

УДК 543.3:627.1

* ТРИТИЙ В ВОДОЕМАХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО И КОМПЛЕКСНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В РАЙОНЕ ПО «МАЯК» НА УРАЛЕ

© 2011 г. М.Я. Чеботина¹, О.А. Николин¹, А.И. Смагин²,
Е.Л. Мурашова³

¹ Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург

² Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт, г. Екатеринбург

³ Федеральное государственное унитарное предприятие «Производственное объединение «Маяк», г. Озерск

Ключевые слова: тритий, вода, концентрация радионуклида, ПО «Маяк», производственные водоемы, водоемы комплексного назначения.

В работе приводятся данные о современных уровнях концентраций трития в воде водоемов, расположенных в зоне воздействия ПО «Маяк». Показано, что в воде производственных водоемов концентрация трития варьирует в диапазоне 700—10 000 Бк/л. Для трехлетнего периода наблюдений установлено наличие экспоненциальной зависимости между концентрацией трития в воде производственных водоемов и их расстоянием до истока р. Течи. Установленная зависимость свидетельствует о том, что водоемы объединены в единую гидрогеологическую систему, в которой за счет протока воды происходит разбавление концентраций трития. В целом, концентрация радионуклида в воде этих водоемов уменьшается по мере удаления от предприятия. Средняя концентрация трития в воде всех обследованных озер ниже уровня вмешательства, регламентирующего содержание радионуклида в питьевой воде.

Введение

Тритий относится к числу наиболее широко распространенных в природе радионуклидов. Его концентрация в природных водах на несколько порядков величин выше по сравнению с концентрациями таких радионуклидов, как ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs. Основным депо нахождения трития в природе служит вода, с которой он легко перемещается на большие расстояния. Постоянный сброс повышенных концентраций трития предприятиями атомной промышленности в открытые водоемы приводит к широкомасштабному их загрязнению изотопом. В результате испарения воды и переноса паров через воздушное пространство, загрязнению мо-

* Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований РФФИ_урал_а 10-05-96043.

жет подвергаться воздух окружающей среды, а также жилых и рабочих помещений [1, 2].

Основным источником поступления трития в водные системы в Уральском регионе являются Белоярская АЭС им И.В. Курчатова и Производственное объединение «Маяк». Характеристика первого из них достаточно подробно рассмотрена в работах [3, 4]. Во втором случае мощным генератором антропогенного трития является специализированное подразделение предприятия. Согласно исследованиям С.Н. Демина и др. [5, 6], повышенные концентрации трития прослеживаются как в воздухе вокруг этого предприятия, так и в водных резервуарах, включая технологические водоемы, озера, реки. Исследованиями 1982 г. были выявлены повышенные, по сравнению с уровнем глобального (1 Бк/л) и техногенного (5 Бк/л) фона, концентрации трития в ряде водоемов, находящихся на разном расстоянии и в разных направлениях от ПО «Маяк». В 39 водоемах, расположенных вокруг указанного предприятия, концентрация радионуклида варьировала от 20 до 220 Бк/л при среднем значении 117 Бк/л. Через 4 года она незначительно снизилась до среднего показателя 108 ± 7 Бк/л [7].

Настоящая статья посвящена оценке современных уровней концентраций трития в водоемах, расположенных в радиусе до 80 км вокруг ПО «Маяк».

Объекты и методы исследований

Работу выполняли в период 2001—2009 гг. Весь спектр исследуемых водоемов включал в себя озера комплексного назначения, в которые не производится непосредственный сброс радионуклидов, и водоемы производственного назначения, которые используются для сброса слаборадиоактивных стоков. Серия производственных водоемов создавалась в ходе строительства предприятия (1946—1950 гг.) и в последующий период его эксплуатации вплоть до 1964 г. [8—10]. Она включает в себя следующие водные объекты: В-2 — водоем-охладитель (оз. Кызылташ), В-3, В-4, В-10, В-11 — искусственные водоемы (теченский каскад) в долине старого русла р. Течи. Водоем В-2 является основным источником производственного водоснабжения промышленных подразделений ПО «Маяк». Водный режим этого водоема полностью зарегулирован. Водоемы В-3, В-4, В-10 располагаются последовательно в старом русле р. Течи, предназначены для хранения нетехнологических слабоактивных жидких отходов и являются проточными. Их замыкает водоем В-11. По левому берегу оз. Кызылташ проложен левобережный обводной канал (ЛБК), через который «чистая» вода из оз. Иртяш, минуя каскад

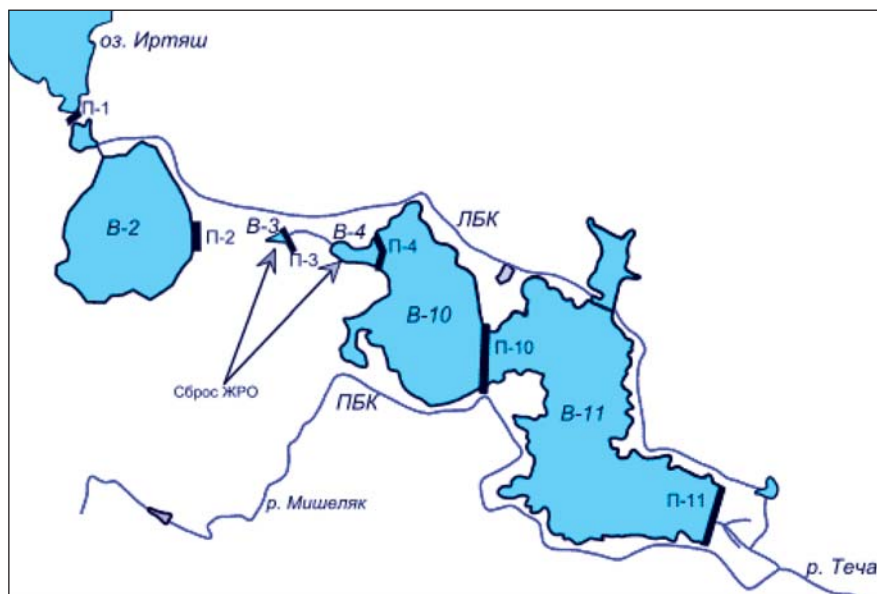


Рис. 1. Схема производственных водохранилищ в долине р. Течи [8].

промышленных водоемов, поступает в открытую гидрографическую сеть. С правой стороны располагается правобережный обводной канал (ПБК), в который направлены воды р. Мишеляк, правого притока р. Течи. На выходе из водоема В-11 находится плотина, ниже которой создана система сбора фильтрационных вод, подлежащих возврату обратно в водоем. Указанные водные объекты располагаются на территории санитарно-защитной зоны предприятия. Схема местоположения водоемов приведена на рис. 1.

Пробы воды в производственных водоемах отбирали вблизи одноименных плотин. Предварительную подготовку этих проб для радиометрии осуществляли в Центральной заводской лаборатории ФГУП ПО «Маяк», где их подвергали двойной дистилляции с перманганатом калия. Подготовка проб воды из водоемов народно-хозяйственного назначения и количественное определение трития производили в Отделе континентальной радиоэкологии Института экологии растений и животных УрО РАН (г. Заречный). В первом случае пробы анализировали без обогащения, а во втором — использовали метод электролитического обогащения. Методика определения концентраций трития достаточно подробно описана в работе [1]. Просчет проб производили на американской установке «Дельта-300». Для оценки надежности результатов неод-

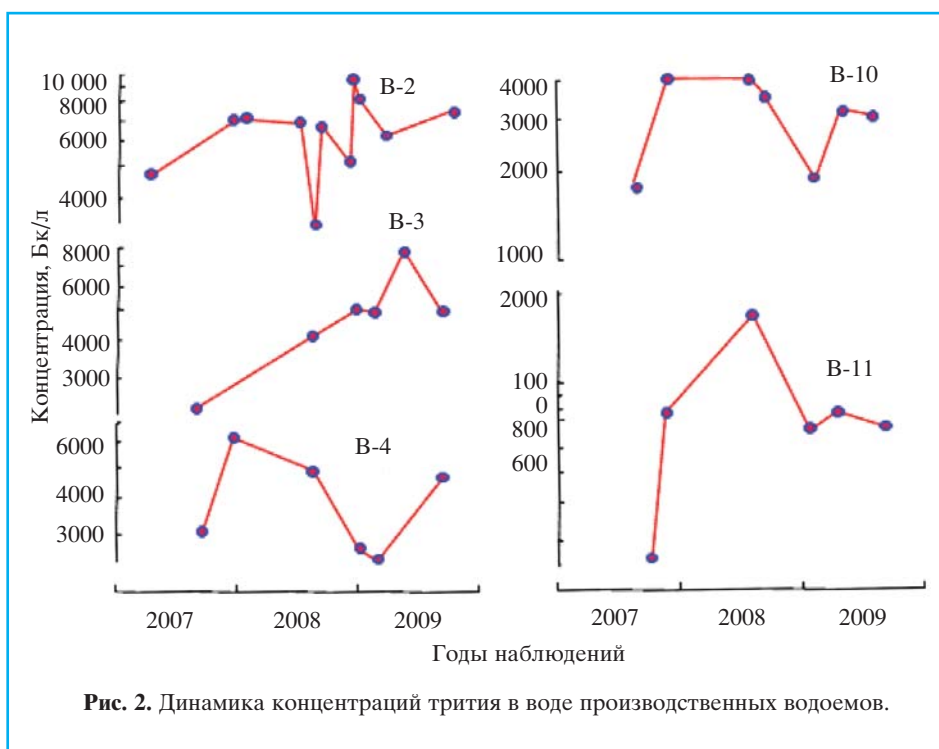
нократно производили сверку методов, применяемых в Институте экологии растений и животных и других организациях.

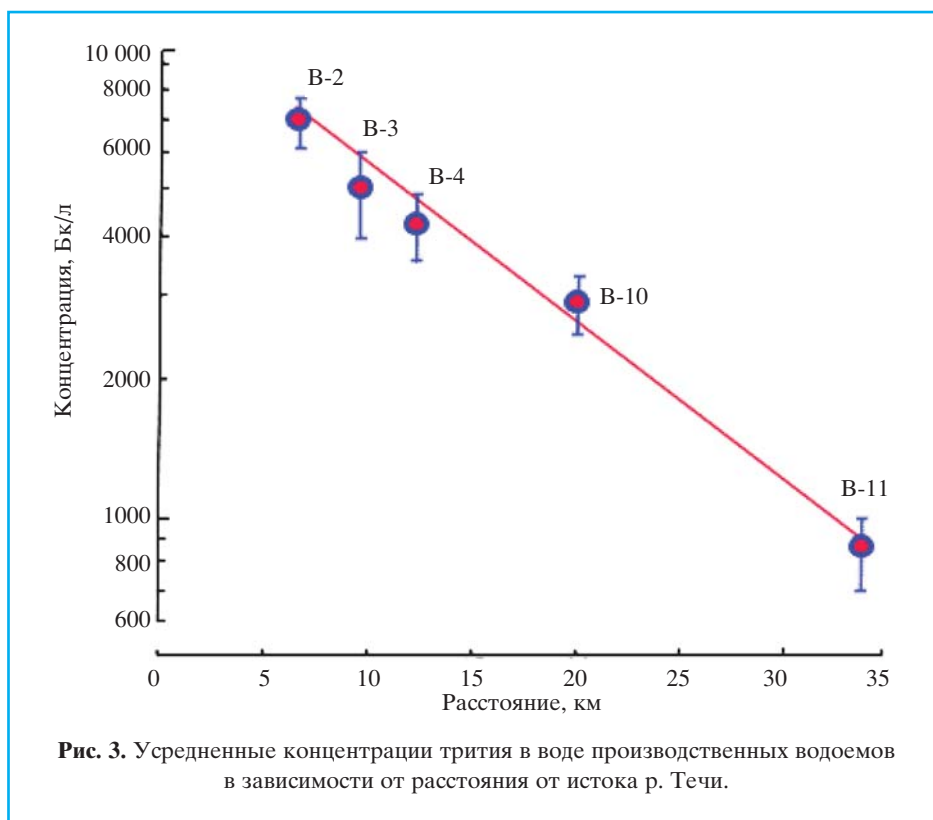
Результаты исследований и их обсуждение

Водоемы производственного назначения

Водоемы производственного назначения находятся в санитарно-защитной зоне предприятия. Поскольку в водоемы В-3 и В-4 в течение длительного времени сбрасывались загрязненные радионуклидами воды, указанные водные объекты, а также водоемы В-2, В-10 и В-11 выведены из хозяйственного использования и поэтому не имеют рыбохозяйственного и культурно-бытового значения.

На рис. 2 приведена динамика концентраций трития в водоемах производственного назначения в течение трехлетнего периода наблюдений. Значения концентраций исследуемого радионуклида в воде этих водоемов изменялись в следующих пределах (Бк/л): В-2 — от 3200 до 10 000 (среднее значение 6730 ± 830), В-3 — от 2400 до 8100 (4970 ± 1000), В-4 — от 2400 до 6300 (4000 ± 690), В-10 — от 1900 до 3800 (2910 ± 300), В-11 —





от 700 до 1800 (850 ± 270). В р. Теча после впадения в нее ЛБК и ПБК содержание трития в воде снижается до 163 ± 41 Бк/л.

На рис. 3 представлены средние за наблюдаемый период концентрации трития в воде производственных водоемов в зависимости от расстояния места отбора проб до истока р. Течи (истоком реки считали место ее вытекания из оз. Иртяш). Наличие экспоненциальной зависимости между исследуемыми параметрами, полученное для трехлетнего периода наблюдений, свидетельствует о том, что водоемы по р. Тече, в том числе и водоем В-2, объединены в единую гидрогеологическую систему, в которой за счет протока воды происходит разбавление концентраций трития. Последнее можно объяснить рядом причин, в том числе разбавлением воды за счет объема водной массы в серии водоемов, фильтрационного потока через тело плотин, режимом обратного водоснабжения предприятия, наличием зон разломов земной коры, через которые происходит подземная фильтрация воды, и других возможных причин [9, 10]. Следует подчеркнуть, что полученная на основании наших данных зависимость характерна для периода наблюдений 2007—2009 гг. и

Таблица. Запас трития в воде промышленных водоемов

Водоем	Объем воды, млн м ³	Средняя концентрация трития в воде, Бк/л	Запас трития в водоеме, ТБк
В-2	84,4	6730	568
В-3	0,78	4970	39
В-4	4	4000	16
В-10	73,5	2910	214
В-11	230	850	391
Итого	392,68	—	1228

может измениться в зависимости от техногенной деятельности предприятия.

На рис. 3 видно, что в водоемах В-4 и В-10 концентрация трития ниже в среднем в 2,0—2,5 раза, а в водоеме В-11 — примерно в 8 раз по сравнению с его содержанием в водоеме В-2.

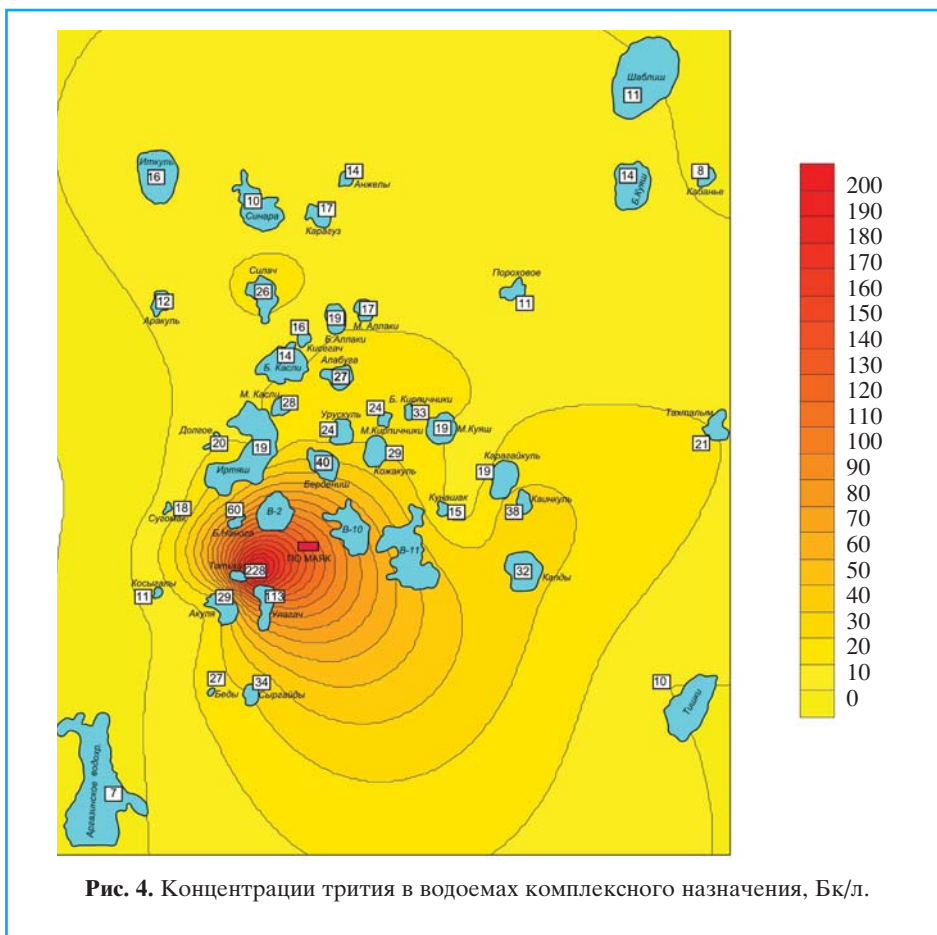
На основании данных, приведенных в работе [11], рассчитан примерный запас трития в воде производственных водоемов ПО «Маяк» (таблица). Общий запас радионуклида в пяти водохранилищах в период исследований в среднем составил 1,2 ПБк. Наиболее высоким запасом трития характеризуются самые многоводные водоемы — В-2 (568 ТБк), В-10 (214 ТБк) и В-11 (391 ТБк), а наиболее низкий запас зарегистрирован в водоемах В-3 и В-4.

Водоемы комплексного назначения

Водоемы комплексного назначения не подвергаются непосредственному воздействию сбросных слаборадиоактивных вод, поэтому, как правило, используются для ловли рыбы, зон отдыха, полива сельскохозяйственных угодий и даже как источники питьевого водоснабжения населения.

На рис. 4 приведены данные о концентрациях трития в водоемах, расположенных на разном расстоянии и в различных направлениях от ПО «Маяк». В период наших исследований содержание радионуклида в воде исследуемых водоемов варьировало от 7 до 228 Бк/л при среднем значении 28 ± 8 Бк/л. Наиболее высокие значения концентраций зарегистрированы для озер Татыш (228 Бк/л) и Улагач (113 Бк/л), расположенных на расстоянии 6—7 км южнее ПО «Маяк».

Сравнение полученных данных с литературными позволило установить, что концентрация радионуклида в обследованных водоемах в настоящее время снизилась по сравнению с 1982 г. в среднем в 8 раз,



а по сравнению с 1986 г. — в 6 раз [7]. При этом уровень снижения в каждом водоеме был свой и варьировал в каждом случае от 2 до 16 раз.

Из рис. 4 видно, что наиболее высокие концентрации трития наблюдаются в озерах, расположенных вблизи предприятия. По мере удаления от ПО «Маяк» содержание радионуклида в воде снижается.

На рис. 5 значения конкретных измерений концентраций трития в воде водоемов комплексного назначения зависят от расстояния водоема до предприятия. В этом случае искомые расстояния измеряли с помощью компьютерной программы Google Earth. Данные на рисунке подтверждают существование четкой зависимости указанных выше параметров.

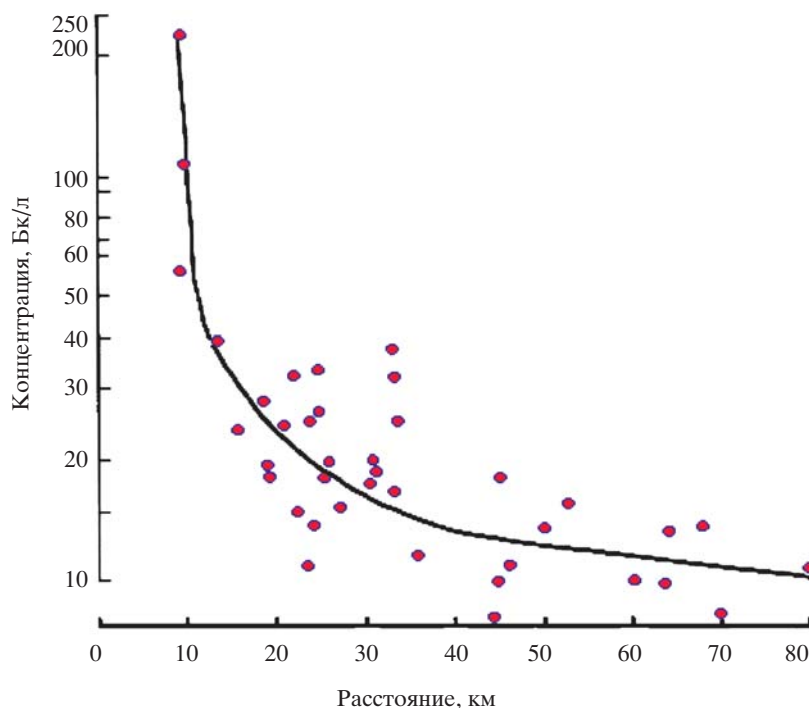


Рис. 5. Зависимость концентрации трития в водоемах от их расстояния до ПО «Маяк».

Заключение

Исследование уровней содержания трития в озерах производственного и комплексного назначения позволило установить, что в настоящее время практически во всех точках наблюдений содержание радионуклида в воде превышает уровень глобального (1 Бк/л) и техногенного (5 Бк/л) фона. Наиболее высокие концентрации радионуклида зарегистрированы в водоемах производственного назначения, где они в период исследования варьировали от 700 до 10 000 Бк/л. Несмотря на вариативность концентраций трития в разных водоемах в различные интервалы времени, средние значения содержания трития в воде этой серии водоемов не превышали уровня вмешательства, установленного для питьевой воды согласно принятым нормативам [12].

Установлено наличие экспоненциальной зависимости между концентрацией трития в воде указанных выше производственных водохранилищ и расстоянием их до истока р. Течи (места вытекания реки

из оз. Иртяш). Этот факт говорит о том, что указанные водоемы объединены в единую гидрологическую систему с общими закономерностями миграции трития за счет процессов разбавления, подрусового и фильтрационного потока водной массы и пр. Рассчитан запас радионуклида в водохранилищах производственного назначения, который в сумме составил 1,2 ПБк. В водоемах комплексного назначения концентрация трития варьировала от 7 до 228 Бк/л.

В настоящее время уровень загрязнения воды обследованных озер комплексного назначения этим радионуклидом снизился по сравнению с 1982 и 1986 гг. в среднем в 6—8 раз. Наиболее высокие концентрации трития отмечены в озерах, расположенных вблизи ПО «Маяк», а наиболее низкие — в более отдаленных районах. Последнее указывает на ПО «Маяк» как источник загрязнения водных систем тритием. Во всех водоемах комплексного назначения содержание трития в воде было значительно ниже уровня вмешательства, регламентирующего содержание радионуклида в питьевой воде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чеботина М.Я., Николин О.А. Радиоэкологические исследования трития в Уральском регионе. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 90 с.
2. Сойфер В.Н., Горячев В.А., Вакуловский С.М., Катрич И.Ю. Тритиевые исследования природных вод в России. М.: ГЕОС, 2008. 286 с.
3. Чеботина М.Я., Николин О.А., Рыбаков Е.Н. Тритий в воде болотно-речной экосистемы в районе Белоярской АЭС / Уральский геофизический вестник. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. № 7. С. 70—73.
4. Чеботина М.Я. Тритий в воде Белоярского водохранилища в период работы трех энергоблоков АЭС // Водное хозяйство России. 2010. № 4. С. 58—73.
5. Демин С.Н., Телушкина Е.Л. Радиационно-генетическая оценка загрязнения внешней среды тритием и дозовые нагрузки на население в районе радиохимического предприятия // Бюллетень радиационной медицины. 1987. № 1. С. 23—28.
6. Демин С.Н. Тритиевая проблема — гигиенические аспекты // Тритий — это опасно. Челябинск, 2001. С. 13—21.
7. Иваницкая М.В., Малофеева А.И. Источники поступления трития в окружающую среду // Тритий — это опасно. Челябинск, 2001. С. 22—29.
8. Садовников В.И., Глаголенко Ю.В., Дрожко Е.Г. Современное состояние и пути решения проблем Теченского каскада водоемов // Вопросы радиационной безопасности. 2002. № 1. С. 3—14.
9. Уткин В.И. Газовое дыхание земли // Соросовский образовательный журнал. 1997. С. 57—64.
10. Атлас геоэкологических карт на территории зоны наблюдения ФГУП «ПО «Маяк». Озерск. 2007. 106 с.
11. Усачев В.Л. Тритий в промышленных водоемах «ПО «Маяк» // Тритий — это опасно. Челябинск, 2001. С. 41.

12. Нормы радиационной безопасности НРБ-99. СП 2.6.1.758—99. М.: Минздрав РФ, 1999. С. 79.

Сведения об авторах:

Чеботина Маргарита Яковлевна, д. т. н., ведущий научный сотрудник, Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202, e-mail: Chebotina@irae.uran.ru

Николин Олег Анатольевич, к. б. н., научный сотрудник, Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук, 624250, г. Заречный Свердловской обл., а/я 18, Биофизическая станция, e-mail: BFS_zar@mail.ru

Смагин Андрей Иванович, д. б. н., старший научный сотрудник, Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт, 620142, г. Екатеринбург, ул. Белинского, 112 а, e-mail: biogeo@telecom.ozersk.ru

Мурашова Екатерина Леонидовна, инженер, Центральная заводская лаборатория ФГУП «ПО Маяк», 456784, Челябинской обл., г. Озерск, ул. Ермолаева, 18, e-mail: alex.2007.mr@gmail.com