DOI: 10.21870/0131-3878-2019-28-3-63-74

УДК 577.4:539.1.04

Радиоэкологическое обследование наземных и водных экосистем в районе размещения АО «СХК»

Карпенко Е.И.¹, Кузнецов В.К.¹, Исамов Н.Н.¹, Соломатин В.М.²,
Томсон А.В.¹, Ратникова Л.И.¹

¹ ФГБНУ ВНИИ радиологии и агроэкологии, Обнинск,

² Частное учреждение «ИТЦП «Прорыв», Москва

Представлены результаты радиоэкологической оценки состояния водных, наземных экосистем, в том числе агроэкосистем в районе расположения Сибирского химического комбината (АО «СХК»). Выполнены полевые и камеральные работы для получения данных о содержании радионуклидов в компонентах наземных (лесные, луговые, аграрные) и водных экосистем в регионе размещения опытно-демонстрационного энергокомплекса проектного направления «Прорыв». Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в поверхностных водах достигает 0,5 Бк/дм³ и 0,15 Бк/дм³ соответственно. Значения объёмной активности $^{239,240}\text{Pu}$ в поверхностных водах по данным исследований находятся в диапазоне от $4,4 \times 10^{-6}$ до 126×10^{-6} Бк/дм³. Среднее содержание ^{137}Cs в почвах 30-км зоны АО «СХК» составляет 13 Бк/кг, а в наземной растительности достигает 58,5 Бк/кг. Отмечена необходимость в проведении дальнейших детализированных исследований на содержание искусственных радионуклидов в водных объектах 30-км зоны АО «СХК». Установлено, что содержание природных и техногенных радионуклидов, а также максимальные значения из зарегистрированных удельных активностей радионуклидов в компонентах природной среды в районе расположения АО «СХК» ниже нормативных уровней.

Ключевые слова: радиоэкологическое обследование, окружающая среда, вода, донные отложения, почва, растительность, содержание радионуклидов, удельная активность, сельскохозяйственная продукция.

Введение

Воздействие на окружающую среду предприятий ЯТЦ существенно отличается на различных этапах их эксплуатации. Сравнительная оценка воздействия на человека и биоту различных видов предприятий по производству энергии, включая не только энерго-генерирующую часть, но и все остальные производственные компоненты энергетических систем является актуальной экологической задачей, которая должна решаться уже на стадии проектирования и выбора региона размещения радиационно-опасных объектов. Для оценки воздействия радиационно-опасного объекта на окружающую среду необходимо провести мониторинг состояния современной экологической ситуации в регионе строительства [1, 2].

В соответствии с проектом «Прорыв» на территории Сибирского химического комбината (г. Северск Томской области) ведётся строительство и планируется ввод в эксплуатацию опытно-демонстрационного энергокомплекса (ОДЭК) с реактором на быстрых нейтронах и комплексом по замыканию топливного цикла [3]. В результате предшествующей деятельности АО «СХК» в окружающей среде сохраняется остаточное количество радионуклидов, распределение которых по природным и сельскохозяйственным объектам должно учитываться при введении в эксплуатацию новых предприятий ядерного топливного цикла [4-6]. Проведение исследований направлено на обеспечение экологической безопасности для населения и окружающей среды при строительстве новых ядерных объектов на территории АО «СХК».

Карпенко Е.И.* – зав. лаб., к.б.н.; Кузнецов В.К. – зав. лаб., д.б.н.; Исамов Н.Н. – зав. лаб., к.б.н.; Томсон А.В. – ст. научн. сотр., к.т.н.; Ратникова Л.И. – научн. сотр. ФГБНУ ВНИИРАЭ. Соломатин В.М. – нач. отдела, к.б.н. Частное учреждение «ИТЦП «Прорыв».

*Контакты: 249032, Калужская обл., Обнинск, Киевское шоссе, 109-й км. Тел.: (484) 396-48-02; e-mail: rirae70@gmail.com.

Целью проведения исследований является получение данных о содержании радионуклидов в компонентах наземных (лесные, луговые, аграрные) и водных экосистем на уровне глобального радиационного фона в районе расположения АО «СХК».

Объекты и методы исследований

В августе 2017 г. была организована экспедиционная поездка сотрудников ФГБНУ ВНИИРАЭ с целью выполнения полевых работ в 30-км зоне АО «СХК». В рамках утверждённой программы полевых исследований был выполнен отбор проб для проведения анализа содержания техногенных и естественных радионуклидов. Отбирали пробы компонентов водных экосистем (поверхностные воды, донные отложения), наземных природных экосистем (почвы, луговая и лесная растительность), компоненты рациона сельскохозяйственных животных, а также пищевой продукции, производимой в регионе.

Средства измерений и методическое обеспечение, применяемые в работе, позволили провести достоверное определение содержания радионуклидов в объектах окружающей среды на уровне их фоновых значений. Отбор и подготовка отобранных образцов проводились в соответствии с действующими нормативными документами [7-10]. Точки отбора проб почвы, растений, поверхностных вод и донных отложений представлены на рис. 1.

Рис. 1. Карта-схема отбора проб почвы, растений, поверхностных вод и донных отложений в 30-км зоне АО «СХК». Масштаб 1:500000.

Отбор проб компонентов водных экосистем. В соответствии с программой исследований был осуществлён отбор проб для анализа содержания радионуклидов в компонентах водных экосистем (поверхностные воды, донные отложения).

Пробоотбор поверхностных вод осуществляли в соответствии с требованиями методических документов непосредственно в полипропиленовые канистры [9].

В зависимости от метода проводимого анализа на содержание в воде радионуклидов объём отбираемой пробы воды варьировал от 10 до 200 л. Всего было отобрано 50 проб поверхностных вод из рек и водоёмов 30-км зоны АО «СХК»: оз. Мальцево, оз. Круглое, оз. Яково, р. Бурундук, р. Чёрная, р. Томь, р. Васильевка, оз. Савинское, р. Ушайка, р. Киргизка, р. Порос.

С целью лучшей сопоставимости и воспроизводимости результатов применяли метод концентрирования (выпаривание) и радиохимическое осаждение. Чувствительность измерений при радиохимическом методе пробоподготовки увеличивается на 2 порядка.

Отбор проб донных отложений производился с помощью бентосного дночерпателя, площадь захвата грунта $0,025 \text{ м}^2$. Поверхностный слой грунта дночерпатель собирает при помощи скребков, стягиваемых тросом при подъёме дночерпателя. Во время экспедиционных работ были отобраны 50 проб донных отложений из рек и водоёмов 30-км зоны АО «СХК». Глубина пробоотбора донных отложений составляла от 1 до 5 м, и зависела от физической возможности отбора, ограниченного механическими свойствами грунта и наличием инородных препятствий.

Отбор проб компонентов наземных экосистем. Проведён отбор проб компонентов наземных (природных и аграрных) экосистем, а также производимой в регионе сельскохозяйственной продукции и кормов. Отобраны 652 почвенных, более 650 растительных образцов, 40 проб сельскохозяйственной продукции и 41 проба кормов. В состав растительных проб также входят компоненты кормления сельскохозяйственных животных.

При обследовании почв сельскохозяйственных угодий соблюдался ряд общих методических положений [8]:

- при отборе проб почвы обязательно учитывался вид сельскохозяйственных угодий – пахотные, естественные или улучшенные сенокосы и пастбища;

- на пахотных угодьях отбор проб проводился на глубину пахотного горизонта. Если кормовые угодья перепаживались, то отбор проб проводился на глубину пахотного слоя, если нет – то на глубину 10 см;

- при обследовании проводился отбор средней пробы почвы. С этой целью смешанный образец составлялся из индивидуальных образцов. Каждый смешанный образец составляется из индивидуальных проб, равномерно отбираемых через равные интервалы по диагонали поля.

На почвах лёгкого механического состава (песчаные и супесчаные), а также на сельскохозяйственных угодьях, занятых многолетними травами, отбор проб производился пробоотборником. Масса объединённой пробы почвы составляла не менее 1 кг. Каждую объединённую пробу почвы помещали в полиэтиленовый пакет и вкладывали туда этикетку установленного образца.

Одновременно с отбором проб почвы измерялась мощность AMBIENTНОГО эквивалента дозы (МАЭД) гамма-излучения дозиметрами-радиометрами ДКС-АТ1121 и «Сталкер», величина которой отмечалась в полевом журнале. Замеры проводились на высоте 1 м над поверхностью почвы. Количество замеров составляло не менее 3-х в каждой точке. За исходную величину МАЭД принималось среднее значение из всех замеров в точке отбора пробы.

Для определения содержания природных и техногенных радионуклидов были отобраны пробы наземных экосистем: луговая, лесная растительность, агрокультуры в районе 30-км зоны АО «СХК». Обязательным условием отбора проб растений являлась сопряжённость. Пробы

растений отбирались одновременно на тех же участках, что и пробы почвы, разделяя отдельно основную и побочную продукцию. Масса пробы зависела от вида культуры и содержания в ней контролируемого радионуклида и была не менее 2 кг.

Отбор сельскохозяйственной продукции (мясо, молочная продукция, овощи и ягоды), составляющую типичный пищевой рацион населения Томской области, осуществляли в пределах 30-км зоны АО «СХК».

Для анализа содержания радионуклидов в компонентах окружающей среды использовали высокочувствительные радиометрические и спектрометрические приборы:

- спектрометр энергии гамма-излучения ГАММА-1П на два измерительных тракта с полупроводниковыми детекторами из особо чистого германия производства фирмы EG&G ORTEC (США);
- гамма-спектрометр многоканальный для измерения рентгеновского и гамма-излучения CANBERRA («Canberra Industries, Inc.», США);
- жидкостный сцинтилляционный спектрометр TRIATHLER для измерения альфа- и бета-излучения;
- низкофоновый альфа-бета-радиометр УМФ-2000 с кремниевым детектором для измерения суммарной альфа- и бета-активности.

Результаты и обсуждение

Содержание радионуклидов в компонентах водных экосистем в районе размещения АО «СХК». Определение содержания в природных водах техногенных радионуклидов имеет некоторые особенности по сравнению с аналогичными определениями в других объектах внешней среды. Эти особенности обусловлены, во-первых, малыми значениями объёмных активностей в природных водах, во-вторых, относительно высоким фоном естественной радиоактивности.

Максимальное значение содержания ^{137}Cs в поверхностных водах зарегистрировано в р. Томь, а ^{90}Sr в оз. Мальцево – 0,5 и 0,15 Бк/дм³ соответственно. Демонстрируемые колебания значений объёмной активности обусловлены естественными вариациями гидрологического режима.

Таким образом, наблюдаемые величины содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в воде водоёмов 30-км зоны АО «СХК» находятся в диапазоне значений, характерных для природного регионального фона. Для непитьевых вод в соответствии с ОСПОРБ-99/2010 (с изменениями на 16.09.2013 г.) [11], сумма отношений объёмных активностей ^{137}Cs и ^{90}Sr к их предельным значениям для жидких отходов, приведённым в ОСПОРБ-99/2010, менее 0,1, следовательно, не вводятся никаких ограничений на использование в хозяйственной деятельности рассматриваемых вод.

Пробы поверхностной воды для определения содержания $^{239,240}\text{Pu}$ отбирались в реках: Томь, Таловка, Кантес. Значения объёмной активности $^{239,240}\text{Pu}$ в поверхностных водах по данным исследований находятся в диапазоне от $4,4 \times 10^{-6}$ до 126×10^{-6} Бк/дм³, максимальное значение наблюдается в р. Томь.

Тритий является одним из наиболее подвижных радионуклидов, обладает высокой миграционной способностью в природных средах. В отличие от других радионуклидов не удерживается никакими очистными барьерами, плохо сорбируется растениями, грунтами и находится преимущественно в воде, поэтому в природных условиях этот радионуклид может переноситься водным потоком на большие расстояния.

Значения объёмной активности трития в поверхностных водах 30-км зоны АО «СХК» по данным исследований находятся в диапазоне от 1,2 до 2,6 Бк/дм³, максимальное значение наблюдается в р. Томь. В среднем объёмная активность ³H в водоёмах региона составляет 2,1 Бк/дм³.

Перераспределение радионуклидов в водной экосистеме определяется, главным образом, процессами турбулентного переноса, обменными адсорбционными и химическими взаимодействиями с поверхностью взвесей и донных отложений. По современным представлениям поверхностные процессы на твёрдых частицах считаются основным фактором самоочищения водных масс от искусственных радионуклидов, а донные отложения – субстратом их долговременного захоронения.

В ходе научных исследований проведены измерения удельной активности техногенных и природных радионуклидов в пробах донных отложений и высшей водной растительности в 30-км зоне АО «СХК».

В донных отложениях р. Ромашка содержание ¹³⁷Cs достигает 530 Бк/кг. Удельная активность ¹³⁷Cs в пробах донных отложений озёр Мальцево и Яково составляет 154 и 157 Бк/кг соответственно. Таким образом, целесообразно в дальнейшем провести более детальное обследование р. Ромашка, озёр Мальцево и Яково на содержание в данных объектах искусственных радионуклидов.

Удельная активность гамма-излучающих радионуклидов в донных отложениях водоёмов 30-км зоны АО «СХК» в среднем составляет: ¹³⁷Cs – 37 Бк/кг, ²²⁶Ra – 23,5 Бк/кг, ²³²Th – 22,5 Бк/кг, ⁴⁰K – 436,5 Бк/кг.

Уровень активности ⁹⁰Sr в донных отложениях варьирует в диапазоне от ≤1,12 Бк/кг (р. Чёрная) до 76,72 Бк/кг (оз. Яково). Содержание ^{239,240}Pu в донных отложениях находится в диапазоне значений от 0,15 до 10,31 Бк/кг.

Полученные данные полностью соответствуют критериям допустимых норм и не относят пробы донных отложений к твёрдым радиоактивным отходам [11]. В целом, выявленные параметры содержания радионуклидов в этих объектах не требуют введения ограничений по радиационному фактору на хозяйственную деятельность.

Содержание радионуклидов в компонентах наземных экосистем в районе размещения АО «СХК». Проведённые исследования показали, что среднее содержание ¹³⁷Cs в почвах 30-км зоны АО «СХК» составляет 13 Бк/кг. Имеющееся увеличение среднего содержания ¹³⁷Cs в почвах 30-км зоны обуславливается влиянием выпадений в результате работы АО «СХК» и в большей степени характерно для естественных целинных участков, на которых основное количество ¹³⁷Cs содержится в верхних слоях, что определяет повышенное содержание радионуклидов в слое 0-10 см.

В результате исследований установлено, что содержание естественных радионуклидов в районе проведения мониторинга соответствует обычному радионуклидному составу поверхностных слоёв почв, характерных для ЕТР. Среднее содержание ⁴⁰K составляет 429 Бк/кг, ²²⁶Ra и ²³²Th составляет 24,9 Бк/кг и 23,2 Бк/кг соответственно. Варьирование средних значений определяется неоднородностью свойств почв и, в частности, механическим составом и органическим веществом почв.

Максимальное содержание ¹³⁷Cs в почвах 30-км зоны АО «СХК» составляет 255 Бк/кг (рис. 2).

Рис. 2. Карта-схема плотности поверхностного загрязнения почв ^{137}Cs в 30-км зоне АО «СХК».

Высокое содержание ^{137}Cs находится в зоне радиоактивного следа, образовавшегося в результате аварии на Сибирском химическом комбинате в 1993 г. [12]. Анализ статистического распределения измеренных значений удельной активности ^{137}Cs в почвах 30-км зоны АО «СХК» показал, что наиболее высокая частота встречаемости этих показателей лежит в диапазоне 0,2-25,7 Бк/кг (рис. 3).

Рис. 3. Статистическое распределение измеренных значений удельной активности ^{137}Cs в почвах 30-км зоны АО «СХК».

Почва является наиболее важным инерционным звеном, и от скорости миграции радионуклидов в почве во многом зависят темпы их распространения по всей трофической цепочке. В результате перемещения в почве и последующего корневого поглощения радиоактивные вещества поступают в части растений, представляющие пищевую или кормовую ценность. Среди миграционных цепей наиболее значима трофическая цепь: почва-растение-животное.

Максимальное содержание ^{90}Sr и $^{239,240}\text{Pu}$ в почвах 30-км зоны АО «СХК» наблюдаются в санитарно-защитной зоне данного предприятия и составляет 18,08 и 24,7 Бк/кг соответственно.

Радиоактивные вещества поступают в растения за счёт оседания радионуклидов из атмосферы непосредственно на листовую поверхность растений и за счёт поглощения ими радионуклидов из корнеобитаемого слоя почвы. В вегетационный период загрязнение растений радионуклидами может происходить одновременно двумя путями.

По результатам исследований компонентов наземной (луговой, лесной) растительности установлено, что содержание ^{137}Cs в пробах находится в диапазоне от <0,2 до 58,5 Бк/кг (рис. 4). Максимальное значение ^{137}Cs обнаружено в растительной пробе разнотравья, отобранной в смешанном лесу.

Рис. 4. Статистическое распределение измеренных значений удельной активности ^{137}Cs в естественной растительности 30-км зоны АО «СХК».

Наличие значимых концентраций ^{137}Cs в пробе разнотравья, предположительно, объясняется результатом работы АО «СХК». Во всех исследуемых пробах растительности, в том числе и компонентах рациона кормления сельскохозяйственных животных (сено, сеяные многолетние травы) нет превышения нормативов по содержанию ^{137}Cs в соответствии с инструкцией о радиологическом контроле качества кормов (Минюст № 831 от 14.04.1995 г.) [13].

Анализ статистического распределения измеренных значений удельной активности ^{137}Cs в сельскохозяйственной растительности 30-км зоны АО «СХК» показал, что наиболее высокая частота встречаемости этих показателей наблюдается в диапазоне 0,2–1,7 Бк/кг (рис. 5).

^{90}Sr достаточно активно участвует в обмене веществ у растений. Содержание ^{90}Sr в растительности лесной экосистемы находится в диапазоне от 1,0 до 18,08 Бк/кг, а максимальное его содержание найдено в районе н.п. Георгиевка, и составляет 65,97 Бк/кг.

Рис. 5. Статистическое распределение измеренных значений удельной активности ^{137}Cs в сельскохозяйственной растительности 30-км зоны АО «СХК».

Содержание $^{239,240}\text{Pu}$ в растительности находится в диапазоне от 0,006 до 0,14 Бк/кг, а максимальное значение активности $^{239,240}\text{Pu}$ в данных пробах выявлено в санитарно-защитной зоне данного предприятия.

Содержание радионуклидов в производимой в регионе сельскохозяйственной продукции. Для оценки предела годового поступления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в организм населения с продуктами питания местного производства были отобраны пробы молочной продукции, овощей, мяса, а также пробы компонентов рациона сельскохозяйственных животных.

Максимальное содержание ^{137}Cs обнаружено в грибах и составляет 41,3 Бк/кг, а ^{90}Sr в шиповнике – 1,14 Бк/кг. В пробах сельскохозяйственной продукции растительного и животного происхождения, продукции леса (грибы и ягоды) превышения нормативов, регламентируемого СанПиН 2.3.2.2650-10 «Дополнения и изменения № 18 к санитарно-эпидемиологическим правилам» [14] и нормативов СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» [15] по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr не обнаружено.

Во всех исследуемых кормах нет превышения нормативов по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr в соответствии с инструкцией о радиологическом контроле качества кормов [13].

Выводы

Проведён мониторинг радиэкологического состояния водных, наземных экосистем, в том числе агроэкосистем. Полученные результаты позволяют существенно повысить достоверность и надёжность радиэкологической оценки состояния природной среды региона размещения ОДЭК.

Наблюдаемые величины содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в воде водоёмов 30-км зоны АО «СХК» на несколько порядков ниже нормативного уровня вмешательства для населения и находятся на уровне природного регионального фона. По результатам проведённых исследований водоёмов 30-км зоны АО «СХК» можно сделать вывод о том, что необходимо провести дальнейшие

исследования по содержанию техногенных радионуклидов в следующих водных объектах: р. Ромашка, озёрах Мальцево и Яково.

Во всех исследуемых пробах растительности, в том числе и компонентах кормления сельскохозяйственных животных (сено, сеянные многолетние травы) нет превышения нормативов по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr в соответствии с инструкцией о радиологическом контроле качества кормов [13].

В пробах сельскохозяйственной продукции растительного и животного происхождения, продукции леса (грибы и ягоды) превышения нормативов по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr не обнаружено [14, 15].

В целом, среднее содержание природных и техногенных радионуклидов, а также максимальные из зарегистрированных удельных активностей радионуклидов в компонентах природной среды в районе расположения АО «СХК» ниже допустимых уровней.

Таким образом, в настоящее время радиационная обстановка в районе размещения ОДЭК – стабильна, допустимые нормы содержания техногенных радионуклидов в компонентах окружающей среды не превышены и соответствуют требованиям действующего законодательства.

Литература

1. СП 151.13330.2012. Инженерные изыскания для размещения, проектирования и строительства АЭС. Ч. I. Инженерные изыскания для разработки предпроектной документации (выбор пункта и выбор площадки размещения АЭС). М., 2013. 187 с.
2. СП 151.13330.2012. Инженерные изыскания для размещения, проектирования и строительства АЭС. Ч. II. Инженерные изыскания для разработки проектной и рабочей документации и сопровождения строительства. М., 2013. 155 с.
3. **Адамов Е.О., Алексахин Р.М., Большов Л.А., Дедуль А.В., Орлов В.В., Першуков В.А., Рачков В.И., Толстоухов Д.А., Троянов В.М.** Проект «Прорыв» – технологический фундамент для крупномасштабной ядерной энергетики //Изв. РАН. Энергетика. 2015. № 1. С. 5-12.
4. **Соломатин В.М., Алексахин Р.М., Спирин Е.В., Сорокин И.Б., Живаго А.И., Рыжова Л.И.** Радиоэкологическое состояние агросферы в 30-км зоне Сибирского химического комбината в предпусковой период опытно-демонстрационного энергокомплекса //Атомная энергия. 2018. Т. 124, вып. 1. С. 40-42.
5. **Карпенко Е.И., Томсон А.В., Соломатин В.М.** Радиоэкологическая обстановка в районе размещения АО «СХК» //Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018: сб. статей по матер. междунар. научн.-практ. конф. (24-27 сентября 2018 г.) /Под ред. Л.И. Лукиной, Н.А. Бежина, Н.В. Ляминой. Севастополь: СевГУ, 2018. С. 513-516.
6. **Нуштаев С.Н., Карпенко Е.И., Соломатин В.М.** База данных радиоэкологического мониторинга в районе расположения АО «СХК». Техногенные системы и экологический риск //Тезисы докладов II Международной (XV Региональной) научной конференции /Под общ. ред. А.А. Удаловой. Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2018. С. 130-132.
7. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. Сб. ГОСТов. М.: Стандартиформ, 2008. 8 с.
8. Методы организации и ведения агроэкологического мониторинга сельскохозяйственных угодий в зонах техногенного загрязнения и оценка экологической обстановки в сельском хозяйстве в регионах размещения атомных электростанций и аварии на ЧАЭС. 2010. /Под ред. Н.И. Санжаровой. Обнинск: ВНИИСХРАЭ, 2010. 276 с.
9. ГОСТ 17.1.5.04-81. Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. 5 с.
10. ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязнённость. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. 10 с.
11. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). Утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 26 апреля 2010 г. № 40. 13 с.
12. **Алексахин Р.М., Булдаков Л.А., Губанов В.А., Дрожко Е.Г., Ильин Л.А., Крышев И.И., Линге И.И., Романов Г.Н., Савкин М.Н., Сауров М.М., Тихомиров Ф.А., Холина Ю.Б.** Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры: монография /Под ред. Л.А. Ильина, В.А. Губанова. М.: ИздАт, 2001. С. 528-567.
13. Инструкции о радиологическом контроле качества кормов (Минюст № 831 от 14.04.1995 г.) //Российские вести. 1995. № 105. С. 5.
14. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Дополнения и изменения № 18 к санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам //Российская газета. 2002. № 106.
15. СанПиН 2.3.2.1078-01. Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 14 ноября 2001 г. № 36). [Электронный ресурс]. URL: https://mibio.ru/docs/110/sanpin_2.3.2.1078-01_gigienicheskie_trebovaniya_bezopasnosti.pdf (дата обращения 13.01.2019).

Radioecological survey of terrestrial and aquatic ecosystems in the area of the Siberian group of chemical enterprises

Karpenko E.I.¹, Kuznetsov V.K.¹, Isamov N.N.¹, Solomatin V.M.²,
Thompson A.V.¹, Ratnikova L.I.¹

¹ Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk;

² Innovation and Technology Center for the PRORYV, Moscow

This paper, presents the results of the radioecological assessment of aquatic and terrestrial ecosystems including agroecosystem in the area of location of the joint stock company «Siberian group of chemical enterprises» (SGChE). To measure the content of radionuclides in components of terrestrial (forest, meadow, agricultural) and aquatic ecosystems on the area of location of the Proryv project pilot demonstration energy complex, field and desk research was performed. The content of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in surface waters was 0.5 Bq/dm³ and 0.15 Bq/dm³ respectively. Volume activity of ^{239,240}Pu in surface waters ranged between 4.4×10⁻⁶ Bq/dm³ and 126×10⁻⁶ Bq/dm³. Average content of ¹³⁷Cs in soil within the 30 km area of SGChE location was 13 Bq/kg, and 58.5 Bq/kg in terrestrial vegetation. There was the need to perform detailed analysis of artificial radionuclides content in water bodies within the 30 km area of the SGChE location. Natural and artificial radionuclides, as well as the detected maximum massic activity in the components of the natural environment within the area of SGChE location was below regulatory levels.

Key words: radioecological survey, environment, water, sediments, soil, vegetation, radionuclides content, massic activity, agricultural products.

References

1. SP 151.13330.2012. Engineering surveying for location, design and construction of nuclear power plants. Part I. Engineering surveys for the development of pre-project documentation (selection of item and site selection of NPP. Moscow, 2013. 187 p. (In Russian).
2. SP 151.13330.2012. Engineering surveying for location, design and construction of nuclear power plants. Part II. Engineering surveys for the development of design and working documentation and construction support. Moscow, 2013. 155 p. (In Russian).
3. Adamov E.O., Aleksahin R.M., Bol'shov L.A., Dedul' A.V., Orlov V.V., Pershukov V.A., Rachkov V.I., Tolstouhov D.A., Troyanov V.M. The «PRORYV» project – technological foundation for large-scale nuclear energy. *Izv. RAN. Energetika – News of RAS. Energetic*, 2015, no. 1, pp. 5-12. (In Russian).
4. Solomatin V.M., Aleksakhin R.M., Spirin E.V., Sorokin I.B., Zhivago A.I., Ryzhova L.I. Radioecological state of the agrosphere in the 30-km zone of the Siberian Chemical Combine during the pre-startup period of a prototype power complex. *Atomnaya energiya – Atomic Energy*, 2018, vol. 124, no. 1, pp. 40-42. (In Russian).
5. Karpenko E.I., Tomson A.V., Solomatin V.M. Radioecological situation in the location of the SC "SGChE". *Ekologicheskaya, promyshlennaya i energeticheskaya bezopasnost-2018 – Environmental, Industrial and Energy Security-2018: reports*. Sevastopol', SevGU, 2018, pp. 513-516. (In Russian).
6. Nushtayev S.N., Karpenko E.I., Solomatin V.M. Database of radioecological monitoring in the area of the SC "SGChE". *Man-made systems and environmental risk: Reports*. Obninsk, IAE MIFI, 2018, pp. 130-132. (In Russian).
7. GOST 17.4.4.02-84. Metody otbora i podgotovki prob dlja himicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza [Methods of sampling and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis]. *Ohrana prirody. Pochvy, Sb. GOSTov*. Moscow, Standartinform, 2008. 8 p.

Karpenko E.I.* – Head of Lab., C. Sc., Biol.; Kuznetsov V.K. – Head of Lab., D. Sc., Biol.; Isamov N.N. – Head of Lab., C. Sc., Biol.; Thompson A.V. – Sen. Res., C. Sc., Tech.; Ratnikova L.I. – Researcher. RIRAE. Solomatin V.M. – Head of Dep., C. Sc., Biol. ITC for the PRORYV.

*Contacts: 109 km, Kievskoe Sh., Obninsk, Kaluga region, 249032, Russia. Tel.: (484) 396-48-02; e-mail: rirae70@gmail.com.

8. Methods of organization and management of agroecological monitoring of agricultural land in the areas of anthropogenic pollution and assessment of the environmental situation in agriculture in the regions of nuclear power plants and the Chernobyl accident. Obninsk, VRIARAE, 2010. 276 p. (In Russian).
9. GOST 17.1.5.04-81. Environment protection (SSOP). Hydrosphere. Equipment and devices for sampling, primary processing and storage of natural water samples. Moscow, Standards Publishing House, 2003. 5 p. (In Russian).
10. GOST 17.1.5.01-80. Environment protection (SSOP). Hydrosphere. General requirements for sampling of bottom sediments of water bodies for contamination analysis. Moscow, Standards Publishing House, 2002. 10 p. (In Russian).
11. Basic sanitary rules of radiation safety (OSPORB-99/2010). Moscow, Federal Center for Hygiene and Epidemiology, 2010. 13 p. (In Russian).
12. **Aleksahin R.M., Buldakov L.A., Gubanov V.A., Drozhko E.G., Il'in L.A., Kryshev I.I., Linge I.I., Romanov G.N., Savkin M.N., Saurov M.M., Tihomirov F.A., Holina Yu.B.** Major radiation accidents: consequences and protective measures. Moscow, IzdAt, 2001, pp. 528-567. (In Russian).
13. Instructions on radiological quality control of feeds (Minjust N 831 14.04.1995). *Rossiiskie vesti – Russian News*, 1995, no. 105, pp. 5. (In Russian).
14. SanPiN 2.3.2.1078-01. Hygienic requirements for food safety and nutrition. Amendments and changes of N 18 to sanitary and epidemiological rules and regulations. *Rossiiskaya gazeta – Russian Newspaper*, 2002, no. 106. (In Russian).
15. SanPiN 2.3.2.1078-01. Food raw materials and food products. Hygienic requirements for food safety and nutrition (as approved by the Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of Russia, 14.11.2001, N 36). Available at: https://mibio.ru/docs/110/sanpin_2.3.2.1078-01_gigienicheskie_trebovaniya_bezopasnosti.pdf (Accessed 13.01.2019). (In Russian).