, для чего их всех собрали на этом месте и какова

истинная цель и, что самое страшное, насколько опасными будут условия работы.

С первых дней стройки главной проблемой оказалось электроснабжение. Сначала приходилось работать при свечах, пока не построилась передвижная электростанция мощностью в 50 кВт, но этой мощности не хватало.

Для размещения строительных рабочих были арендованы животноводческие постройки. Для перевозки дров изначально использовались три танка «ИС», что не было эффективно, т.к. танки постоянно застревали в болотах и часто выходили из строя без должного технического обслуживания. Вскоре танки были заменены гужевыми повозками. Во всей округе не было ни одной дороги с твёрдым покрытием, поэтому даже мелкий дождь делал местность непроходимой. Потребности работников возрастали, и одной из главных задач было строительство железной дороги. В 1946 г. на заснеженные поляны легли следы строителей-железнодорожников: впереди шли геодезисты, они выполняли работу по изысканию днём, а ночью шло проектирование отдельных участков [4].

В начале апреля на строительство пришло 2000 солдат. Их разместили в длинных землянках, непригодных для постоянного проживания. До 1 июля необходимо было обеспечить солдат казармами-полужемлянками и деревянными зданиями. Инженерно-технические работники размещались в утеплённых верандах пионерского лагеря. Особенно тяжело пришлось строителям в апреле и мае, когда вся территория

строительных объектов стала фактически непроездимой, земля превратилась в «кашу». Да и строить было не из чего. Основные материалы – цемент и кирпич – были привозными и направлялись, прежде всего, на строительство завода. Со временем люди перестали обращать внимание на тесноту из-за усталости. Ненормированный рабочий день на сильном морозе [4].

Для улучшения качества жизни солдат помещение близлежащего бывшего цеха оборудовали под баню, единственную для строителей и работников завода. Остро давал о себе знать недостаток хлеба. После долгих поисков была найдена развалившаяся хлебопекарня, до которой приходилось идти пешком почти 10 км. Как же люди справлялись с такими сложностями, спросите вы. Как они смогли выстоять? Существовали формы материального и иного поощрения:

1) начальник Челябинского металлургического завода разрешил ввести 10-часовой рабочий день;

2) особо отличившимся работникам выдавали спиртное, табак, продукты питания (например, мясные и рыбные консервы), им передавалось 45% заготовленной овощной продукции, половина поголовья свиней.

А ведь эти продукты были в дефиците. Засуха 1946 г. уничтожила почти весь урожай. Организация снабжения промышленными и продовольственными товарами способствовала стимуляции труда и поднятию духа на производстве. В качестве поощрения передовикам производства выделялись талоны на покупку сукна, сапог, часов, шапок, галош, куска вуали или блузки. Безусловно, имели место и денежные премии, которые чаще всего отправлялись родным посылками. В 1947 г. была введена стахановская книжка для рабочих, выполнявших норму на 200% и более. Стахановец имел право на получение 100 г водки и 25 папирос ежедневно. Вольнонаёмные, используя вышеупомянутые книжки, могли дополнительно каждый месяц получать 4,5 кг мяса или рыбы, 600 г жиров, 1,5 кг рыбы, 15 кг овощей и 6 л молока.

Активное участие в осуществлении уранового проекта принимал первый заместитель министра внутренних дел СССР генерал-полковник В.В. Чернышев. Помимо многочисленных дел в его обязанности входила выдача разрешений на прокат художественных фильмов. Но так как Чернышев находился на «сороковке», самые новые фильмы сначала доставлялись туда, перед показом в кинотеатрах СССР, и в небольшом уральском кинотеатре рабочие с семьями смотрели

фильмы раньше, чем их могли увидеть москвичи.

Завод – сложное технологическое звено в создании бомбы, именно тут формировалась смертоносная начинка – плутониевый заряд. Отсутствие малой механизации на строительстве стало заметно тормозить работу: кроме лопат, кувалд и кирок у рабочих просто ничего не было. Зимой 1946–1947 гг. завод № 817 работал в наихудших условиях. По-прежнему не было ни крыши, ни отопления, ни стёкол, поэтому во всех помещениях дымились мангалы, из-за дыма и газа которых было темно даже днём, а рабочих к концу дня качало от отравления. Стены помещений, где жили работники, промерзали насквозь, с крыш текло, а одежда постоянно оставалась мокрой. Для поддержки рядом с бригадой находился оркестр, который непрерывно играл марш, поднимая настрой труженников [4].

Еженедельно рабочие ремонтно-механического завода являлись к коменданту для отметки, чтобы удостовериться, что человек никуда не сбежал и всё ещё жив. Вся переписка с родными и близкими вскрывалась. Конечно, некоторые не выдерживали. Непривычные условия жизни, жёсткая изоляция и режим секретности действовали на многих первостроителей угнетающе, порождая самые разные негативные проявления. Некоторые спецпереселенцы и строители сбежали. Их находили и наказывали.

Очевидцы рассказывают: каждый день утром и вечером двигались колонны заключённых-строителей под вооружённым конвоем в сопровождении овчарок. Целые участки улиц обносили колючей проволокой [8].

Спецпереселенцы, понимая, что они задержатся в этом месте надолго, хотели воссоединиться с семьями [2]. Администрация не возражала против таких намерений рабочих, но жильё не предоставляла, поэтому началось массовое строительство землянок, домиков и сараев. Материал на эти сооружения шёл любой, и в скором времени выросли целые поселения, которые имели названия «шанхай» или «нахаловки».

Как итог первого года строительных работ, несмотря на небывалые холода, абсолютное бездорожье и отсутствие адекватных жилищно-бытовых условий, была проделана огромная работа. Люди не щадили себя. Этот год, первый в становлении города Озерска, принёс множество испытаний своим жителям.

Все трудились без отпусков, выходных, даже в ночную смену. Особенно усложняли работу обильные грунтовые воды, бороться с которыми становилось всё труднее. Строители не располагали тогда мощными насосами, поэтому было решено установить промежуточную станцию с большими ёмкостями.

Поистине героическими усилиями за 19 месяцев на пустом месте создана инфраструктура огромной стройки, на которой работал многотысячный коллектив, способный решать сложнейшие задачи в условиях острого дефицита ресурсов и времени.

7 февраля 1948 г. на объекте «А» или, как, его любовно называли строители, на «Аннушке» наступает наиболее ответственный момент. Предстояло уложить в реактор почти 500 т сверхчистого графита. Малейшее загрязнение могло сделать невозможным работу уранового реактора.

25 февраля вышел приказ, где были описаны очень жёсткие правила работы и поведения всех участников сооружения графитовой кладки:

- в помещении, где шла кладка, запрещалось курение и приём пищи;
- вся верхняя одежда, личные вещи и обувь оставлялись в раздевалке;
- ограничилось количество рабочих, имеющих доступ к кладке;
- был установлен 12-часовой рабочий день с перерывом на обед в течении 2 часов;
- для участников кладки дополнительно выделялось 0,5 л молока и 50 г масла.

С первых часов работы реактора начались непредвиденные ситуации. В первые сутки работы на проектной мощности произошло разрушение урановых блоков и их спекание с графитом из-за недостаточного охлаждения («козёл»). Решает эту проблему простой рабочий Поздняков за одну смену, впоследствии его изобретение было названо «козлодёром». Превышенный почти в 300 доз уровень радиоактивности воды остановил работу реактора полностью. Повышенный фон гамма-излучений и большая концентрация радиоактивности привели к переоблучению персонала и загрязнению здания.

Реактор выводится на полную мощность, так и не ликвидировав до конца результаты первой аварии. Вторая такая же авария случилась на 36-й день пуска, но реактор останавливать не стали. Самоотверженность и героизм работников мы можем только представлять! Ведь эти люди

получили годовую дозу облучения в считанные дни [2]. 20 января 1949 г. реактор поставлен на капитальный ремонт. Несмотря на все трудности, необходимый объем плутония для атомной бомбы был наработан. Позже для улучшенной работы реактора был изобретён ряд приспособлений. К названию подошли с юмором, был разработан набор штопоров, ведь считалось, что «русский мужик всё извлекает штопором» [9].

Проблемы на этом не закончились. За строительством «Аннушки» началось возведение объекта «В» – радиохимического завода [2]. Одним из крупнейших сооружений этого объекта была железобетонная труба высотой более 150 м. В один морозный день строители поспешили с очередным подъёмом опалубки, когда бетон ещё не набрал прочность. Тепляк, находящийся на высоте 143 м, сильно накренился вбок. Несколько человек разбились насмерть. Тогда начальство обратилось с просьбой о восстановлении тепляка к заключённым, обещав им освобождение, независимо от срока. Тепляк починили. Обещание сдержали.

В 1948–1952 гг. началось облагораживание города: застраивался Парк культуры и отдыха, появились объекты здравоохранения в больничном городке. Народ умудрялся даже в самом тесном бараке найти место под патефон, устраивались танцы в подъездах общежитий. По выходным и после работы любили гулять в лесу, который за три года превратился в благоустроенный парк. Возникли два самостоятельных спортивных коллектива: «Родина» – работники комбината и «Динамо» – строители. В 1949 г. был возведён стадион «Строитель», который активно используется по назначению и по сегодняшний день.

29 сентября 1957 г. примерно в 16.30 раздался взрыв. От ударной волны взрыва вылетели стёкла из всех окон казарм, были сорваны ворота. Все военнослужащие бежали в оружейный парк, часовой занял оборонительную позицию у колодца. «Рядовой Пятренко, где Вы?», а тот вылез из колодца и спросил: «Товарищ, старший лейтенант, началась война?». Офицер приказал рядовому надеть противогаз и вести службу в обычном режиме. Огромный столб пыли направлялся к расположению полка. Через несколько минут солнце закрыло чёрно-серо-бурое облако, служебные собаки вели себя беспокойно, птиц не было, а что чувствовали люди, стоящие под этим облаком, страшно представить [3]. Комис-

сия по ликвидации последствий аварии откладывает расследование на сутки, но есть большая вероятность, что оставшиеся ёмкости повторят судьбу банки № 14 [7]. Было решено сверлить отверстие в бетонной стене и подать воду. Всё это происходило на смертельно опасном участке, т.к. работать в эпицентре взрыва без последствий можно было всего 2–3 минуты [3].

Как именно убрать с тела радиацию, никто не сказал. Все военнослужащие проходили санитарную обработку в бане несколько часов, всех переодели в чистую одежду, но радиоактивные вещества внедрились глубоко в кожный покров, такая обработка не дала результатов. 30 сентября началась эвакуация оружия и боеприпасов. Часть «сильно загрязнённых» орудий закопали в котловане, а более «чистое» оружие пытались отмыть, снимали стружку с деревянных частей, металлическую часть чистили шкуркой, но полностью отмыть оказалось невозможным. «Загрязнённое» оружие на склад не принимались, поэтому у солдат не было выхода – приходилось нести службу с заражённым оружием. Челябинску-40 повезло, радиоактивный след ушёл в другую сторону – на сельскую местность, покрывая площадь в 1000 кв. км Челябинской, Свердловской и Тюменской областей с населением 272 тысячи человек, которые проживали в 217 населённых пунктах [5].

Как ликвидировать последствия? Со многими проблемами сталкивались впервые, не хватало техники, приборов, а главное – опыта [6]. Одним из наиболее загрязнённых объектов являлись дороги. Их омывали специальным раствором, в наиболее загрязнённых местах снимали почву (до 20 см) и отвозили этот слой на могильники. Деревья также спиливались и отправлялись на могильники. Что касается одежды, её приходилось уничтожать после каждой смены, сбрасывать в карьер, заливали водой, а затем засыпали землёй [3].

Тем временем радиационный фон в Челябинске-40 заметно увеличился, однако на это почти не обратили внимания. В течение 2-х месяцев после аварии запрещалось что-либо сообщать о ней, всё держалось в строжайшей тайне. Для «очистки» города были предприняты необходимые меры: автобусы с промплощадки сменялись на городские после КПП, улицы в городе мылись ежедневно, была организована мойка машин при въезде в город, осуществлялась проверка дозиметристами квартир [4].

На контрольно-пропускных пунктах проходили через проточные поддоны для мойки обуви, которая особенно загрязнялась. Здесь происходили различные казусы. На второй день после установления подобного контроля с места аварии возвращался на автомобиле министр Е.П. Славский. Переодевался он в заводоуправлении, расположенном в городе. Дежуривший в это время на КПП опытный дозиметрист Ю.А. Петров остановил машину и велел Славскому выйти из нее. Замерив резиновые сапоги министра дозиметром, он попросил его подойти к обмывочному поддону. Ефим Павлович молча посмотрел на дозиметриста, медленно снял один сапог, затем второй и, выбросив их на обочину, властно приказал шоферу: «Поехали!». Потом многие видели в заводоуправлении, как министр Славский, довольно крупный мужчина, шел по лестницам в одних носках: «Надо же, сам Славский, – передавали друг другу, – остановлен был на КПП каким-то дозиметристом». Соблюдать все требования на КПП стали безоговорочно [3].

Многие смутно понимали, что случилось. Так, в селе Бердяниш, люди жили обычной жизнью, когда приехали дозиметристы. Ребятишки бегали, играли, веселились. Л.И. Ильин подходил к детям с прибором и говорил, что может с лёгкостью определить, кто из них съел больше каши, и ребята с удовольствием подставляли животы, поле которых являлось 40–50 мкР/сек на каждого. Очень «грязные» были коровы. Приходилось загонять их в силосные ямы и расстреливать, что угнетающе действовало на людей. Эвакуация из родной деревни проводилась очень трудно, представляя все тяготы расставания с нажитым хозяйством, жители уверяли, что никакой «грязи» нет.

Что касается здоровья озерчан, за ним чутко блюли, насколько это было возможно [3]. Ещё до пуска первого реактора была создана Государственная служба контроля радиационной безопасности, осуществлявшая руководство всей системой медицинского обслуживания и атомной отрасли. Всё усложняла секретность. Даже начальник медико-санитарного отдела завода не знал реальные цифры, определяющие масштабы загрязнения. 5–7 раз в год все работники предприятия проходили тщательные медицинские осмотры. Типичные диагнозы:

- здоров, может работать в прежних условиях;

- имеются неглубокие отклонения, повторить медицинский осмотр через две недели;
- имеются существенные отклонения (работников переводили в «чистые» условия, разрешалась работа не по специальности, выдавался трудовой больничный лист);
- имеются стойкие сдвиги, вызванные радиоактивным излучением (работник направлялся на дообследование и проходил лечение в стационаре, для компенсации потери заработной платы выдавалась временная инвалидность 3-й группы).

Необходимо отметить, что обеспеченность горожан врачами, медицинским персоналом и больничными койками была выше, чем в целом по Советскому Союзу [4].

В 1950–1954 гг. рождаемость на 1000 человек составляла 50,4, в то время как по всей стране она была не выше 26,4, но ближе к 1991 г. начался спад рождаемости. Это связано с тем, что изначально на производство посылали молодых специалистов, что обуславливало увеличение потенциальных женихов и невест, а значит, и увеличение частоты браков. Так как въезд в город был почти невозможен, население старело, молодое поколение разъезжалось на службу в армию или на учёбу и рождаемость падала.

В те же годы смертность на 1000 человек в Озерске составляла 6,3, в стране – 9,4. Это объясняется уже не возрастными различиями, а более высоким уровнем доступности медицинской помощи населению. Парадоксально, но факт, что общая продолжительность жизни в Челябинске-40, несмотря на болезни, тяжёлые работы, и, учитывая все тяготы существования сотрудников, оказался выше, чем по стране в целом! Благодаря тому, что Челябинск-40 отличался от других регионов страны высоким уровнем обеспеченности жильём, объектами социальной сферы, средней заработной платой и сбалансированным питанием, продолжительность жизни ещё надолго оставалась стабильной и достаточно высокой [4].

В 1959 г. каждый житель Челябинска-40 в среднем в год потреблял около 43 кг мяса, 126 кг молока и других молочных продуктов, тогда как в Челябинской области эти показатели были ниже в 2 раза. Начала появляться бытовая техника: стиральные машины, холодильники, швейные машины, телевизоры, радиоприёмники и

утюги. С каждым годом росла численность легковых автомобилей, находящихся в индивидуальном пользовании жителей города.

Анализ социального благополучия населения Озерска на 2006 г. показывает, что основная масса жителей здесь оценивает уровень жизни своей семьи как средний (рис. 9). Подавляющая часть работающих озерчан удовлетворена своим трудом, его содержанием. В Озерске налицо довольно высокая удовлетворённость населения бытом, большинство удовлетворены собственным досугом. Значительная часть жителей города настроена положительно и настроена действовать в целях улучшения своего нынешнего положения [1].

«Маяк» по-прежнему входит в число предприятий оборонного комплекса, но характер производства существенно изменился. Большинство реакторов, включая все уран-графитовые, остановлены. Химическое производство, сопряжённое с изготовлением оружейного плутония, также приостановлено. Химзавод занимается регенерацией уранового топлива с работающих АЭС и судовых реакторов, сохранено производство изотопов на тяжеловодных реакторах. На промплощадке комбината строится Южно-Уральская АЭС с реактором на быстрых нейтронах [2].

Библиографический список

1. Козлов В.Н. Качество жизни населения закрытого административно-территориального образования // Вестник Челябинского государственного университета. 2008. № 7. С. 155–162.
2. «Маяк» – наша гордость и боль: воспоминания жителей г. Дубны – бывших работников ПО «Маяк» / отв. ред. А.И. Бабаев. Дубна: ОИЯИ, 2007. 76 с.
3. Новоселов В.Н. Атомный след на Урале // Южноуральская панорама. Челябинск: Рифей. 1997. № 25, 26. 239 с.
4. Новоселов В.Н., Толстиков В.С. Тайна «соковок». Екатеринбург: Уральский рабочий, 1995. 320 с.
5. <http://industrial-disasters.ru/disasters/kyshtym/> – Техногенные катастрофы: «Надо знать об этом, чтобы оно никогда не повторилось». Кыштымская авария, СССР, 1957 г. (режим доступа: свободный. Дата обращения: 10.09.2017).
6. <http://libozersk.ru/pages/index/1158> – Сайт центральной библиотечной системы города Озерска (режим доступа: свободный. Дата обращения: 05.09.2017).

7. <http://news.bcm.ru/ecology/2011/4/01/50500/1> – Новостной портал NEWS BCM. Техногенная ядерная авария на производственном объединении «Маяк». Трагедия села Муслимово (режим доступа: свободный. Дата обращения: 14.09.2017).

8. <http://u24.ru/news/5856/ozersk-s-vysoty-ptich-ego-poleta> – Озёрск с высоты птичьего полёта.

Секретный город атомщиков теперь можно рассмотреть в деталях (режим доступа: свободный. Дата обращения: 08.09.2017).

9. <http://www.po-mayak.ru/wps/wcm/connect/mayak/site/info/museum> – Виртуальный музей ПО «Маяк» (режим доступа: свободный. Дата обращения: 11.09.2017).

*Поступила в редакцию
15.01.2018*

УДК 622.276.03:532

В. Н. Сокотущенко**Математическое и экспериментальное моделирование процессов фильтрации углеводородов в газоконденсатном пласте**

Рассматривается математическая модель, позволяющая адекватно рассчитать количественные параметры процесса течения газоконденсатной смеси в пласте с учетом фазового перехода в системе газ–конденсат, которая может служить основой для решения актуальных прикладных задач. Проведенная серия экспериментов (экспериментальные данные предоставлены ОИВТ РАН) и разработанная математическая модель позволяют рассчитать гидродинамические характеристики процесса фильтрации газоконденсатной залежи как колебательной системы и получить их качественное и количественное соответствие.

Ключевые слова: многофазная фильтрация, фазовые переходы, математическое моделирование, газоконденсат, колебательная система.

Об авторе

Сокотущенко Вадим Николаевич – кандидат технических наук, доцент Государственного университета «Дубна», заместитель заведующего кафедрой физико-технических систем Государственного университета «Дубна».

Газоконденсатные месторождения различаются между собой как условиями залегания углеводородов (внутрипластовой температурой и давлением, пористостью коллектора, свойствами и составом пластовой системы, наличием или отсутствием нефтяной и водной оторочки), так и составом пластовой смеси. Учет влияния всех факторов, определяющих поведение газоконденсатной системы, в условиях натурного эксперимента представляет практически неразрешимую задачу. Для прогнозирования разработки реальных месторождений и исследования закономерностей внутрипластовой фильтрации требуется создание моделей, основанных на теории многокомпонентной фильтрации с учетом теплофизических свойств углеводородных смесей, а также термодинамических и гидродинамических условий, при которых происходит процесс фильтрации. К основной задаче моделирования относится качественная и, при возможности, количественная оценка зависимости динамики конденсатоотдачи от методов воздействия на продуктивный пласт. При этом моделирование усложняется вследствие необходимости учета гидродинамических, тепловых и физико-химических процессов. Нестационарные процессы, происходящие при фильтрации углеводородной смеси в пористом коллекторе, моделиро-

вались в одномерном приближении в изотермических условиях. Газовый конденсат представляет собой сложную смесь метана и высших производных метанового ряда. Фазовая диаграмма такой смеси содержит в себе область, в которой при понижении давления возможно образование ретроградной жидкости, испаряющейся с дальнейшим уменьшением давления, так называемую «ретроградную область».

Одна из проблем разработки газоконденсатных месторождений состоит в выпадении в пласте газового конденсата [1–5]. Газовый конденсат может образовываться в пласте при постоянной температуре в процессе снижения пластового давления. Началу образования газового конденсата соответствует некоторое пороговое давление P_m в пласте. Затем при снижении давления объем жидкой фазы в пласте растет. При снижении давления в пласте от P_m до давления P'_m (давление максимальной конденсации), насыщенность конденсатом возрастает до максимальных значений, возникает явление – ретроградная конденсация. При дальнейшем снижении давления насыщенность породы конденсатом падает. Фильтрация многокомпонентной двухфазной смеси к забою скважины вызывает увеличение насыщенности конденсатом порового пространства по сравнению с процессом дифференциальной статической конденсации вплоть до образования «конденсатной пробки». При этом ухуд-

шается и качество добываемого сырья – наиболее ценная его часть концентрируется в трудно-извлекаемой жидкой фракции [1; 3].

Математическое моделирование

В данной работе математическая модель для решения задачи фильтрации реальной многофазной многокомпонентной смеси с фазовыми переходами принимается как псевдобинарная модель течения газоконденсатной смеси с учетом фазового перехода, в котором многофазная многокомпонентная смесь заменена простой двухфазной – газом и конденсатом. Для определения профилей насыщенностей, давлений и скоростей фильтрации фаз выпишем систему дифференциальных уравнений фильтрации смеси [6]:

1. Уравнения движения фаз с учетом инерциальных сил:

$$\rho_g \frac{\partial}{\partial t} \mathbf{u}_g + \frac{\mu_g m}{k_g} \mathbf{u}_g = -\nabla P, \quad (1)$$

$$\rho_c \frac{\partial}{\partial t} \mathbf{u}_c + \frac{\mu_c m}{k_c} \mathbf{u}_c = -\nabla P, \quad (2)$$

где $\rho_g, \rho_c, \mu_g, \mu_c, P, \mathbf{u}_g, \mathbf{u}_c, m, k_g, k_c$ – соответственно плотности, вязкости, давление и векторы скорости *gas*-фазы и *condensate*-фазы, пористость и проницаемости, ∇ – оператор набла;

2. Уравнения неразрывности для обеих фаз газоконденсатной смеси в пористой среде с учетом фазового перехода *gas-condensate*:

$$\operatorname{div}(\mathbf{u}_g \cdot \rho_g) + \frac{\partial}{\partial t} (m \cdot S_g \cdot \rho_g) + M_g = 0, \quad (3)$$

$$\operatorname{div}(\mathbf{u}_c \cdot \rho_c) + \frac{\partial}{\partial t} (m \cdot S_c \cdot \rho_c) - M_g = 0, \quad (4)$$

где S_g, S_c – насыщенности пористой среды соответственно *g*-фазой и *c*-фазой; M_g – масса газа, переходящего в жидкую фазу в единицу объема пористой среды за единицу времени.

Система уравнений (1)–(4) дополнялась начальными и граничными условиями. В качестве граничных условий выбиралось давление на входе в экспериментальный участок и на выходе из него. В расчетах использовались следующие размеры экспериментального участка и параметры рабочих режимов:

Длина экспериментального участка 2 м
Давление, МПа: на входе 12.5
на выходе 0.1, 7, 11
Начальное состояние установки – s (газонасыщенность)=1, $P=12.5$ МПа;
Рабочая смесь метан–н-бутан
Молярная концентрация метана 0.75
Температура, К 330
Пористость 0.35
Коэффициент абсолютной проницаемости, м^2 10^{-12}
Функции фазовых проницаемостей – см.

рис. 1.

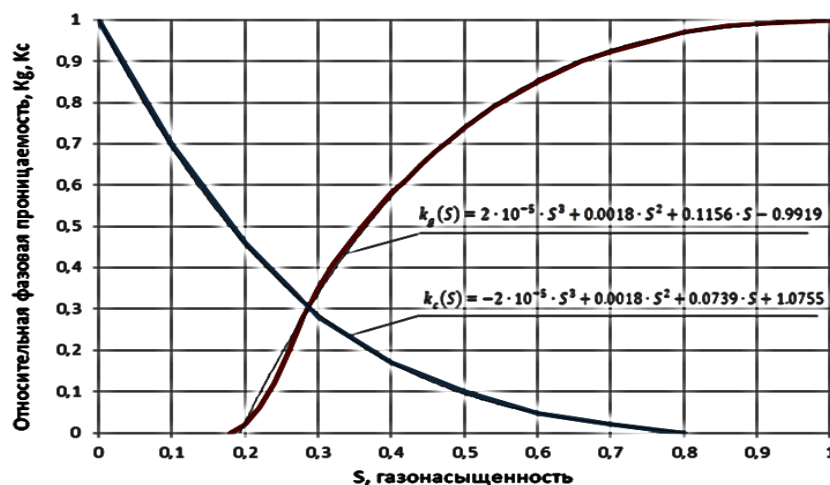


Рис. 1. Зависимость относительных фазовых проницаемостей $k_g(S), k_c(S)$ от газонасыщенности S [3]; $k_g(S) = 2 \cdot 10^{-5} \cdot S^3 + 0.0018 \cdot S^2 + 0.1156 \cdot S - 0.9919$,
 $k_c(S) = -2 \cdot 10^{-5} \cdot S^3 + 0.0018 \cdot S^2 + 0.0739 \cdot S + 1.0755$

Результаты расчетов

В данной работе определены профили газо- и конденсатонасыщенностей для обеих фаз

газоконденсатной смеси в пористой среде с учетом фазового перехода газ–конденсат, оценены скорости фильтрации фазы, а также масса газа,

переходящего в жидкую фазу в единице объема пористой среды за единицу времени в процессе ретроградной конденсации. Рассчитан суммарный массовый дебит $Q = Q(t)$ при двухфазном течении газа и конденсата в произвольный момент времени t , что позволяет проанализировать влияние структуры порового

пространства на поведение объёма продукции, добываемой из скважины за единицу времени (рис. 2, 3). Система уравнений фильтрации решается численно, методом конечных элементов в пакете FlexPDE [7] с разбиением области заданного объёма коллектора на элементы.

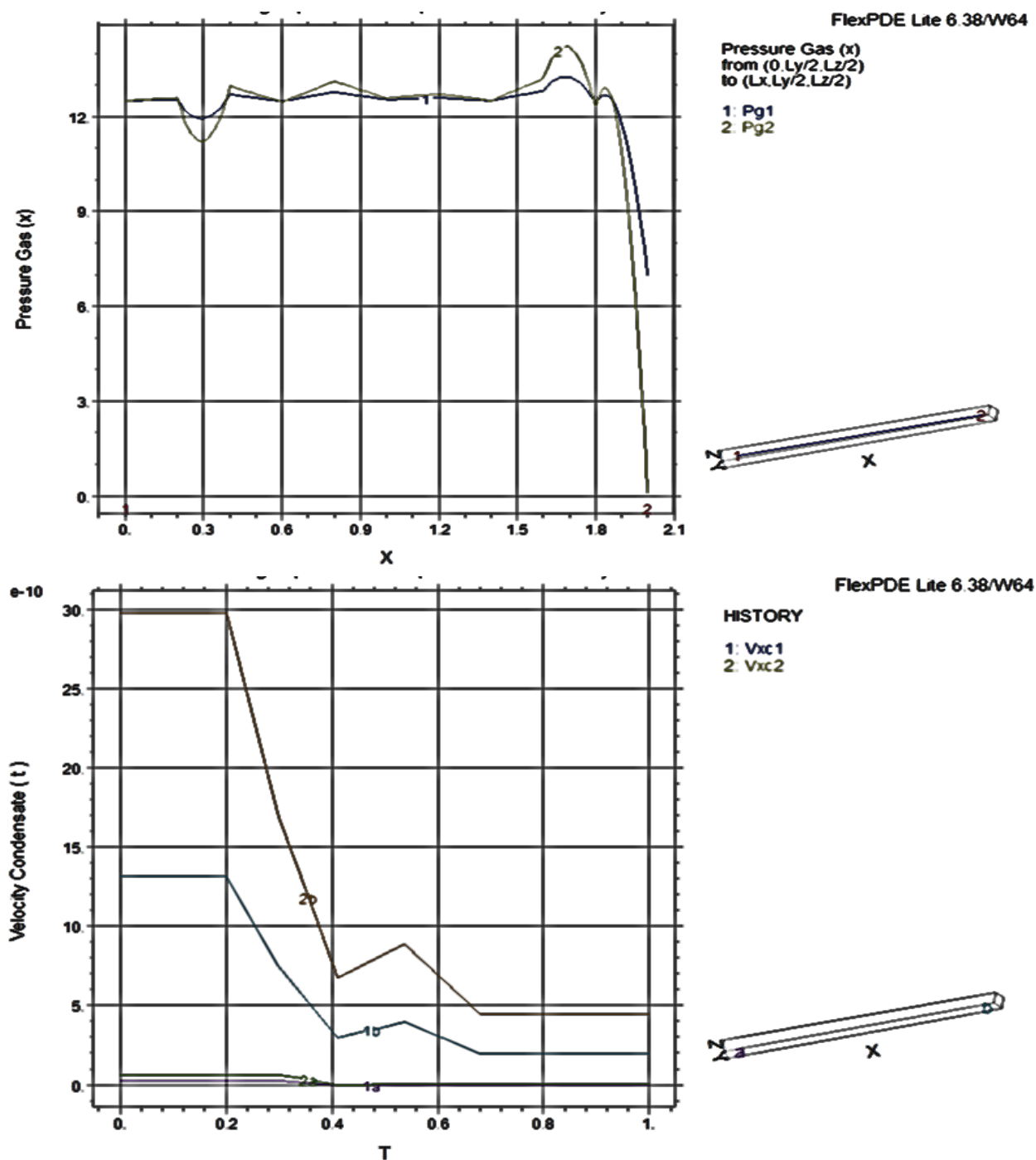


Рис. 2. Зависимость давления по длине и скорости от времени при различных давлениях на выходе P2

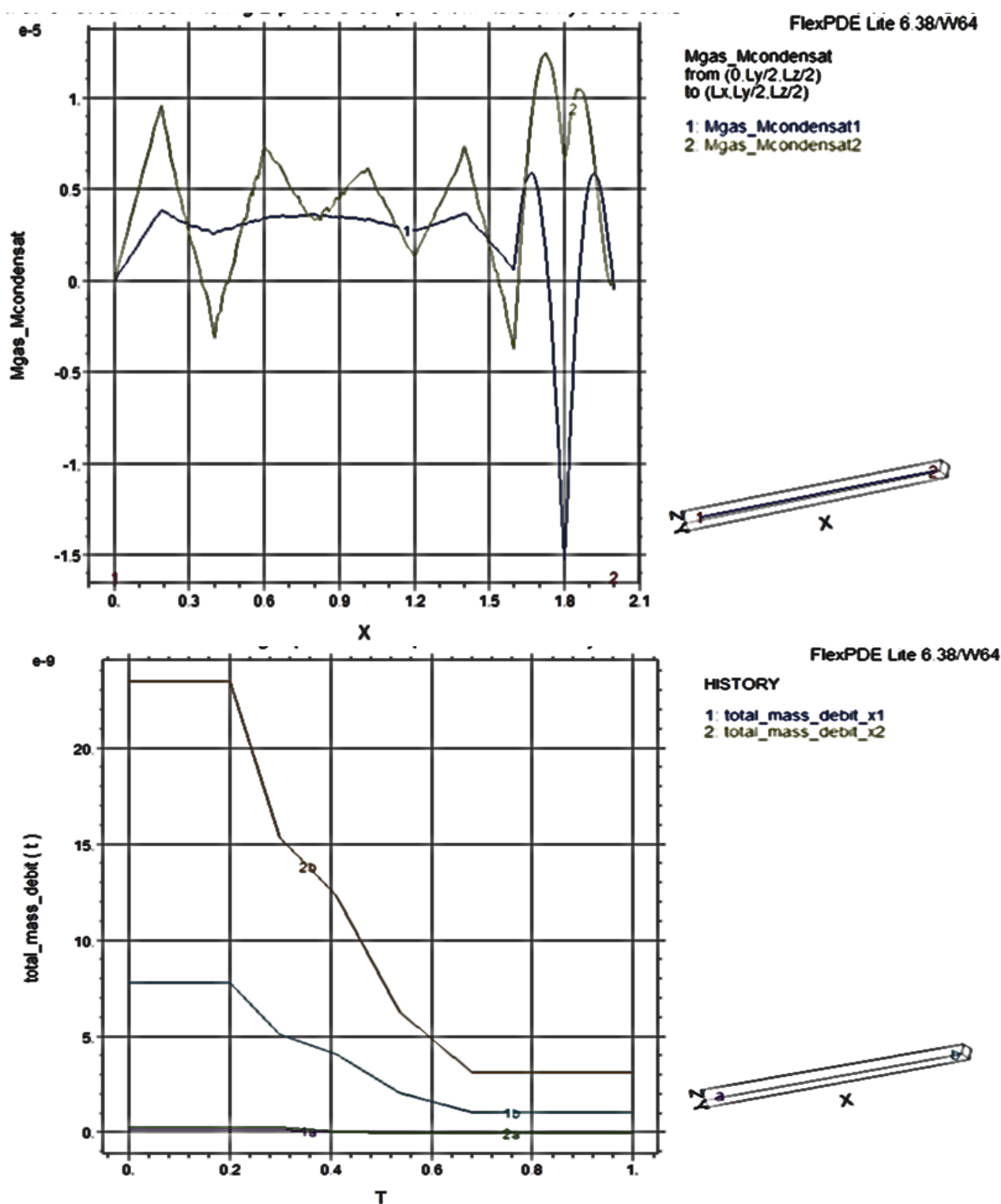


Рис. 3. Зависимость массового расхода смеси по длине установки и во времени

Физическое моделирование

Физическое моделирование методов воздействия на газоконденсатную пробку проводилось на экспериментальном стенде, созданном в ОИВТ РАН. Стенд предназначен для исследования процессов фильтрации пластовых флюидов

при термобарических условиях реальных пластов. Параметры, которые может обеспечить установка – давление до 40 МПа и температура до 400 °С, – позволяют в широких пределах мо-

делировать пластовые условия и проводить эксперименты с жидкостями и газами различного фракционного состава.

Для моделирования процессов воздействия использовалась экспериментальная установка, входящая в состав экспериментального стенда и предназначенная для исследования процессов фильтрации нефтяных и газоконденсатных смесей, которая была модернизирована с целью обеспечения необходимых параметров эксперимента. Измерялись давления на входе и выходе экспериментального участка, температура термостата, расход смеси на входе и расходы жидкой и газовой фаз на выходе экспериментального участка. Также проводились измерения составов смеси на входе и газовой и жидкой фаз на выходе из экспериментального участка. Для

автоматизации измерений и регулирования параметров эксперимента данные выводились на контроллер.

Для проверки адекватности физической и математической модели явления условиям реальных пластов была проведена серия предварительных экспериментов по получению газоконденсатной пробки в процессе фильтрации модельной смеси при заданных термобарических условиях.

На рис. 4 представлены результаты одного из экспериментов этой серии – зависимость расхода газовой фазы на выходе из ЭУ от времени и данные по составу исходной и выходящей смеси, которые после сравнения с результатами расчета по математической (1)–(4) показывают качественное их совпадение.

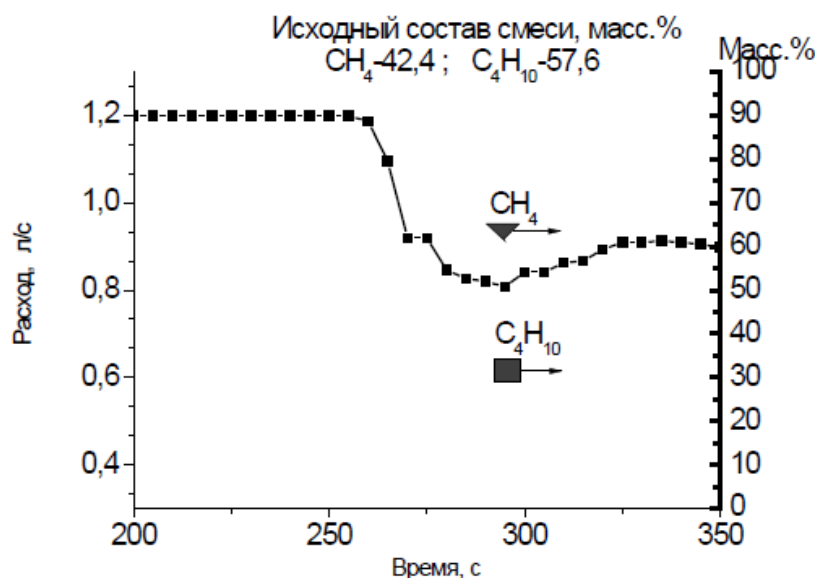


Рис. 4. Расход газовой фазы на выходе из ЭУ: давление на входе в ЭУ – 12,5 МПа, на выходе – 9 МПа

По результатам эксперимента можно сделать вывод о том, что после 250 секунды с начала эксперимента расход смеси резко падает и ее состав изменяется в сторону уменьшения содержания н-бутана. Это свидетельствует об образовании в поровом пространстве газоконденсатной «пробки» и перераспределении содержания компонентов в жидкой и паровой фазах – массовая концентрация метана от исходной 42,4% увеличивается до 66,4%. То же самое имеем на соответствующем графике теоретического расчета. При повышении температуры термостата до 330 К образования «пробки» не наблюдается и состав

выходящей газовой фазы соответствует исходному. Это объясняется сдвигом ретроградной области при увеличении температуры в сторону меньших концентраций метана. Следует отметить, что, согласно расчетам по разработанной в математической модели, образование газоконденсатной «пробки» в смеси с концентрацией метана 42% масс. при температурах выше 330 К в условиях эксперимента не происходит. Образование конденсатной пробки не происходит также при составе смеси 70% масс. метана и 30% масс. бутана и температуре термостата 293 К.

При такой концентрации метана смесь при понижении давления не проходит через ретроградную область фазовой диаграммы и выпадения конденсированной фазы не происходит. Во всей серии экспериментов, проведенных со смесью, находящейся в термодинамических условиях, которые соответствуют ретроградной области, при постоянном перепаде давления на экспериментальном участке получено уменьшение расхода конденсата в результате образования конденсатной пробки.

Заключение

Таким образом, показана возможность физического моделирования образования газоконденсатной «пробки» и адекватность математической модели, описывающей это явление.

Такие колебания характеристик потока (см. рис. 2, 3) могут быть результатом:

1) значительного изменения проницаемости в горизонтальном направлении (и в меньшей степени изменения пористости и содержания связанной воды) при неизменной проницаемости пласта по вертикали;

2) значительной слоистости пласта; пласт может быть представлен несколькими пропластками, свойства каждого однородны, но отличаются от пропластка к пропластку;

3) комбинации двух приведенных крайних случаев. Поэтому в данном реальном пласте характер процесса закачки газа может быть заметно различным.

Библиографический список

1. Брусиловский А.И. Многокомпонентная фильтрация газоконденсатных систем в глубокопогруженных залежах // OIL AND GAS GEOLOGY. 1997. № 7. С. 31–38.
2. Изюмченко Д.В., Лапшин В.И., Николаев В.А., Троицкий В.М., Гатин Р.И. Конденсатоотдача при разработке нефтегазоконденсатных залежей на истощение // Газовая промышленность. 2010. № 1. С. 24–27.
3. Кадет В.В. Перколяционный анализ гидродинамических и электрокинетических процессов в пористых средах. М.: ИНФА-М, 2014. 256 с.
4. Розенберг М.Д., Кундин С.А. Многофазная многокомпонентная фильтрация при добыче нефти и газа. М.: Недра, 1976. 335 с.
5. Тер-Саркисов Р.М. Повышение углеводородоотдачи пласта нефтегазоконденсатных месторождений. М.: Недра, 1995. 167 с.
6. Kachalov V.V., Molchanov D.A., Zaichenko V.M., Sokotushchenko V.N. Mathematical modeling of gas-condensate mixture filtration in porous media, taking into account nonequilibrium phase transitions// XXXI International Conference on Equations of State for Matter March 1–6, 2016, Elbrus, Kabardino-Balkaria, Russia // Journal of Physics: Conference Series 774 (2016) 012043. P. 1–6.
7. <http://www.pdesolutions.com/sdmenu6.html> – сайт программного продукта “FlexPDE” (режим доступа: свободный. Дата обращения: 21.12.2017).

*Поступила в редакцию
15.01.2018*

УДК 63:54

И. И. Судницын**Дмитрий Иванович Менделеев и Дубна**

Великий русский ученый Дмитрий Иванович Менделеев – не только творец Периодического закона химических элементов и автор бессмертного труда «Основы химии», но и инициатор развития важнейшего раздела российской сельскохозяйственной науки – «агрохимии». В своем имении Боблово, находившемся на берегу речки Лутосни (впадающей в приток реки Дубны – Сестру), он создал опытную станцию, где при помощи разработанной им оригинальной системы удобрений в несколько раз повысил урожаи сельскохозяйственных растений.

Ключевые слова: агрономическая химия, удобрения, земледелие, мелиорация.

Об авторе

Судницын Иван Иванович – профессор кафедры экологии и наук о Земле Государственного университета «Дубна», ведущий научный сотрудник МГУ имени М.В. Ломоносова, Заслуженный деятель науки РФ, лауреат Премии Президента РФ.

Все знают, что великий русский ученый Дмитрий Иванович Менделеев с 16 лет и до кончины учился, жил и работал в Петербурге, но мало кому известно, что едва ли не самые счастливые дни своей жизни он провел в своем имении Боблово, расположенном совсем недалеко от Дубны, на берегу живописной речки Лутосни, впадающей в приток реки Дубны – Сестру. В своем имении он не только отдыхал от работы в университете (где он преподавал химию) и от напряженной столичной жизни, но и активно (иначе он не умел!) развивал еще одну научную дисциплину – сельскохозяйственную химию («агрохимию»). Конечно, во всем мире он знаменит прежде всего как творец Периодического закона химических элементов и автор бессмертного труда «Основы химии» (не случайно в 1955 г., отдавая должное его огромному вкладу в развитие науки, американские ученые Альберт Гиорсо, Беруэлл Харви, Грегори Чоппин и Стенли Томпсон открытый ими «юбилейный» (101-й!) элемент Периодической системы назвали «менделевием»). Кроме химии, широко известны его работы в области физической химии, физики, техники, метеорологии, воздухоплавания, промышленности, экономики, приборостроения и даже политики. Но почти никто не знает о его трудах, посвященных сельскому хозяйству (земледелию, мелиорации земель, лесоводству, животноводству, молочному делу и, конечно, прежде всего – агрохимии). Это объясняется тем, что большая часть этих трудов была впервые опубликована в малораспространенных

и малодоступных изданиях, имевших небольшой тираж, и не переиздавалась более 80 лет. Повторно они были опубликованы лишь в 1951 г., в 16-м томе собрания его сочинений [1]. А между тем он уделял этим проблемам очень много не только внимания и труда, но и душевных сил. Вот что пишет он об этом в своем итоговом труде «Заветные мысли» [2, с. 17]: «Русское сельское хозяйство известно мне не по одной начитанности, не по литературным указаниям, а прямо на деле, по личному опыту. В начале 60-х годов, когда... господствовало убеждение в невозможности вести помещичье хозяйство, я купил в Московской губернии, в Клинском уезде, около 400 десятин земли,... отчасти уже запущенной, как запущены были земли почти всех окружающих помещиков. Меня, тогда еще молодого, *глубоко занимала* мысль о возможности выгодно вести хозяйство при помощи улучшений... Лет 6 затрачено мною на эту деятельность... Введено было многополье, хорошее, даже обильное удобрение... В 6 лет мне легко удалось по крайней мере удвоить всю урожайность земли, и тогда же мне стало ясно, что повсеместно в России, которую я, могу сказать, изъездил, легко достигнуть такого же удвоения урожая».

Более точная дата начала его исследований в области сельского хозяйства и агрохимии сообщается в книге М.Д. Беленького «Менделеев» [3, с. 177]: «В 1864–1865 годах... менялись его представления о сельском хозяйстве... Он был намерен приобрести землю,... родственники подыскивали ему несколько вариантов,... узнал о хорошем сельце Боблове, лежащем у

реки Лотосни... Менделеев был восхищен холмистой местностью... Имение сыграет огромную роль в жизни Менделеева,... здесь реализуется научное увлечение Дмитрия Ивановича – сельским хозяйством и агрохимией...».

Большой интерес к вопросам сельского хозяйства появился у Дмитрия Ивановича Менделеева именно после приобретения им в 1865 г. этого имения в Клинском уезде Московской области. Благодаря введению травосеяния и применению удобрений ему удалось в два с лишним раза увеличить урожаи сельскохозяйственных культур, поднять надой молока.

Экспериментальное агрохимическое изучение отдельных видов минеральных удобрений в России началось в 40-х годах XIX столетия. Так, в трудах Императорского Вольного экономического общества (ВЭО) в 1843 году были опубликованы первые сообщения об опытах по удобрению почв, где были приведены данные анализа почв и удобрений, результаты наблюдений за опытами. В отчетном докладе о деятельности ВЭО имеются следующие интересные указания: «В земледельческой химии экспериментальные исследования действия почв, назёмов на прозябание, есть предмет, который заслуживает величайшего внимания по влиянию света на усовершенствование сельской промышленности» [4, с. 26–27]. Следовательно, отечественная агрохимическая наука в нашей стране уже была подготовлена к восприятию идей гения российской науки Дмитрия Ивановича Менделеева о наиболее актуальных и перспективных направлениях развития аграрной науки и практического земледелия.

Научная деятельность в области сельского хозяйства увлекала Дмитрия Ивановича Менделеева настолько, что он ставил ее иногда на первое место в своей работе. Так, например, 17 февраля 1869 г. он всего за 3 дня создал первый вариант Периодической системы химических элементов, а всего за месяц до этого гораздо больше времени отдал сельскому хозяйству. Вот что он пишет об этом в списке своих сочинений [5, с. 393]: «На рождественских праздниках 1869 г. объехал я сыроварни в Новгородской и Тверской губ. и докладывал о том. Я *не скушал* изучать все ветви сельского хозяйства». В этом эпизоде очень ярко проявилась вся глубина его всепоглощающей страсти к исследованиям в области сельского хозяйства: зимой, в морозы, когда весь

мир предавался блаженному отдыху, он в холодной кибитке ездил по глухим «медвежьим» углам!

И еще одно свидетельство его глубокой увлеченности сельским хозяйством: 6 марта 1969 г. его Периодическую систему рассматривало на своем заседании Русское химическое общество. Но докладывал о ней не сам автор, а его молодой коллега Николай Александрович Меншуткин, потому что сам Дмитрий Иванович в это время опять объезжал сыроварни Тверской губернии! Отчасти этим можно объяснить тот парадоксальный факт, что в тот момент его коллеги не смогли в полной мере оценить всю грандиозность открытия Периодической системы. М.Д. Беленький по этому поводу пишет [3, с. 198]: «сообщение не вызвало ажиотажа – скорее, наоборот. Н.Н.Зинин недовольно высказался в том духе, что пора бы Дмитрию Ивановичу заняться, наконец, настоящими химическими исследованиями».

Между тем в то же самое время он «занимался» и «настоящими химическими исследованиями» – точнее агрохимическими. Едва успев наскоро устроиться в только что приобретенном поместье, он сразу же начал осуществлять давно уже задуманные грандиозные (по тем временам, конечно) проекты.

Соратник Дмитрия Ивановича Менделеева – Алексей Петрович Людоговский – тесно сотрудничал с ним и внес существенный вклад в развитие агрохимической науки и в практику химизации земледелия. Он впервые в России поставил вопрос о необходимости проведения систематических опытов с удобрениями в различных агрохимических условиях на заседании ВЭО 17 марта 1866 г., где выступил с докладом «О способах приготовления разных искусственных удобрительных средств в применении их к русскому хозяйству». Им же была поставлена задача научного обоснования программы и методики проведения опытов. В отчете об этом заседании сказано: «Присутствующий на докладе Дмитрий Иванович Менделеев отнесся с большим вниманием к этому предложению и взял на себя труд развить научную основу экспериментальных исследований и уже 3 апреля 1866 г. предложил на рассмотрение ВЭО свои соображения, на основании которых в этом же году составил и опубликовал в “Трудах ВЭО” подробную программу и методику этих опытов. Программа была рассмотрена комиссией ВЭО, в состав которой входили И.А. Брылкин, А.П. Людоговский,

Д.И. Менделеев, А.В. Советов, А.И. Ходнев и Р.Г. Грум-Гржимайло, принята для исследований и реализована в географических опытах с удобрениями в ряде губерний России под руководством Д.И. Менделеева» [6, с. 156–157].

На каждом опытном участке были назначены специальные наблюдатели, среди которых были ученики Д.И. Менделеева по Петербургскому университету: К.А. Тимирязев в Симбирской и Г.Г. Густавской в Смоленской губернии; наблюдения в Московской губернии проводились под непосредственным руководством Дмитрия Ивановича Менделеева.

Доклад Дмитрия Ивановича Менделеева «Об организации сельскохозяйственных опытов» был опубликован в «Трудах ВЭО» [1, т. 16, с. 27–35]. Дмитрий Иванович так пишет об этой работе: «Эта статья есть начало моих научных работ по сельскому хозяйству. Они важны для меня потому, что оправдывают все мое дальнейшее отношение к промышленности».

В этом докладе он впервые поднял вопрос о том, что «применение искусственных удобрений, соединенное с анализами почвы, даст, наконец, ключ к решению вопроса о свойствах наших полей, если опыты будут многочисленны и в разных местностях». О методике опытов он пишет: «Полагаю, что на первый раз весьма сложный вопрос об удобрениях должно ограничить определением влияния удобрений фосфорных, щелочно-поташных и растворяющих... потому, что истощение полей легче всего наступает для указанных веществ (и извести), потому что они находятся в почве в малых количествах, а в жатве – в больших».

Он считал, что размер опытного поля должен быть не меньше 4 десятин. Каждую опытную десятину он предлагает разделить на 20 частей, на 18 из которых следует внести различные варианты и дозы удобрений, среди которых должны быть «чилийская селитра, сернокислый аммоний, суперфосфат, поташ, известь, гипс, двусернонатриевая и поваренная соли». Таким образом, эти варианты предусматривают внесение различных доз азота, фосфора и калия. Особенно он подчеркивал, что «необходимо обратить главное внимание на... степень точности наблюдений... знать степень погрешности получаемых результатов» и потому советовал: «Чем обширнее число опытов, тем вернее, при прочих равных условиях, выводимый средний результат». Этим было положено начало применения статистики в агрохимии.

В следующем (1867-м) году он опубликовал еще более подробную статью «Программа сельскохозяйственных опытов» [1, т. 16, с. 37–53]. Разбирая очень подробно схему опыта, он рекомендовал «форму отчета по опытам», которая включает 46 пунктов. В этом же году по этой программе были развернуты полномасштабные исследования на опытных станциях в Смоленской, Симбирской, Петербургской и Московской губерниях. Таким образом, впервые в истории сельскохозяйственной науки опыты по четко разработанной и глубоко научно-обоснованной программе были одновременно начаты в разных природных зонах России. И уже в этом же году в Трудах Вольного экономического общества был опубликован «Первый отчет о сельскохозяйственных опытах» [1, т. 16, с. 57–63]. Поразительная оперативность, которой стоит поучиться современным исследователям! Подробно анализируя результаты опытов, Дмитрий Иванович резюмирует, что наибольшую прибавку урожаев дало самое сложное удобрение, включавшее навоз, известь, поваренную соль, золу, суперфосфат и роговые стружки. Он пишет: «При употреблении других туков самое значительное повышение урожая произвели азотистые и известковое удобрения. Роговые стружки и сернокислый аммиак, т.е. одни из азотистых веществ дали результат поразительно большой... Выгодность азотистого удобрения зависит от влажности: при достаточной влажности почвы... урожай так велик, что это удобрение... приносит доход даже в первый год». Исходя из полученных результатов, он рекомендует: «В посев необходимо вводить травы, луга же удобрять и улучшать для того, чтобы можно было разводить много скота... и получать значительное количество навоза. В развитии скотоводства необходимо искать правильного выхода и наиболее экономического решения затруднительного положения нынешнего сельского хозяйства в России».

Поразительно, насколько актуальны эти рекомендации для современного в высшей степени «затруднительного положения нынешнего сельского хозяйства в России»! Невольно вспоминается поговорка: «Гении гениальны во всем»!

На третий год эксперимента (1869) выходят из печати статьи «Анализ почв с опытных полей» [1, т. 16, с. 73–83] и «Химические исследования почв и продуктов с опытных полей». Вот что пишет в них Дмитрий Иванович [1, т. 16, с. 85–94]: «Существуют многочисленные опыты

удобрения и анализы почв; но в немногих только случаях опыты искусственных удобрений сопоставлены одновременно с исследованиями почв. Те опыты, которые предприняло наше В. Э. общество,.. именно направлены были таким образом, чтобы содействовать прежде всего путем опыта разъяснению вопроса о значении искусственных удобрений, определить влияние отдельных питательных начал, нужных для растений, чтобы можно было непосредственно из результатов опыта получить практический вывод относительно значения в разнообразных местностях России, при различных почвах различных видов удобрительных веществ». В этих статьях подробно рассмотрено содержание в почвах различных элементов и веществ, извлекаемых из почв кислотами (калий, кальций, натрий, магний, азот, фосфор, сера, окиси железа, глинозем и кремнезем, органическое вещество), а также гигроскопической воды. Столь подробное исследование почв в России было проведено тоже впервые.

В этих статьях впервые сравниваются химические свойства почв различных регионов России, определенные по единой методике. Поэтому исследования, организованные Менделеевым в 1966 г. (а задуманные еще в 1964-м!) следует считать первым, основополагающим этапом развития не только российской агрохимии, но и мирового научного почвоведения. Об этом пишет и один из ведущих агрохимиков России – академик В.Г. Минеев – в своей монографии «История и состояние агрохимии на рубеже 21 века» [7, с. 117–124]: «Д.И. Менделеев первым, задолго до других исследователей в России и за границей, разработал методику проведения полевых опытов, которая была детально обоснована лишь через десятилетия... Все это позволяет считать, что Д.И. Менделеев по праву является основателем географической сети опытов с удобрениями».

И, наконец, в 1872 г. публикуется большая (на 32 страницах) итоговая статья «Об опытах императорского вольного экономического общества над действием удобрений» [1, т. 16, с. 137–165]. В ней Дмитрий Иванович отмечает, что «наши почвы чрезвычайно мало изучены во всех отношениях,.. а потому надо изучать землю... Только одно полное опытное изучение почвы в отношении ее состава и влияния на нее удобрения и климата... может дать верный ответ на вопросы земледельца о своей земле,.. когда она потеряет уже свою первобытную силу». В

этих словах уже отчетливо намечена идея, которая через 20 лет послужила основой научного почвоведения, созданного гениальным учеником Менделеева – Василием Васильевичем Докучаевым.

Анализируя действие различных веществ, вносимых в почву, он особенно подчеркивает роль извести: «Известь дала громадный прирост,.. больший прирост, чем все другие искусственные удобрения, примененные в наших опытах... Известь улучшает физические свойства почв,.. а современная школа агрономов тем и отличается от чересчур рьяных последователей Либиха, что помнит... о том, какое значение имеют физические свойства для культуры растений... Известь насыщает кислоты почвы, потому очень пригодна на кислых почвах... Известь изменяет и органические и минеральные составные части почвы как сильная щелочь...»

Сличив анализ наших почв с анализом других почв, мы увидели бы, что наша почва не хуже, если не лучше многих из известных европейских почв; но в том-то все и дело, что нашим почвам недостает, так сказать, тамошней отделки. Положите на последнюю наше обильное удобрение (взятое в опытах), и я уверен, что в 2 года получится бы прирост не в 74 пуда, как у нас, а гораздо больший...

Нам нужно и те питательные вещества, которые имеются в почве, превратить в вид удоболяемый; известь и сделала это хотя отчасти, но, вероятно, не всегда и не везде она будет действовать так. Однако, судя по всему мне известному, это удобрение я считаю наиболее, вероятно, полезным, т. е. с ним вероятнее, чем с другими неполными искусственными удобрениями, получить возврат затраты с выгодой».

В этот же период (в 1867 г.) он опубликовал работу «О современном развитии некоторых химических производств, в применении к России и по поводу Всемирной выставки 1867 года» [1, т. 18, с. 23–85]. Целая глава ее (30 страниц) посвящена производству искусственных удобрений. Подробно рассмотрев все новейшие методы их производства, он заключает эту главу предупреждениями: «Употреблению искусственных удобрений должно предпослать опыты над их действием» и «Избыток искусственных удобрений не только не окупается, но даже часто вредит растительности».

Через 13 лет (в 1880–1881 гг.) он прочел цикл лекций («Лекции земледельческой химии»), изданный затем отдельной книгой [1, т.

16, с. 168–213]. В этих лекциях он на самом высоком для того времени уровне проанализировал такие актуальнейшие разделы агрохимии, как «метод для определения состава почвы», «осушение почвы», «питание растений», «обработка почвы», «удобрение», «возделывание растений». Он вспоминал об этих лекциях: «Сам предложил прочесть такой курс (бесплатно), п. ч. считаю делом важным и полезным».

И еще через 12 лет (в 1892 г.) в свой капитальный труд «Толковый тариф» он включил большую (23 страницы) главу «Удобрительные вещества» [1, т. 19, с. 415–437]. В ней он пишет: «Вызывая внутреннее производство искусственных удобрений, предвидя в них предстоящую надобность, страна наша может избежать многих ошибок западноевропейского земледелия в отношении к искусственным удобрениям лишь тогда, когда вместе с тем будет всемерно заботиться об устройстве сельскохозяйственных станций, долженствующих разъяснить еще много темных вопросов земледелия, касающихся приложения его принципов, в специальном приспособлении к почвам, климату и экономическим условиям России. Особенную же настоятельность в сем отношении имеет та черноземная полоса России, которую весь мир считает житницей Европы и которую должно еще раньше того считать кормилицей самой России».

Увлечение Дмитрия Ивановича Менделеева опытным делом получило развитие в деятельности его ученика и помощника по постановке первых в России опытов с минеральными удобрениями, организованных ВЭО, – Климента Аркадьевича Тимирязева, который считал, что научное земледелие и физиология растений являются пограничными областями знания и их связывает общая идея, что «без науки научной не было бы науки прикладной». Климент Аркадьевич переживал, что эти важные научные идеи не находили должного научного понимания и потому оставались нереализованными для развития отечественной науки и практического земледелия. Как популяризатор науки он свои идеи непременно связывал с заботой об отечественном земледелии, отстаивая системный подход в решении насущных задач сельского хозяйства. «Если бы у нас было не по-одному какому-нибудь опытному полю на уезд, а десятки, сотни дешёвых сплошных полей, то наш крестьянин знал бы, само растение подсказало бы ему, что ему нужно в каждом отдельном случае», – так

доказывал К.А. Тимирязев необходимость проведения повсеместных полевых исследований.

В 20-е годы XX столетия (то есть через 50 лет после проведения Дмитрием Ивановичем Менделеевым классических агрохимических опытов в 4-х губерниях страны) в нашей стране под руководством Д.Н. Прянишникова и А.Н. Лебеяднцева была организована широкая сеть географических опытов. Результаты исследований стали основой единого комплекса плановых мероприятий по производству и применению минеральных удобрений в Советском Союзе: изучения общей потребности их для отечественного земледелия, распределения их по регионам страны, определения ассортимента и качества минеральных удобрений, расчета потребности в технике для их применения и хранения, оценки агрохимических ресурсов в стране для производства минеральных удобрений.

Начиная с 1919 г. исследования в географической сети агрохимических опытов проводил Научный институт по удобрениям, а с 1931 г. и по настоящее время эту работу осуществлял ВНИИА (ныне Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова). В 1941 г. этой сети было присвоено название «Государственная географическая сеть опытов с удобрениями».

Так великий ученый своей активнейшей разносторонней деятельностью в самых разных областях науки еще раз доказал справедливость изречения: «Гении гениальны во всем!».

И жители Дубны могут по праву гордиться тем, что он трудился совсем недалеко от этого замечательного города. Осознание этого исторического факта несомненно вдохновит их на еще более продуктивную деятельность в научной и образовательной сферах.

Библиографический список

1. Менделеев Д.И. Собрание сочинений. Т. 1–25. М.-Л.: ГОСХИМТЕХИЗДАТ, Изд-во АН СССР, 1934–1954.
2. Менделеев Д.И. Заветные мысли. М.: Мысль, 1995. 414 с.
3. Беленький М.Д. Менделеев. М.: Молодая гвардия, 2010. 471 с.
4. Соколов А.В. Очерки из истории агрохимической химии в СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 200 с.
5. Менделеев Д.И. Работы по сельскому хозяйству и лесоводству. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 620 с.

6. Немыкин В.В., Людоговский А.П. (к 150-летию со дня рождения) // Агрохимия. 1990. № 9. С. 156–157.

7. Минеев В.Г. История и состояние агрохимии на рубеже XXI века. М.: Изд-во Московского ун-та, 2002. 615 с.

Поступила в редакцию
15.01.2018

УДК 504.054

Н. А. Сысоева, Г. Н. Тимошенко**Медико-демографические аспекты здоровья населения г. Озерск
Челябинской области**

С развитием атомной промышленности вопрос о безопасности проживания вблизи предприятий атомных объектов становится первоочередным. Город Озёрск расположен рядом с производственным объединением «Маяк». Авария на предприятии в 1957 г. и неконтролируемые газо-аэрозольные выбросы из труб реакторных и радиохимических заводов привели к повышенному радиационному фону на прилегающей территории. У населения, проживающего на близлежащих территориях, наблюдается повышение уровня частоты злокачественных новообразований и других неблагоприятных для здоровья эффектов.

Ключевые слова: медико-демографические аспекты, авария на ПО «Маяк», заболеваемость, злокачественные новообразования.

Об авторах

Сысоева Наталья Александровна – студент кафедры экологии и наук о Земле Государственного университета «Дубна».

Тимошенко Геннадий Николаевич – доктор физико-математических наук, заместитель директора лаборатории радиационной биологии Объединенного института ядерных исследований, профессор кафедры биофизики Государственного университета «Дубна».

Авария на ПО «Маяк»

Авария произошла на территории ПО «Маяк» (бывший Челябинск-40, ныне г. Озерск) в воскресенье 29 сентября 1957 г. в 16 часов 22 минуты. В результате отказа системы водяного охлаждения и саморазогрева ~80 м³ высокоактивных жидких отходов взорвалась ёмкость № 14 комплекса хранения радиоактивных отходов. В результате взрыва в воздух, на высоту до 2 км, поднялось облако высокоактивных жидких и твёрдых аэрозолей. Впоследствии было установлено, что мощность взрыва могла достигать 80 тонн в тротиловом эквивалент, а в атмосферу было выброшено суммарно около 20 млн кюри радиоактивных веществ [9].

Облако начало распространяться на северо-восток и к 3 часам ночи полностью рассеялось, накрыв территорию в 23 000 км² с населением около 270 000 человек. Зараженная территория сформировала Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС). ВУРС при незначительной ширине протянулся примерно на 300–350 км в северо-восточном направлении от места взрыва. Форма следа обусловлена дувшим в момент аварии и на протяжении следующих 10–

11 часов ветром [12]. Сам Челябинск-40 не пострадал. 90% радиационных загрязнений выпали на территории комбината «Маяк», а 2 млн кюри рассеялись по следу. Радиоактивное загрязнение в центральной его части составляло 2 и более Ки/км² (по ⁹⁰Sr).

Со 2 октября 1957 г. начала работу специально созданная комиссия по изучению причин аварии, однако лишь с 6 октября – на седьмые сутки после аварии – началась эвакуация людей с наиболее пострадавшей от радиоактивного загрязнения территории. В последующие несколько дней было эвакуировано несколько тысяч человек, а пострадавшие деревни подверглись уничтожению [10].

В дальнейшем на загрязненной территории проводились мероприятия по ликвидации последствий аварии, в которых были заняты в основном военные.

На территории Уральского региона присутствует также радиоактивный Карачаевский след, обусловленный ветровым переносом радиоактивной пыли с высохших донных отложений озера Карачай, произошедшим весной 1967 г. В озеро сбрасывали жидкие радиоактивные отходы. Частично Карачаевский след наложился на ВУРС. Преобладающим радионуклидом явился ¹³⁷Cs [4].

Из-за плохого качества очистительного оборудования на ПО «Маяк» до начала 60-х годов XX века радиоактивные вещества поступали с газоаэрозольными выбросами в атмосферу почти без очистки, при этом наибольшую радиационную опасность представляли выбросы ^{131}I . Совершенствование газоочистного оборудования и технологии производства позволило снизить к середине 70-х годов XX века вклад атмосферных выбросов радиоактивных веществ в формирование радиационной обстановки в зоне влияния ПО «Маяк». С этого периода источниками техногенного воздействия на население стали такие факторы, как загрязнение сельскохозяйственных угодий долгоживущими радионуклидами (^{90}Sr , ^{137}Cs), выбросы инертных радиоактивных газов, вторичный ветровой подъем пыли с ^{239}Pu [4].

В настоящее время часть населения Уральского региона проживает в условиях хронического облучения, обусловленного остаточным радиоактивным загрязнением окружающей среды в результате аварии на производственном объединении «Маяк», а также его текущей деятельности [11]. Так, Челябинская городская больница № 14 выявила, что с 1994 г. рост абсолютного числа заболевших увеличился на 22,0% в Челябинской области, на 29,0% в городе Челябинск и на 16,0% в городе Озерск. По области заболеваемость увеличилась на 30%, в городе Челябинск увеличение составило 26,2%. По Озерску снижение показателя заболеваемости на 5,3% (рис.1) [2].

Экологическое ранжирование выявило, что город Озерск относится к 4-й группе (кризисная экологическая ситуация), а Челябинск к 3 группе [2].

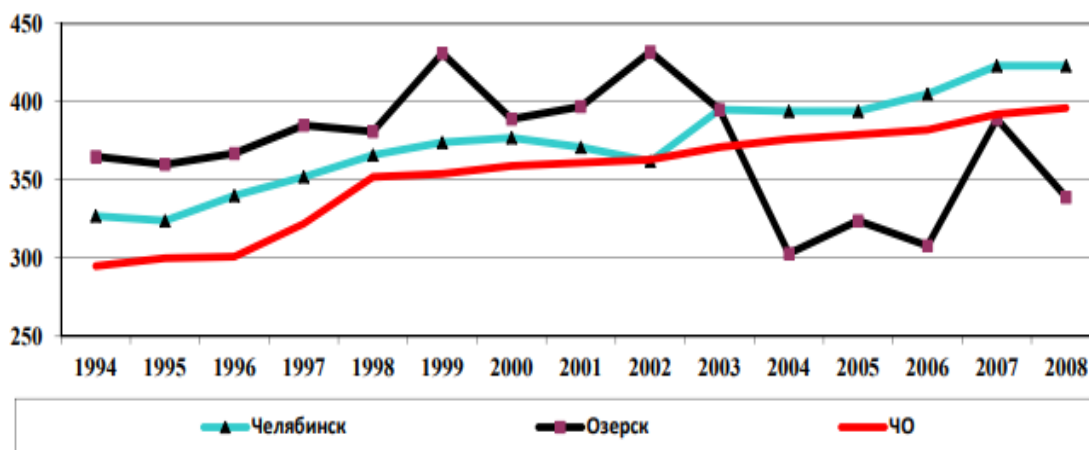


Рис. 1. Показатели заболеваемости по административным образованиям Челябинской области за 15 лет

Демографические аспекты

Численность населения города Озерска с 1953 г. увеличивалась в результате расширения основного производства и инфраструктуры города. С 1998 г. численность населения стала снижаться, что было связано с ухудшением социально-экономического положения в Озерске.

С 1959 по 2012 гг. средний возраст населения Озерска увеличился с 24,0 до 35,8 лет, при этом для Челябинской области данный показатель составил с 27,0 до 37,1 лет, а для России – с 29,0 до 37,1 лет. Это означает, что средний возраст населения Озерска увеличивался на 3 года в каждые 10

лет. Для Челябинской области увеличение происходило на 2,5 за каждые 10 лет, а для России – на 2 года за 10 лет. Более высокая продолжительность жизни женщин и преобладание их в старших возрастных группах объясняет, что средний возраст женщин был выше, чем мужчин [8].

С 1959 по 2010 гг. темпы роста численности старшего населения превышали темпы роста детского населения в 2,5 раза. Сравнение темпов старения и омоложения у населения Озерска, Челябинской области и России за годы переписи населения наряду с общими тенденциями изменения темпов численности населения разного возраста показало более высокие темпы демографического старения в Озерске.

По международным критериям демографического старения ООН население Озерска до периода с 1978 по 1982 гг. являлось молодым, т.к. доля лиц в возрасте 65 лет и старше была менее 4%. В период с 1978–1982 гг. по 1988–1992 гг. население находилось на пороге старости (доля лиц в возрасте 65 лет и старше была 4–7%). А в период с 1993–1997 годы по 2008–2012 годы население характеризуется как старое (доля лиц в возрасте 65 лет и старше была 7% и более). Демографически старым население Озерска стало на 10 лет позже, чем в Челябинской области и России. При этом доля пожилых людей в общей численности населения за весь период наблюдения выросла с 4,8 до 24,4%, а демографическая нагрузка пожилыми – с 7,8 до 39,8%. Еще более быстрыми темпами рос показатель отношения пожилого населения к числу

детей, показывающий, во-первых, экономическую нагрузку, которая придется на будущее трудоспособное население (сегодняшних детей) и, во-вторых, степень постарения населения. Так, если в 1953–1957 гг. пенсионеры составляли всего лишь 14,1% от численности детей, в 1983–1987 гг. – две трети, то к 2008–2012 гг. их численность превысила число детей на 72%.

По оценочной шкале коэффициенты рождаемости в Озерске в 1948–1962 гг. были высокими (более 31 на 1000 населения), в 1963–1972 гг. – средними (21–25 на 1000 населения), в 1973–1987 гг. – низкими (16–20 на 1000 населения), в 1988–1992 гг. – очень низкими (11–15 на 1000 населения), а с 1993 по 2012 гг. – чрезвычайно низкими (до 10 на 1000 населения). При этом в период с 1948 по 1987 гг. рождаемость в Озерске была выше, чем в Челябинской области и России, а затем начала резко падать (рис. 2) [8].

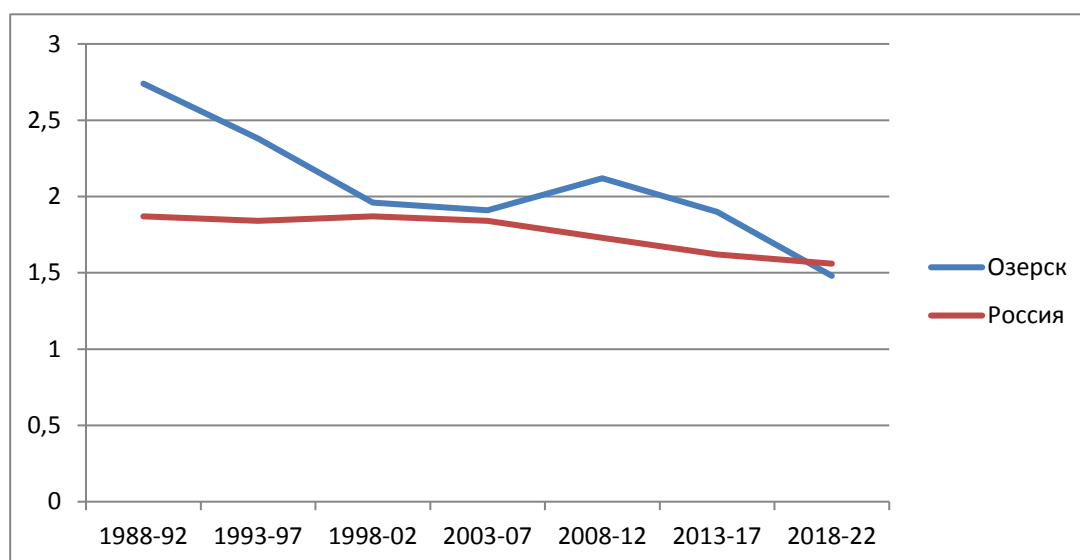


Рис. 2. Динамика суммарного изменения коэффициентов рождаемости в Озерске и России

Младенческая смертность в Озерске до 1962 г. была чрезвычайно высокой (20,1 и выше на 1000 родившихся живыми), до 1967 г. – высокой (15,1–20,0 на 1000 родившихся живыми), до 1997 года – средней (10,1–15,0 на 1000 родившихся живыми) и за последние годы – низкой (5,0–10,0 на 1000 родившихся живыми). Тем не менее младенческая смертность в г. Озерске в 2 раза выше, чем в Швеции (3,4 на 1000 родившихся живыми), Норвегии (4,0 на 1000 родившихся живыми) и Японии (4,1 на 1000 родившихся живыми). Основными причинами смерти младенцев являлись состояния, возникающие в перинатальном периоде и врожденные аномалии [8].

С 1993 по 2007 гг. отмечался рост смертности населения в г. Озерске в нарастающем темпе. Из низкого (до 5 смертей на 1000 населения) и среднего (до 9,9 на 1000 населения) уровня смертности в 1953–1982 гг. он достиг в 1993–2002 гг. высокого (10–14,9 на 1000 населения), а в России – очень высокого уровня (15–19,9 на 1000 населения). В 1993 г. в Озерске наступил демографический «крест» (кривые рождаемости и смертности пересеклись и поменялись местами), а в России в целом это случилось в 1992 г. Результаты динамического наблюдения за показателями повозрастных коэффициентов смертности у населения Озерска говорят,

что у мужчин после 1987 г. повысились уровни смертности в возрасте 35–64 года, а после 1992 г. – в возрасте 25–69 лет. У женщин такое повышение смертности наблюдалось после 1992 г. в возрасте 30–69 лет. Сравнение повозрастных коэффициентов смертности населения г. Озерска и России в 2010 г. свидетельствует о том, эти параметры у населения Озерска были ниже, чем в России в возрасте после 60 лет.

В период с 1948 по 2007 гг. произошло существенное увеличение смертности населения Озерска практически по всем основным классам болезней. Это связано со значимым старением населения города, социально-экономическими потрясениями, начиная с 90-х годов прошлого столетия, приведших к хроническому стрессу населения.

Основными причинами смерти у населения были: болезни системы кровообращения, злокачественные новообразования и внешние причины. Практически по всем причинам мужчины имели более низкий возраст смерти, чем женщины. В целом более высокий средний возраст смерти от всех причин у мужчин Озерска относительно мужчин России был обусловлен более высоким возрастом смерти от злокачественных новообразований, болезней органов дыхания и пищеварения, а также инфекций, внешних причин, прочих причин и инфекций. Что касается женщин, то возраст смерти от всех причин у них в Озерске и России был практически одинаковым с некоторыми уравнивающими различиями по разным причинам смерти (рис. 3) [8].

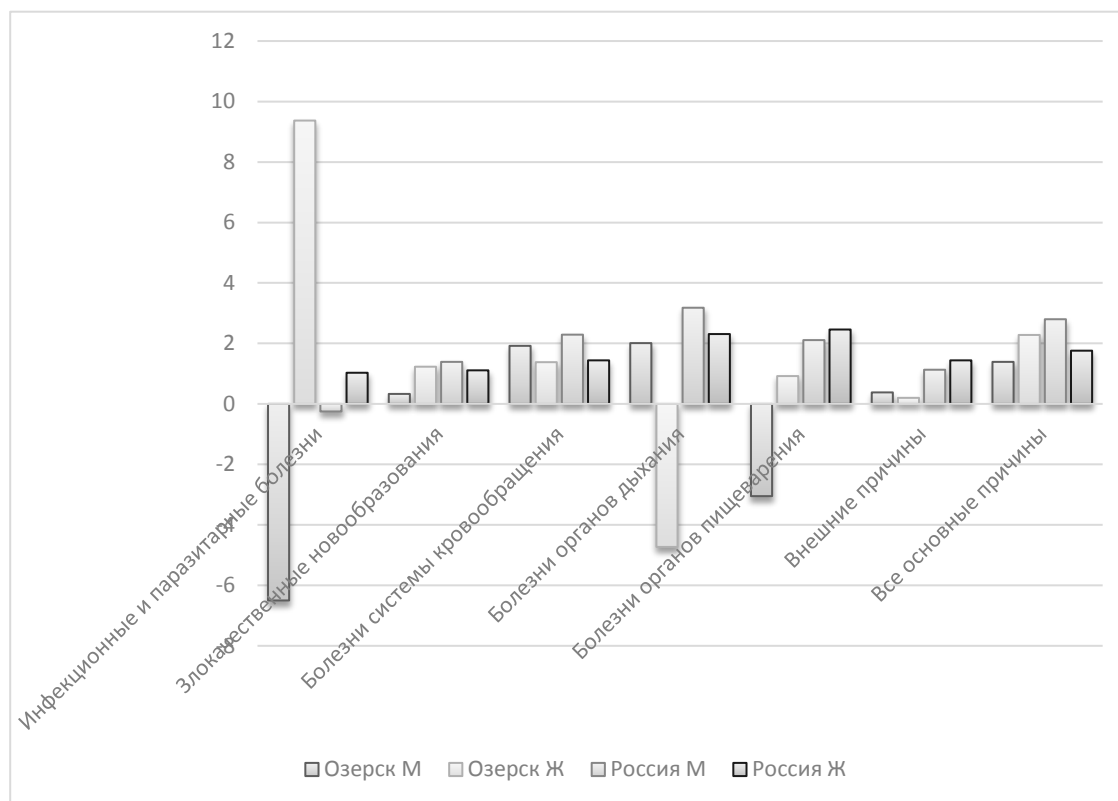


Рис. 3. Динамика среднего возраста смерти (лет) по основным классам причин в Российской Федерации и Озерске в 2006–2010 гг. по отношению к 2005 г.

Медицинские аспекты

В период с 1948 по 2010 гг. в Озерске была проведена диагностика Южно-Уральским институтом биофизики (ЮУрИБФ) 5173 мужчин и 5698 женщин. Было выявлено 11 779 случаев злокачественных новообразований. У некоторых испытуемых диагностировано более одной злокачественной опухоли. В 11 113 случаях

(94,3%) – это солидные раки, в 666 случаях (5,7%) – гемолимфобластозы. Средний возраст заболевших раком составил у мужчин 60,3 года (0–103 года), у женщин – 60,9 лет (0–101 год).

Жители Озерска, родившиеся в период с 1934 по 1948 гг. (подвергшиеся воздействию радиации в детском возрасте), имеют самый высокий

процент раковой заболеваемости – 6,1%, а родившихся после 1974 г. – 0,3% (табл. 1) [5].

Таблица 1. Общая характеристика детского регистра, созданного ЮУрИБФ для г. Озерска по состоянию на 2004 г.

	Периоды по годам рождения				
	1934–1947	1948–1961	1962–1973	1974–2004	Все периоды
Общее количество людей	5776	28731	16046	35187	85740
В том числе с установленным жизненным статусом (%)	4590 (79,5 %)	23190 (80,7 %)	15594 (97,2 %)	34970 (99,4 %)	78344 (91,4 %)
Число лиц с диагнозом злокачественное новообразование (%)	280 (6,1 %)	475 (2,0 %)	119 (0,8 %)	95 (0,3 %)	969 (1,2 %)

Также исследования, проводимые в Южно-Уральском институте биофизики, показали, что заболеваемость раком щитовидной железы (около 52% заболевших) выше для рожденных в 1948–1959 г. По предварительным оценкам специалистов ПО «Маяк», для жителей города Озерска, рожденных в этот период, можно ожидать наибольшие дозы техногенного облучения за счет ^{131}I [1].

При другом обследовании, проводимом ЮУрИБФ, были отобраны 1790 жителей г. Озерска, из которых 967 – 1-я группа (1950–1953 гг.), 248 – 2-я группа (1956–1957 гг.), 575 – контрольная группа. В результате было зарегистрировано у лиц 1-й группы – 286 заболеваний щитовидной железы, у лиц контрольной группы – 160 заболеваний; таким образом, распространенность заболеваний составила 30 и 28% соответственно. В мировой и региональной статистике приводятся

данные о том, что в целом распространенность заболеваний щитовидной железы составляет от 5 до 20%. Узловой зоб (УЗ) привлекает особое внимание вследствие потенциальной опасности злокачественной трансформации при накоплении ^{131}I . Распространенность опухолей УЗ была в 1,5 раза выше у женщин 1-й группы (20%) по сравнению с контрольной (13,3%). У мужчин распространенность этого заболевания не отличалась от контроля [6].

В 2002 г. диагностировали в 6 раз больше случаев злокачественных новообразований (ЗНО) (511,2 на 10^5 населения), чем в 1959 г. (83,9 на 10^5 чел.). Показатель раковой заболеваемости среди мужского населения за исследуемый период увеличился более чем в 10 раз (582,9 случаев на 10^5 в 2002 г. против 55,7 случаев на 10^5 в 1959 г.). Аналогичная тенденция прослеживается среди женского населения (рис. 4) [5].

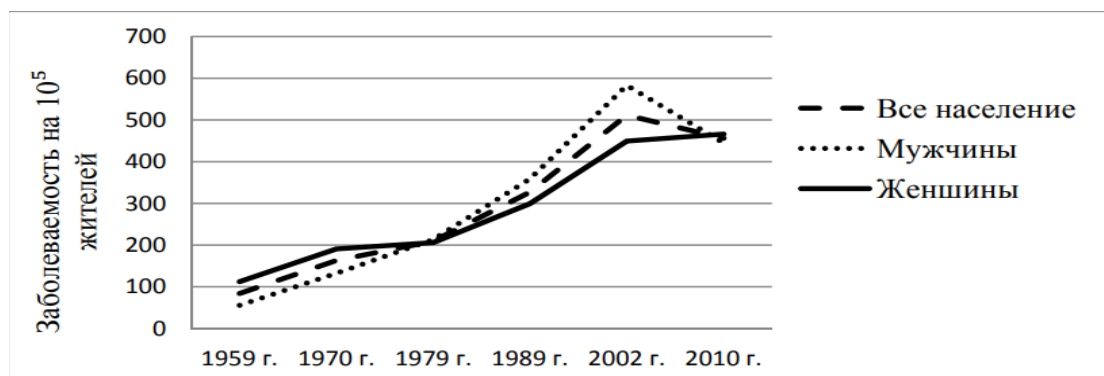


Рис. 4. Образование ЗНО у населения за период с 1959 по 2010 гг.

Динамика злокачественных образований за исследуемый период такова: удельный вес солидных злокачественных новообразований воз-

рос на 16,4%, частота злокачественных новообразований лимфатической и кроветворной тканей уменьшилась в 7 раз. Средний возраст заболевших раком лимфатической и кроветворной

тканей в 1959 г. – 17,4 года. Пик заболеваемости гемолимфобластомами в г. Озерске в 1959 г. связан с большим удельным вкладом детского населения в общую возрастную структуру населения города. Онкопатология лимфатической и кроветворной ткани с 1948 по 1958 гг. и с 1960 по 1970 гг. не характеризовалась таким высоким уровнем [3].

В структуре онкологической заболеваемости солидными раками в возрасте 15–29 лет: 37,8% занимают злокачественные новообразования других и неуточненных локализаций; 25,5% злокачественные новообразования костей, соединительной ткани, кожи и молочной железы; 19,8% злокачественные новообразования органов пищеварения и брюшины (рис. 5). В струк-

туре онкологической заболеваемости солидными раками в возрасте 30–49 лет 37,1% занимают злокачественные новообразования костей, соединительной ткани, кожи и молочной железы; 21,7% злокачественные новообразования органов пищеварения и брюшины; 12,4% злокачественные новообразования женских половых органов (рис. 6) [5]. В возрасте 50 лет и старше злокачественные новообразования органов пищеварения и брюшины – 30,5%; злокачественные новообразования костей, соединительной ткани, кожи и молочной железы – 28,2%; злокачественные новообразования органов дыхания и грудной клетки – 12,7% (рис. 6) [5]. Средний возраст заболевших солидными раками составил 40 лет, а средний возраст заболевших гемолимфобластомами – 24 года.

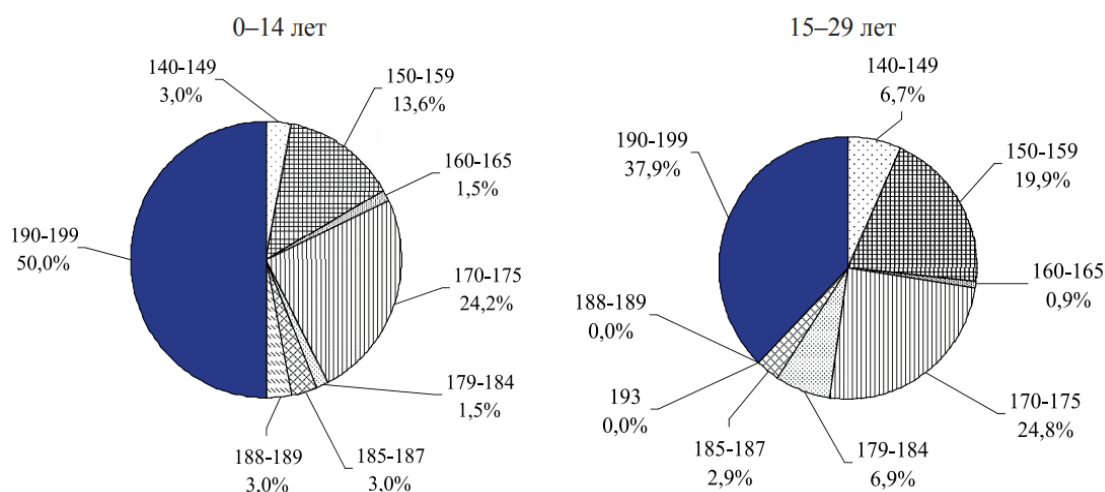


Рис. 5. Структура онкологической заболеваемости солидными раками в зависимости от возраста

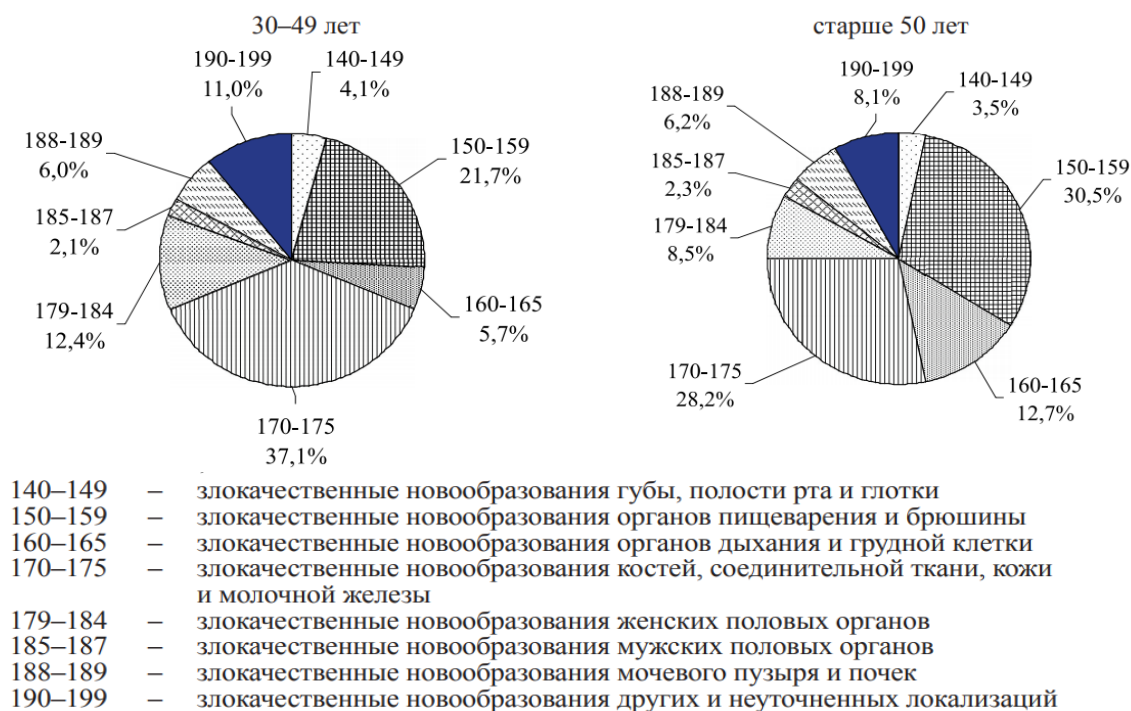


Рис. 6. Структура онкологической заболеваемости солидными раками в зависимости от возраста

За весь исследуемый период первое место в структуре злокачественных новообразований среди мужчин занимала онкопатология органов пищеварения и брюшины (31,6%), второе ранговое место принадлежало злокачественным новообразованием органов дыхания и грудной клетки – 24,2%; третье место – злокачественные новообразования костей, соединительной ткани, кожи (15,1%). Среди женского населения города структура онкологической заболеваемости имела вид: злокачественные новообразования костей, соединительной ткани, кожи и молочной железы (33,4%), злокачественные новообразования органов пищеварения и брюшины (29,4%), злокачественные новообразования мочеполовых органов (19,8%) [7].

Заключение

Авария на ПО «Маяк» была первой радиационной катастрофой в нашей стране. Облако высокоактивных ядерных отходов накрыло большую территорию, в последствии названной ВУРС. Также стоит отметить, что авария на ПО «Маяк» была засекречена на долгие десятилетия. Авария привела к экологической катастрофе на близлежащих к предприятию территориях и повлияла на здоровье населения, проживающего рядом с ним.

Многочисленные исследования, проводимые на прилегающих к комбинату территориях, в том числе и в городе Озерск, отмечают повышенный уровень заболеваемости населения злокачественными новообразованиями, что особенно сильно проявляется для родившихся в период времени, близки к аварии.

ПО «Маяк» функционирует и в наше время, принимая отходы и отработавшее ядерное топливо с атомных станций, что отрицательно влияет на экологическую обстановку района, повышая экологический риск для здоровья и экологические риски для компонентов экосистемы.

Библиографический список

1. Кайгородова Л.Я., Важенин А.В., Корольков В.В., Доможирова А.С., Окотенко П.В., Сокольников М.Э., Кошурникова Н.А. Заболеваемость злокачественными новообразованиями за период 1995–2006 гг. в когорте жителей г. Озерска, подвергавшихся техногенному облучению в детском возрасте // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2011. Т. 56 (№ 1).
2. Каплунович А.П. Особенности развития онкоэпидемиологической ситуации в г. Озерске // Здоровье населения промышленных моногородов: программа и материалы междисциплинарной научно-практической конференции с международным участием. Челябинск: АБРИС, 2014. 152 с.

3. Кириллова Е.Н., Муксинова К.Н., Другова Е.Д., Рыбкина В.Л., Захарова М.Л., Урядницкая Т.И., Ежова А.В., Соколова С.Н., Харитонов О.Е. Иммунный статус у работников ПО «Маяк» и жителей г. Озерска. Челябинск: ФГУП Южно-Уральский институт биофизики, 2006.

4. Кравцова О.С., Брук Г.Я., Голиков В.Ю., Репин В.С., Травникова И.Г. Радиационная обстановка на территориях Уральского федерального округа, находящихся в зоне влияния ПО «Маяк» // ЗНиСО. № 5 (230). С. 6.

5. Кузнецова Е.О., Царева Ю.В. Структура онкологической заболеваемости среди населения г. Озерска 1934–2004 годов рождения, подвергшихся в детском возрасте техногенному облучению за счет деятельности ПО «Маяк» // Вопросы радиационной безопасности. 2006. № 2. С. 47.

6. Рабинович С.В., Поволоцкая В.Б., Шорохова В.А., Турдакова С.Н., Рыжова Е.Ф., Привалов В.А. Распространенность узлового зоба среди жителей г. Озерска, проживавших в детском возрасте вблизи ПО «Маяк». Челябинск: Южно-Уральский институт биофизики, 2006.

7. Соснина С.Ф., Мартиненко И.А., Фомин Е.П., Важенин А.В. Анализ онкологической заболеваемости населения города Озерска за период с 1948 по 2010 гг. // Здоровье населения промышленных моногородов: программа и материалы междисциплинарной научно-практической конференции с международным участием. Челябинск: АБРИС, 2014. С. 86.

8. Тельнов В.И., Третьяков Ф.Д. Медико-демографические аспекты здоровья населения моногорода атомной промышленности Озерска // Здоровье населения промышленных моногородов: программа и материалы междисциплинарной научно-практической конференции с международным участием. Челябинск: АБРИС, 2014. С. 99.

9. Миляева Е.М. «Маяк»: Первая атомная катастрофа Советского Союза // Российская газета.ру – URL: <https://rg.ru/2014/05/02/reg-urfo/katastrofa.html> (дата обращения: 14.08.2017. Режим доступа: свободный).

10. Михайлов А.Л. ЧП на «Маяке»: за 40 лет до Чернобыля // Правда.ру. 29.09.2012. – URL: <https://www.pravda.ru/society/fashion/models/29-09-2012/1129693-avaria-0/#> (режим доступа: свободный. Дата обращения: 14.08.2017).

11. Рагузина Г.Н. Катастрофа по имени «Маяк» // Экология и право / Беллона. № 57 (5.10.2015) – URL: <http://bellona.ru/2015/10/05/mayak> (режим доступа: свободный. Дата обращения: 03.09.2017).

12. Романов Г.Н. Кыштымская авария: секреты и мифы (западный анализ аварии 1957 г.) // Вопросы радиационной безопасности. 1997. № 3. С. 63–71. – URL: <http://www.libozersk.ru/pbd/Mayak60/link/198.htm> (режим доступа: свободный. Дата обращения: 03.09.2017).

*Поступила в редакцию
15.01.2018*

УДК 631.421.2

А. С. Тихонова, С. П. Каплина, И. З. Каманина**Состояние почвенного покрова пгт. Кесова гора Тверской области**

Работа посвящена исследованию почв поселка городского типа (пгт.) Кесова Гора Тверской области. Пробы отобраны по случайно-упорядоченной сетке с учетом функционального зонирования территории. В почвах определены основные агрохимические показатели (рНвод, рНсол, органический углерод, сумма обменных оснований, легкорастворимые фосфаты, обменный калий), а также тяжелые металлы (Cd, Pb, Cu, Zn). Рассчитан коэффициент концентрации химического вещества (Kс) и суммарный показатель загрязнения (Zс) относительно регионального фона, проведено районирование территории по степени загрязнения почвенного покрова.

Ключевые слова: почва, тяжелые металлы, населенный пункт, экологическое состояние окружающей среды.

Об авторах

Тихонова Алёна Сергеевна – магистрант кафедры экологии и наук о Земле Государственного университета «Дубна».

Каплина Светлана Петровна – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и наук о Земле Государственного университета «Дубна».

Каманина Инна Здиславовна – доцент, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и наук о Земле Государственного университета «Дубна».

Почвы, измененные человеком или сформировавшиеся под его воздействием как случайно, так и целенаправленно, улучшенные по сравнению с природными и полезные человеку, или, напротив, техногенно загрязненные, опасные для его здоровья, выполняют целый ряд экологических функций. Качество выполнения этих функций зависит от многих факторов, но в первую очередь от экологического состояния почв. Почвенная индикация и картографирование является одним из основных методов оценки экологического состояния населенных пунктов [5].

В почвы населённых мест постоянно поступают загрязнители из атмосферы, на многих почвах изменяется растительность под влиянием выпаса, пожаров, рубки леса, распашки и гидротехнической мелиорации [2], это влечет за собой деградацию и перерождение зональных естественных биоценозов, приводит к снижению их общей продуктивности, нарушениям метаболизма как отдельных живых организмов, так и экосистем в целом [8]. Занимая центральное место в биосфере и являясь начальным звеном всех трофических цепей, загрязненная почва может стать источником вторичного загрязнения атмосферного воздуха, водоемов,

подземных вод, продуктов питания растительного происхождения и кормов животных и тем самым влиять на эколого-гигиеническую обстановку в целом [5].

Анализ распределения геохимических показателей, полученных в результате апробирования почв по регулярной сети, дает пространственную структуру загрязнения сельских территорий и воздушного бассейна, позволяя выделить зоны риска для здоровья населения [6].

В настоящее время исследования по оценке состояния почвенного покрова в основном проводят в крупных городах и промышленных центрах, в то время как малые населенные пункты, к которым относятся и поселки городского типа, остаются не изученными. В связи с этим изучение почв данной категории населенных пунктов представляет особую актуальность.

Объект и методы исследования

Были исследованы почвы поселка городского типа Кесова Гора Тверской области. Посёлок расположен на берегу реки Кашинка (левый приток р. Волги), на востоке области, в 32 км от Кашина, в 50 км от Бежецка, в 180 км от Твери, недалеко от границы с Ярославской областью и является центром Кесовогорского района. Общая площадь поселка составляет 31,14 км², население – 3768 человек (на 01.01.2016 г.) [1].

Почвенный покров в районе исследования характеризуется значительной неоднородностью, обусловленной ландшафтным разнообразием, пестротой почвообразующих пород и дифференциацией рельефа. Основным зональным генетическим типом почв являются дерново-подзолистые почвы в сочетании с дерново-подзолисто-глееватыми и дерново-подзолистыми глеевыми почвами. По гранулометрическому составу – суглинистые почвы на лёссовидных суглинках. Незначительную долю занимают супесчаные и песчаные почвы (16%) [1].

Пробы были отобраны в 2015 г. из верхнего горизонта 0–10 см по случайно-упорядоченной сетке с частотой 1 проба на 1 км² с учетом функционального зонирования территории [4; 6] (рисунок). Всего было отобрано 22 пробы. Образцы почв были проанализированы на следующие показатели: рНвод, рНсол, гидролитическая кислотность, гигроскопическая вода, органический углерод (по методу Тюрина), сумма поглощенных оснований, легкорастворимые фосфаты, обменный калий, а также валовое содержание тяжёлых металлов (Cd, Pb, Cu, Zn) методом атомной абсорбции. Все полученные данные были подвергнуты статистической обработке.



Рисунок. Картосхема точек пробоотбора почв на территории пгт. Кесова Гора Тверской области

На основе полученных результатов была проведена оценка состояния почв на территории пгт. Кесова гора согласно МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест» [6]. В качестве санитарно-гигиенического норматива согласно ГН 2.1.7.2511-09 [3] были приняты следующие значения ориентировочно-допустимой концентрации (ОДК): Pb – 130 мг/кг, Zn – 132 мг/кг, Cd – 2 мг/кг, Cu – 220 мг/кг.

Кроме этого, полученные результаты содержания тяжелых металлов в почве сравнивались с фоновыми концентрациями. В качестве регионального фона для данного района исследования были приняты следующие значения: Pb – 15 мг/кг, Zn – 45 мг/кг, Cd – 0,12 мг/кг, Cu – 15 мг/кг [7].

Оценка уровня химического загрязнения почв как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводится по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и геогигиенических исследова-

ниях окружающей среды городов с действующими источниками загрязнения. Такими показателями являются коэффициент концентрации химического вещества (Kc) и суммарный показатель загрязнения (Zc). Коэффициент концентрации химических элементов (Kc) определяется отношением фактического содержания определяемого вещества в почве (Ci) в мг/кг к региональному фоновому (Cф): $Kc = Ci/Cф$. Суммарный показатель загрязнения (Zc) равен сумме коэффициентов концентрации химических элементов-загрязнителей и рассчитывается по формуле: $Zc = \sum (Kci + \dots + Kcn) - (n - 1)$, где Kci – коэффициент концентрации i-го компонента загрязнения; n – число определяемых веществ [6].

Результаты и обсуждение

Результаты исследования агрохимических характеристик почв пгт. Кесова Гора Тверской области представлены в табл. 1.

Таблица 1. Агрохимические показатели почв пгт. Кесова Гора Тверской области

Показатель	$\bar{X}$	Min	Max	D	Med
pНвод.	7,20	6,01	8,57	0,41	7,22
pНсол.	6,53	5,17	7,83	0,70	6,51
Гигроскопическая влага, %	1,99	0,74	3,40	0,50	1,84
Органический углерод, %	2,97	0,46	5,68	2,00	2,80
Гумус, %	5,12	0,78	9,79	5,95	4,83
Гидролитическая кислотность, %	2,91	2,10	3,78	0,38	2,83
Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100г	41,79	40,95	42,75	0,33	41,70
P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы	16,24	1,30	27,77	529,85	16,38
K ₂ O ₅ , мг/100 г почвы	32,65	0,60	59,65	2167,05	30,12

Примечание: $\bar{X}$ – среднее значение, min – минимум, max – максимум, D – дисперсия, med – медиана

Результаты исследования показали, что почвы пгт. Кесова Гора характеризуются слабо-кислым, нейтральным и среднещелочным значениями pH от 5,17 до 7,83. Большинство отобранных проб (68%) имеют сдвиг в щелочную сторону, что не характерно для естественных дерново-подзолистых почв и говорит об антропогенном воздействии. Слабокислые значения (pH 5,1–5,5) выявлены в 32% проб, которые были отобраны на землях, предназначенных для сельскохозяйственного пользования, и на землях промышленных предприятий. Нейтральные значения (pH 6,0–6,6) наблюдаются в 27% проб, отобранных на землях, предназначенных для жилой застройки. Среднещелочные значения (pH 7,1–7,8) выявлены в 41% проб, отобранных на землях 8 промышленных территорий и сельскохозяйственных угодий. Среднее значение pH почвы составляет 6,53, что характеризует антропогенное воздействие на почвы человека, для естественных дерново-подзолистых почв, характерных для района исследования, pH составляет 3,0–5,0. Распределение значения pH по территории посёлка показывает, что в центре посёлка преобладают щелочные почвы, а на окраинах – кислые.

Содержания гумуса в почве на исследуемой территории варьируют от очень низкого (0,78%) до высокого (9,79%). В большинстве отобранных проб (68%) содержание гумуса составляет от 4,05 до 9,79%. Среднее содержание гумуса – 5,12%.

Почвы имеют высокую степень насыщенности основаниями (91–95%), в то время как естественные дерново-подзолистые почвы характеризуются низкой степенью насыщенности (20–70%).

Содержание фосфатов существенно варьирует от 1,32 до 27,76 мг/100 г почвы. Большинство отобранных проб (82%) имеют высокую обеспеченность растений доступными фосфатами. По результатам исследования, содержание легкорастворимых фосфатов в почвах посёлка в среднем составляет 16,24 мг/100 г почвы, что в 2–3 раза больше, чем в естественных дерново-подзолистых почвах (5–7 мг/100 г почвы). Высокие значения содержания фосфатов наблюдаются в центральной части посёлка и на территории полей, где проводилось внесение фосфорных удобрений в период интенсивного сельскохозяйственного использования.

Почвы в районе исследования характеризуются различным содержанием калия от 0,60 до 59,65 мг/100 г почвы. Больше половины отобранных проб (64%) имеют очень высокую обеспеченность растений обменным калием. По результатам исследований было установлено, что в среднем содержание обменного калия в почвах посёлка составляет 32,65 мг/100 г почвы, что почти в 2 раза превышает содержание обменного калия в естественных дерново-подзолистых почвах (20–25 мг/100 г почвы).

Результаты исследования содержания тяжелых металлов в почвах пгт. Кесова Гора представлены в табл. 2.

Таблица 2. Содержание тяжёлых металлов в почве пгт. Кесова гора Тверской области, мг/кг

Элемент	$\bar{X}$	Min	Max	D	Med
Cd	0,54	0,05	1,57	0,17	0,39
Pb	16,62	3,80	50,19	93,20	17,22
Zn	78,41	62,19	106,08	160,16	74,65
Cu	13,76	9,37	19,88	5,20	13,45

Примечание: $\bar{X}$ – среднее значение, min – минимум, max – максимум, D – дисперсия, med – медиана

Результаты исследования содержания тяжёлых металлов (Cd, Pb, Zn, Cu) в почве пгт. Кесова Гора Тверской области показали, что ни в одной пробе не установлено превышений санитарно-гигиенических нормативов (ОДК) [3]. Однако отмечаются превышения региональных фоновых значений.

Концентрация кадмия в почве варьирует от 0,05 до 1,57 мг/кг, 86% проб превышают региональный фон от 1,5 до 13 раз. Среднее значение Cd составляет 0,54 мг/кг. Относительно высокие концентрации наблюдаются на северо-востоке посёлка, где сосредоточена основная часть промышленных предприятий. Максимальные концентрации выявлены на ул. Грачи (1,57 мг/кг, что в 13 раз выше фона), а также на сельскохозяйственном угодье (1,36 мг/кг, что в 11 раз выше фона), на ул. Мелиоративной (0,98, мг/кг, что в 8 раз выше фона). Также выделяется локальный участок на юго-востоке в районе птицефабрики, содержание Cd превышает фон в 7,5 раз.

Концентрация свинца варьирует от 3,80 до 50,19 мг/кг, 59% проб превышают уровень регионального фона от 1 до 3,3 раз. Среднее значение Pb составляет 16,62 мг/кг. Максимальная концентрация свинца 50,19 мг/кг, что в 3,3 раз выше фона, отмечается на северо-востоке посёлка (ул. Мелиоративная). В непосредственной близости расположено ремонтно-техническое предприятие, хозрасчётный стройучасток и железная дорога.

Концентрация цинка составляет от 62,19 до 106,08 мг/кг. В результате исследования было выявлено, что 100% проб превышают региональный фон от 1,4 до 2,3 раз. Среднее значение

Zn составляет 78,41 мг/кг. Анализ распределения цинка в почве посёлка выявил три локальных участка с превышением регионального фона более чем в 2 раза: на северо-востоке на сельскохозяйственном угодье (106,08 мг/кг), в центральной части посёлка в районе котельной (99,26 мг/кг) и на юго-западе ул. им. Алелюхина (94,79 мг/кг).

Концентрация меди в почве варьирует от 9,37 до 19,88 мг/кг, 23% проб незначительно превышают региональный фон от 1,1 до 1,3 раз. Среднее значение Cu составляет 13,76 мг/кг. Максимальная концентрация отмечается в центральной части посёлка (ул. Ленинская).

Для всех исследуемых тяжёлых металлов был рассчитан коэффициент концентрации химического вещества (Kc) и суммарный показатель загрязнения (Zc). По суммарному показателю загрязнения вся территория пгт. Кесова Гора Тверской области относится к допустимой категории загрязнения почв (Zc менее 16), за исключением участка на ул. Грачи, в районе расположения промышленных предприятий, который характеризуется как умеренно опасное загрязнение (Zc 16–32), основной вклад в загрязнение вносит кадмий.

В связи с этим, особый интерес для населённых пунктов представляет распределение тяжёлых металлов по функциональным зонам.

На территории пгт. Кесова Гора Тверской области были выделены следующие функциональные зоны: промышленная, селитебная, рекреационная и сельскохозяйственная. Содержание тяжёлых металлов в почвах различных функциональных зон представлено в табл. 3.

Таблица 3. Содержание тяжёлых металлов в почвах различных функциональных зон пгт. Кесова Гора, мг/кг

Элемент/зона	Cd	Pb	Zn	Cu
Промзона (n=9)	0,76	20,58	75,86	12,91
Селитебная зона (n=6)	0,36	14,61	78,13	15,18
Рекреационная зона (n=2)	0,27	16,65	78,84	14,63
C/x зона (n=5)	0,61	11,88	81,85	13,14

Анализ данных показал, что максимальные концентрации для Cd и Pb (металлы 1 класса опасности) характерны для почв промышленной зоны, для Zn – в с/х зоне. Cu распределяется равномерно практически по всей территории посёлка. Минимальные концентрации Cd характерны для рекреационной и селитебной зон, Pb – для сельскохозяйственной зоны.

Выводы

Почвы пгт. Кесова Гора в основном характеризуются сдвигом pH в щелочную сторону, что характерно для почв населенных пунктов и является результатом антропогенного воздействия. Содержание гумуса на исследуемой территории варьирует от очень низкого до высокого (от 0,78 до 9,79%). Высокое содержание фосфатов и калия отмечается на территории сельхозугодий и частного сектора. По содержанию тяжёлых металлов ни в одной пробе не выявлено превышений гигиенических нормативов ОДК для почв населённых мест. С учётом классов опасности веществ почвы относятся к слабой степени загрязнения неорганическими веществами. По суммарному показателю загрязнения (Zc) категория загрязнения почв характеризуется как допустимая ($Zc < 16$), кроме участка на северо-востоке посёлка ул. Грачи (т. № 2), который характеризуется как умеренно опасное загрязнение ($Zc 16–32$), в районе дорожно-строительной компании, основной вклад в загрязнение которой вносит Cd (фон превышен в 13 раз).

Содержание тяжелых металлов в почве пгт. Кесова Гора Тверской области превышают фоновые значения: Cu – до 1,3 раз, Zn – до 2,4 раз, Pb – до 3,3 раз, Cd – до 13 раз, что говорит об антропогенной нагрузке на почвенный покров.

Выделяются участки на северо-востоке посёлка: ул. Грачи (т. № 2), с максимальной концентрацией Cd (1,57 мг/кг, что в 13 раз выше фона), ул. Мелиоративная (т. № 3), около железной дороги с максимальной концентрацией Pb (50,19 мг/кг, что в 3,3 выше фона), точка № 6, около дорожно-строительной компании с высоким содержанием Cd (1,36 мг/кг, что в 11 раз выше фона) и Zn (106,08 мг/кг, что в 2 раза выше фона).

Анализ содержания тяжёлых металлов в различных функциональных зонах показал, что максимальные концентрации Cd и Pb характерны для почв промышленной зоны, максимальные концентрации Zn – для сельскохозяйственной зоны, концентрация Cu в различных функциональных зонах варьирует незначительно.

Проведенные исследования показали, что несмотря на то, что пгт Кесова гора является малочисленным населенным пунктом, почвенный покров испытывает определенную антропогенную нагрузку, что в результате приводит к изменению химического состава и свойств естественных почв данного района.

Библиографический список

1. Генеральный план городского поселения посёлок Кесова Гора Кесовогорского района Тверской области. – URL: <http://xn---7sbbfhi8a7aeue.xn--p1ai/novosti.html> (дата обращения: 21.02.2016 г.)
2. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация: учеб. пособие / под ред. Г.В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.
3. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_88788/73453e950b7550a11d095bf502e9f0017c32861a/ (дата обращения: 21.04.2016 г.)
4. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. – URL: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/21423/> (дата обращения: 10.04.2016 г.)
5. Добровольский Г.В. Почва, город, экология / под ред. Г.В. Добровольского. Фонд «За экономическую грамотность», 1997. 310 с.
6. МУ 2.1.7.730-99. Методические указания. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. М.: Санэпидиздат 1999. 26 с.
7. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. – URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/5/5155/ (дата обращения: 5.05.2016 г.)
8. Ушаков С.А. Экологическое состояние территории России: учеб. пособие / под ред. С.А. Ушакова, Я.Г. Каца. М.: Академия, 2001. 128 с.

*Поступила в редакцию
15.01.2018*

ABSTRACTS

Zabelina A.D., Savvateeva O.A., Petrova Ya.R. Activities of the Mayak Production Association in the field of environmental issues

September 29, 1957, one of the country's biggest accidents occurred – an explosion of industrial capacity with highly radioactive waste at the Mayak production association. Undoubtedly, this catastrophe entailed ecological problems, which have not been solved yet, many lands are not suitable for human habitation and existence. As a consequence, the Mayak PA has developed and implements environmental policy, the goal of which is to ensure a sustainable, environmentally oriented development of the enterprise for the near future. In addition, from 1968 to this day more than 16 thousand hectares are reserved for the protected area.

Keywords: Mayak, East Urals Radiation Reserve, technogenic accident, radioactive pollution, environmental problems

Kanagatova G.K., Hamada M.S., Borzakov S.B., Hramco C. Study of natural and induced radioactivity of samples of plants

In the paper, the natural and artificial (induced) radioactivity of plant samples was studied. The elemental composition of a standard sample and the concentration of elements in the sample were determined by the method of neutron activation analysis. To measure the natural or artificial γ -radioactivity in samples a Canberra High-purity Germanium (HPGe) γ -ray detector was used. The experimental data were analyzed by means of Genie™ 2000 Spectroscopy Software. The obtained data were compared with the accepted radiation safety standards.

Keywords: radioactivity, Neutron activation analysis, gamma- spectroscopy, HPGe-detector.

Kirpichev I.L., Grigorieva I.L. Investigation of influence of building of the water protection zone of the Ivankovskoye reservoir on water quality of a reservoir

The paper presents the results of a study of water samples from the Ivankovskoye reservoir, selected in the summer of 2017. Based on the results obtained, it was concluded that the construction of the water protection zone of the Ivankovo reservoir leads to the contamination of water with chemicals.

Keywords: Ivankovo Reservoir, Volga, development, pollution, cottage development.

Makhnovets M.A., Shimon I.Y. Quality of builder's and resident's life in Ozersk in the special regime zone

The main content of the study is an analysis of the difficulties that have arisen in the construction of the reactor and their overcoming in conditions of a

deficit of information, time and resources. The article also considers measures to encourage employees. It is a question of inhumanly difficult working conditions and the unity of people. The comparison of living standards in Ozersk during the construction of the city with the standard of living in the USSR as a whole is given.

Keywords: nuclear disaster of 1957, special regime zone, nuclear reactor "Annushka", Chelyabinsk-40, Ozersk.

Sokotushchenko V.N. Mathematical and experimental modeling filtration processes of hydrocarbons in a gas condensate reservoir

A mathematical model is considered that makes it possible to adequately calculate the quantitative parameters of the process of gas-condensate mixture flow in the formation taking into account the phase transition to the gas-condensate system, which can serve as the basis for solving actual applied problems. The conducted series of experiments and the developed mathematical model allow to calculate the hydrodynamic characteristics of the process of filtration of the gas condensate deposit as an oscillating system and to obtain their qualitative and quantitative correspondence.

Keywords: multiphase filtration, phase transitions, mathematical modeling, gas condensate, oscillatory system.

Sudnitsyn I.I. Mendeleeev and Dubna

Great Russian scientist Dmitriy Ivanovich Mendeleeev was not only creator of the Periodic Law of Chemical Elements and author of the famous work "Bases of chemistry"; he was also the initiator of the very important part of Russian agricultural science – "agronomic chemistry". In his farm Boblovo near river Lutosna which is the affluent of river Sestra (the affluent of river Dubna) he created the agronomic station where significantly increased crops yield due the original system of fertilizers.

Keywords: agronomic chemistry, fertilizers, agriculture, melioration.

Sysoeva N.A., Timoshenko G.N. Demographic and health aspects of the population of Ozersk, Chelyabinskaya oblast

With the development of nuclear industry the question of safe residence near atomic industrial objects becomes priority. Town of Ozersk is situated near industrial association "Mayak". Radiation accident on the factory in 1957 and uncontrollable emissions of gas from pipes of reactor and radiochemical plants caused increased radiation pollution on nearby territory. As a result of such situation, habitation on the territory causes

increasing frequency of occurrence of malignant neoplasms and other adverse for health effects.

Keywords: demographic and health, breakdown on IA “Mayak”, decrease rate, malignant neoplasms.

Tikhonova A.S., Kaplina S.P., Kamanina I.Z. The state of the soil cover of the urban settlement of Kesova Gora Tver region

The work is devoted to the study soils of urban settlement Kesova Gora Tver region. Samples were selected by randomly orderly grid, taking into account the functional zoning. In soils were determined a basic

characteristics (pH, organic carbon, etc.), and heavy metals by atomic absorption method. The estimation of ecological state determined on the basis of the total indicator of concentration (Zc) for soil and regional background values designated for the investigated area. The conducted zoning of area according to the degree of soil contamination.

Keywords: soil, heavy metals, locality, environmental condition

Порядок публикации статей в журнале «Вестник Международного университета природы, общества и человека Дубна»

Журнал издаётся с ноября 1996 года, является изданием университета «Дубна».

Основные рубрики, по которым принимаются оригинальные, актуальные, не публиковавшиеся ранее материалы:

- Естественные и технические науки.
- Экономика и управление.
- Социальные и гуманитарные науки.
- Информационные науки.
- Педагогика.

Осуществляется обязательная рассылка журнала в Книжную палату РФ, библиотеки других вузов страны, Московской области и города Дубна, авторам и др.

Содержание журналов с 2005 года представлено на сайте университета «Дубна».

К сотрудничеству приглашаются специалисты и исследователи в указанных областях, докторанты, аспиранты, преподаватели вуза.

Для публикации статьи необходимо представить в редакцию журнала:

— **материал** в электронном и печатном виде (текст в MS Word, рисунки в виде графических файлов — согласно Правилам оформления рукописей, действующим в университете «Дубна»), объёмом до 10 печатных страниц формата А4;

— оформленный бланк «**Передача авторского права и декларация об обязанности**» (см. приложение);

— **рецензию на статью** (одну внешнюю либо две внутренние);

— **индекс УДК** к статье;

— **аннотацию** к статье на русском и английском языках,

— **перевод на английский язык** названия статьи и фамилии, имени, отчества авторов;

— **ключевые слова** к статье — 5—6 слов или словосочетаний на русском и английском языках;

— **сведения об авторе(ах)** — полностью фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание, место работы и должность; координаты: рабочий, мобильный телефон, адрес электронной почты;

— **пристатейный «Библиографический список»** — не менее пяти наименований.

Редакция может публиковать статьи в порядке обсуждения, не разделяя точки зрения авторов. Авторы опубликованных статей несут ответственность за точность приведённых фактов, статистических данных, собственных имён и прочих сведений, а также за содержание материалов, не подлежащих открытой публикации.

Адрес редакции

141982, г. Дубна Московская обл.,
ул. Университетская, 19
Тел.: (+7 49621)6-60-89, 1355
E-mail: izdat@uni-dubna.ru



Публикационная активность кафедр ФЕИН в Вестнике университета "Дубна" серии "Естественные и инженерные науки" № 1, 2018 г.

