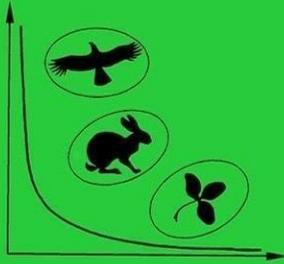


Том 4
Volume

Номер 1
Number

Март
March

2020



ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
WATER PROBLEMS INSTITUTE
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

**ЭКОСИСТЕМЫ:
ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА
ECOSYSTEMS:
ECOLOGY AND DYNAMICS**

Журнал освещает результаты фундаментальных исследований и прикладных работ по изучению состояния, закономерностей процессов и динамики в природных, антропогенно созданных и/или антропогенно нарушенных экосистемах любого ранга (от биотопа до биосферы), а также в отдельных компонентах этих экосистем (как живых, так и неживых) повсеместно: во всех природных зонах и ландшафтах, на суше и в водной стихии. Статьи соответствующей тематики принимаются по следующим научным направлениям: география, биология, лесное и сельское хозяйство.

The journal highlights the results of fundamental and applied investigations on the study of the state, processes and dynamics in natural, anthropogenic and/or anthropogenically disturbed ecosystems of any scale (beginning from biotope and up to biosphere) as well as in separate components of those ecosystems (alive and lifeless) everywhere: in all natural zones and landscapes, on land and in the water. Papers on the related topics submitted to the journal should be related to the following branches of science: geography, biology, forest and agricultural management.

МОСКВА
MOSCOW

2020

WATER PROBLEMS INSTITUTE
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

**ECOSYSTEMS:
ECOLOGY AND DYNAMICS**

Vol. 4, No. 1, 2020, March

Journal is founded in January 2017

Issued 4 times per year

Editor-in-Chief, Dr. geogr. Zh.V. Kuzmina

Editorial Council:

Corresponding member of the Russian Academy of Sciences V.I. Danilov-Danilyan,
Corresponding member of the Russian Academy of Sciences A.N. Gelfan
Academician of the Russian Academy of Sciences K.N. Kulik,
Corresponding member of the Russian Academy of Sciences V.V. Melikhov,
Academician of the Russian Academy of Sciences A.S. Rulev

Editorial Board:

M.V. Bolgov, E.I. Golubeva, T.V. Dikariova, N.G. Mazey, N.M. Novikova,
G.N. Ogureeva, E.I. Pankova, S.A. Podolskiy, E.G. Suslova, A.S. Viktorov,
M.F. Vundtsettel, L.G. Yemelyanova

Executive Secretary:

E.I. Tobolova

Head of Editorial Office:

O.S. Grinchenko

Addresses of Editorial Offices:

Russia, 119333 Moscow, Gubkina str., 3, WPI RAS

Tel.: (499) 135-70-41. Fax: (499) 135-54-15

E-mail: dynamics-journal@yandex.ru

<http://www.ecosystemsdynamic.ru>

MOSCOW

2020

ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА

Том 4, № 1, 2020, март

Журнал основан в январе 2017 г.

Выходит 4 раза в год

Главный редактор

доктор географических наук

Ж.В. Кузьмина

Редакционный совет:

член-корреспондент Российской академии наук А.Н. Гельфан,
член-корреспондент Российской академии наук В.И. Данилов-Данильян,
академик Российской академии наук К.Н. Кулик,
член-корреспондент Российской академии наук В.В. Мелихов,
академик Российской академии наук А.С. Рулев

Редакционная коллегия:

М.В. Болгов, А.С. Викторов, М.Ф. Вундцеттель, Е.И. Голубева, Т.В. Дикарева,
Л.Г. Емельянова, Н.Г. Мазей, Н.М. Новикова, Г.Н. Огуреева, Е.И. Панкова,
С.А. Подольский, Е.Г. Сулова

Ответственный секретарь:

Е.И. Тоболова

Заведующий редакцией:

О.С. Гринченко

Адрес редакции:

Россия, 119333 Москва, ул. Губкина, д. 3, ИВП РАН

Телефон: (499) 135-70-41. Факс: (499) 135-54-15

E-mail: dynamics-journal@yandex.ru

<http://www.ecosystemsdynamic.ru>

Москва

2020

© Журнал основан в 2017 г.

Учрежден и издается

Институтом водных проблем Российской академии наук.

Журнал как сетевое издание зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций;
Свидетельство о регистрации: ЭЛ № ФС 77-68782 от 17.02.2017.

Журнал зарегистрирован в Национальном центре ISSN Российской Федерации,
в Национальном информационно-аналитическом центре России – ВИНТИ,
а также в научных электронных библиотеках: РГБ (Российская государственная библиотека, rsl.ru), БЕН РАН (Библиотека по естественным наукам Российской академии наук), НЭБ, РИНЦ, КИБЕРЛЕНИНКА, Российская книжная палата.

The journal has been founded in 2017.

It was founded and published by the

Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences.

The Journal is registered in the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications (in Roskomnadzor) as a web Media;
Certification Number is ЭЛ № ФС 77-68782 of 17.02.2017.

The Journal is registered in National centre ISSN of Russian Federation,
All-Russian Institute for Scientific and Technical Information (VINITI),
and also in scientific electron libraries, such as RSL (Russian State Library, rsl.ru), Library of Natural Sciences of RAS, National Electronic Library, Elibrary, Science Index, CYBERLENINKA, Russian Book Chamber.

Информация о журнале, правила для авторов располагаются на сайте

<http://www.ecosystemsdynamic.ru>

Information about Journal and Rules for authors are at the site

<http://www.ecosystemsdynamic.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

Том 4, номер 1, 2020 март

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Почвенно-растительные условия формирования мезофильного байрачно-балочного сообщества «Биологическая балка» в озерной депрессии Приэльтонья
[на русском; аннотация на русском и английском]

А.В. Быков, А.В. Колесников, Е.Б. Варламов, Н.П. Шабанова

5-17

МОНИТОРИНГ ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Трансформация уязвимости грунтовых вод к радиоактивному загрязнению в зоне Чернобыльского следа на территории Калужской области
[на русском; аннотация на русском и английском]

А.П. Белоусова, Е.Э. Руденко

18-103

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Многолетняя динамика экосистем северного Подмоскovie
(обоснование создания природного парка «Журавлиный край»)
[на русском; аннотация на русском]

О.С. Гринченко, Т.В. Свиридова, В.В. Конторщиков

104-137

Long-Term Dynamics of Ecosystems in the North of Moscow Region
(Rationale for Creation of the “Crane Country” Nature Park)
[на английском; аннотация на английском]

O.S. Grinchenko, T.V. Sviridova, V.V. Kontorshchikov

138-169

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ОХРАНА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Задачи и ландшафтно-биологические предпосылки создания природного парка «Устьянский» (средняя тайга Архангельской области).
Часть 2. Пространственное биоразнообразие кластера "Научный" Устьянского природного парка¹
[на русском; аннотация и выводы на русском и английском]

Л.Г. Емельянова, Н.Б. Леонова, А.С. Оботуров

170-194

¹ Первая часть данной статьи опубликована в журнале «Экосистемы: экология и динамика» в №2 за 2019 год [Электронный ресурс <http://ecosystemsdynamic.ru/wp-content/uploads/2019/06/All-Number-EED-No2-2019-P-1-250.pdf>].

CONTENTS

Volume 4, Number 1, 2020 March

STRUCTURAL ORGANIZATION OF ECOSYSTEMS AND PATTERNS OF THEIR DISTRIBUTION

Soil and Vegetation Conditions for the Formation of Mesophilic Ravine Community
“Biologic Ravine” at the Depression of Elton Lake
[in Russian; Abstract is available in English]

A.V. Bykov, A.V. Kolesnikov, E.B. Varlamov, N.P. Shabanova 5-17

MONITORING OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

Transformation of Vulnerability of Groundwater to Radioactive Pollution
in the Chernobyl Track Zone in the Territory of Kaluga Region
[in Russian; Abstract is available in English]

A.P. Belousova, E.E. Rudenko 18-103

DYNAMICS OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

Long-Term Dynamics of Ecosystems in the North of Moscow Region
(Rationale for Creation of the “Crane Country” Nature Park)
[in Russian; Abstract is available in Russian]

O.S. Grinchenko, T.V. Sviridova, V.V. Kontorshchikov 104-137

Long-Term Dynamics of Ecosystems in the North of Moscow Region
(Rationale for Creation of the “Crane Country” Nature Park)
[in English; Abstract is available in English]

O.S. Grinchenko, T.V. Sviridova, V.V. Kontorshchikov 138-169

DISTRIBUTION AND PROTECTION OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

Distribution and Protection of Ecosystems and their Components Objectives and
Landscape-Biogeographic Background of the Ustyansky Nature Park (Arkhangelsk
Oblast, Middle Taiga). Part 2. Biodiversity of the “Nauchny” Cluster of the Ustyansky
Nature Park¹
[in Russian; Abstract and Conclusions are available in English]

L.G. Emelyanova, N.B. Leonova, A.S. Oboturov 170-194

¹ The first part of the article is available in Vol. 3, No. 2 of “Ecosystems: Ecology and Dynamics” and can be found there [<http://ecosystemsdynamic.ru/wp-content/uploads/2019/06/All-Number-EED-No2-2019-P-1-250.pdf>].

===== СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ
ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ =====

УДК 574.4+631.41+574.2

**ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕЗОФИЛЬНОГО
БАЙРАЧНО-БАЛОЧНОГО СООБЩЕСТВА «БИОЛОГИЧЕСКАЯ БАЛКА»
В ОЗЕРНОЙ ДЕПРЕССИИ ПРИЭЛЬТОНЬЯ¹**

© 2020 г. А.В. Быков*, А.В. Колесников*, Е.Б. Варламов**, Н.П. Шабанова*

**Институт лесоведения РАН*

*Россия, 143030, Московская обл., Одинцовский го., с. Успенское, ул. Советская, д. 21
E-mail: shabanova_nata@mail.ru, wheelwrights@mail.ru, a.v.bykov@mail.ru*

***Почвенный институт им. В.В. Докучаева*

Россия, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2. E-mail: varlamov_eb@esoil.ru

Поступила в редакцию 20.01.2020. После доработки 20.02.2020. Принята к публикации 01.03.2020.

Региональное своеобразие и специфичность байрачных лесов глинистой полупустыни Заволжья обусловлены их строгой приуроченностью к территории, имеющей замкнуто-котловинный характер: естественная древесно-кустарниковая растительность в глинистой полупустыне приурочена к озерным депрессиям больших соленых озер Эльтон, Боткуль, Аралсор и др. К середине XX в. эти леса были уничтожены человеком, а сформировавшиеся на их месте полидоминантные древесно-кустарниковые сообщества представляют собой их последние «сколки», сохранившиеся лишь в нескольких локальных местообитаниях наиболее крупных озерных понижений. На северном побережье оз. Эльтон отмечено лишь 18 участков с развитыми древесно-кустарниковыми насаждениями площадью от 100 до 3500 м². Два из них приурочены к долине р. Хара, а остальные – к балкам, открывающимся как в соленые речки, так и непосредственно в озеро. На сегодняшний день, в отличие от почв трехчленного солонцового комплекса, почвы балок остаются практически неизученными. Материал собран на территории природного парка «Эльтонский» в одном из самых крупных мезофильных байрачно-балочных сообществ на территории глинистой полупустыни – «Биологической балке». Здесь было заложено 10 скважин до глубины 4.5 м. Грунтовые воды были вскрыты и отобраны для анализа в пяти из них. Выявлено, что рыхлое слоистое сложение литологических пород, значительная водосборная площадь и уклон ее в сторону русла р. Хара, низкое положение местного базиса эрозии, периодически формирующиеся потоки воды, неконтролируемый чрезмерный выпас скота, вырубка, а также пожары древесно-кустарниковой растительности, – являются основными причинами роста оврага Биологической балки. Однородный суглинистый гранулометрический состав почвы под насаждениями обуславливает равномерное и глубокое промачивание почвы талыми водами на глубину 120-230 см, вследствие чего почвенный профиль промыт от легкорастворимых солей. Низкая минерализация грунтовых вод позволяет древесно-кустарниковым видам потреблять влагу непосредственно из них, а их высокий (около 3 м) уровень залегания под насаждениями обеспечивает капиллярной влагой почти весь почвенный профиль. Показано, что глубина залегания и минерализация грунтовых вод повышаются от наиболее повышенных к пониженным позициям рельефа. Поэтому распространение насаждений по балке в нижней ее части лимитируется высоким хлоридно-натриевым засолением близко лежащих к поверхности грунтовых вод, а также развитием анаэробных условий в корнеобитаемом слое почвы, а в верхней части – их недоступностью.

Ключевые слова: Волго-Уральское междуречье, оз. Эльтон, глинистая полупустыня, химический состав почв, полидоминантные древесно-кустарниковые сообщества,

¹ Работа выполнена по теме НИР Института лесоведения РАН «Факторы и механизмы устойчивости естественных и искусственных лесных биогеоценозов лесостепной зоны и аридных регионов Европейской России в условиях природно-антропогенных трансформаций» (Госзадание № 0121-2019-0003).

гидроморфные местообитания.

DOI: 10.24411/2542-2006-2020-10052

В глинистой полупустыне Заволжья байрачные леса издавна оказывают заметное влияние на население животных и фаунистическое богатство региона в целом (Динесман, 1955, 1958, 1960; Ходашова, 1960; Линдеман и др., 2005; Быков, 2010). Региональное своеобразие и специфичность этих лесов обусловлены их строгой приуроченностью к территории, имеющей замкнуто-котловинный характер. Уже к середине XX в. эти леса были уничтожены человеком. Сформировавшиеся на их месте полидоминантные древесно-кустарниковые сообщества представляют собой последние «сколки» этих лесов (Динесман, 1960). Они, в свою очередь, подвергались негативным антропогенным воздействиям и в настоящее время сохранились лишь в нескольких локальных местообитаниях наиболее крупных озерных понижений (Быков, Бухарева, 2016). В последние десятилетия интенсивность антропогенной нагрузки снизилась, ее характер меняется; наметилась гумидизация климата региона (Сажин, 1993; Опарин, 2007; Сапанов, Сиземская, 2015). Это создает предпосылки для восстановления и распространения естественных древесно-кустарниковых сообществ и обуславливает необходимость изучения условий их произрастания (Линдеман и др., 2005; Быков, Бухарева, 2016, 2018).

Объекты и методы исследования

Исследования проведены на базе Джаныбекского стационара Института лесоведения РАН (Волгоградская область, Палласовский район; рис. 1). Климат глинистой полупустыни отличает резкая атмосферная засушливость и безводность. Испаряемость доходит до 1000 мм, среднегодовое количество осадков не превышает 300 мм (Доскач, 1979). Большая часть территории представляет собой бессточную равнину. Важной чертой изучаемого района является слабое развитие покровов новейших континентальных отложений. Главными литологическими компонентами здесь являются тяжелые шоколадные глины, бурые песчаные глины и суглинки, светло-бурые пылеватые лёссовидные суглинки, мелкозернистые пески, слоистые тонкопесчаные и глинистые отложения и т.д. Литологическое разнообразие и общая изменчивость представленных компонентов как в горизонтальном, так и, в приложении к нашим объектам, в вертикальном сочетании, а также их различное соотношение в значительной мере обуславливают специфические особенности и физико-химические свойства почв. Основным типом почвенного покрова здесь является классический трехчленный солонцовый комплекс, который включает в себя солончаковые солонцы микроповышений, светло-каштановые почвы микросклонов и лугово-каштановые почвы западин. Почвам территории данного региона посвящено большое количество исследований (Роде, Польский, 1961; Травникова, Мясников, 1973; Дементьева, 1975; Горбунов и др., 1975; Сиземская, 2013; Конюшкова, Абатуров, 2016). Детально изучена эволюция почвенного покрова данной территории в голоцене (Свиточ, Щербакова, 1991), исследованы особенности водного и солевого режимов почв солонцового комплекса, а также их изменения под влиянием агролесомелиоративных мероприятий. Тем не менее, на сегодняшний день почвы балок остаются практически неизученными в отличие от почв трехчленного комплекса.

Естественная древесно-кустарниковая растительность в глинистой полупустыне приурочена к озерным депрессиям больших соленых озер Эльтон, Боткуль, Аралсор и др. Здесь местами сохраняются заросли тамарикса (*Tamarix laxa*²), а в долинах соленых речек и в балках на темноцветных промытых овражно-аллювиальных почвах на хорошо

² Латинские названия растений даны по работе С.К. Черепанова (1995).

дренированных участках мощностью до 2 м еще в начале XIX в. произрастали разреженные и низкостелетные байрачные леса с участием ветлы (*Salix alba*), осокоря (*Populus nigra*), тополя белого (*P. alba*), осины (*P. tremula*), яблони ранней (*Malus praecox*) и других пород (Динесман, 1955, 1958, 1960). Ныне на их месте сформировались полидоминантные кустарниковые заросли байрачного типа из жостера слабительного (*Rhamnus cathartica*), терна (*Prunus spinosa*), жимолости татарской (*Lonicera tatarica*), шиповника (*Rosa canina*), иногда с единичными экземплярами яблони, дикой груши (*Pyrus communis*), с примесью ежевики (*Rubus caesius*) и крайне редко – с бересклетом бородавчатым (*Euonymus verrucosa*). Снаружи байрачные насаждения обычно окаймлены миндалем низким (*Amygdalus nana*) и шиповником (*Rosa canina*; Динесман, 1960; Быков, Бухарева, 2016).



Рис. 1. Район проведения исследований. Fig. 1. Research area.

Системообразующие виды полидоминантных сообществ (жостер, терн и жимолость, миндаль и шиповник) устойчивы к пожарам, т.к. их почки возобновления, погребенные в почве, не повреждаются огнем. Однако в результате рубок и выпаса скота заросли распадаются на небольшие фрагменты, в них проникает травянистая растительность,

накапливается ветошь, и при пожаре подстилка выгорает до минерального слоя, а почки возобновления гибнут. Кроме того развивается послепожарная эрозия, разрушающая поверхностную горизонтальную часть корневой системы, что ведет к гибели корневой поросли. Часто повторяющиеся пожары ведут к исчезновению полидоминантных сообществ и к существенному нарушению их местообитаний. Сегодня в большинстве балок полидоминантные сообщества уже исчезли или представлены единичными кустами (Быков и др., 2013). Начиная с 1930-х годов (о более раннем периоде данных нет) массовое семенное возобновление рассматриваемых пород отмечено лишь в исключительно влажном 1952 г. (Динесман, 1960). С тех пор сохранившиеся участки полидоминантных насаждений поддерживаются исключительно вегетативным путем, в результате чего площадь, занимаемая ими, за последние 30 лет снизилась вдвое (Быков, Бухарева, 2016), что ставит под угрозу сам факт существования таких сообществ. После 2010 г. стали появляться отдельные самосевные растения, но и они уничтожаются скотом, а в снежные зимы молодые побеги полностью объедаются зайцами-русаками.

Материал собран на территории природного парка «Эльтонский», в одном из самых крупных мезофильных байрачно-балочных сообществ на территории глинистой полупустыни – в «Биологической балке». Здесь равнина междуречий имеет абсолютную отметку около 0 м, а устья соленых речек располагаются на отрицательной высоте -15 м н.у.м. БС. Балка находится на правом берегу р. Хара. Полидоминантные кустарниковые сообщества здесь хорошо выражены и, вероятно, сформировались на месте уничтоженного человеком лесного участка байрачного типа. Из рассказов старожилов известно, что по крайней мере с 1930-х гг. эти насаждения не горели. В 2018 г. вся балка была пройдена сильным пожаром, что дало возможность заложить почвенные разрезы внутри прежде непроходимых очень густых зарослей.

В 2013-2014 гг. в балке было заложено 10 буровых скважин до глубины 4.5 м. Они располагались по линии тальвега балки по следующей схеме: выше насаждения под травянистой растительностью – внутри насаждения – в низовьях балки (рис. 2).

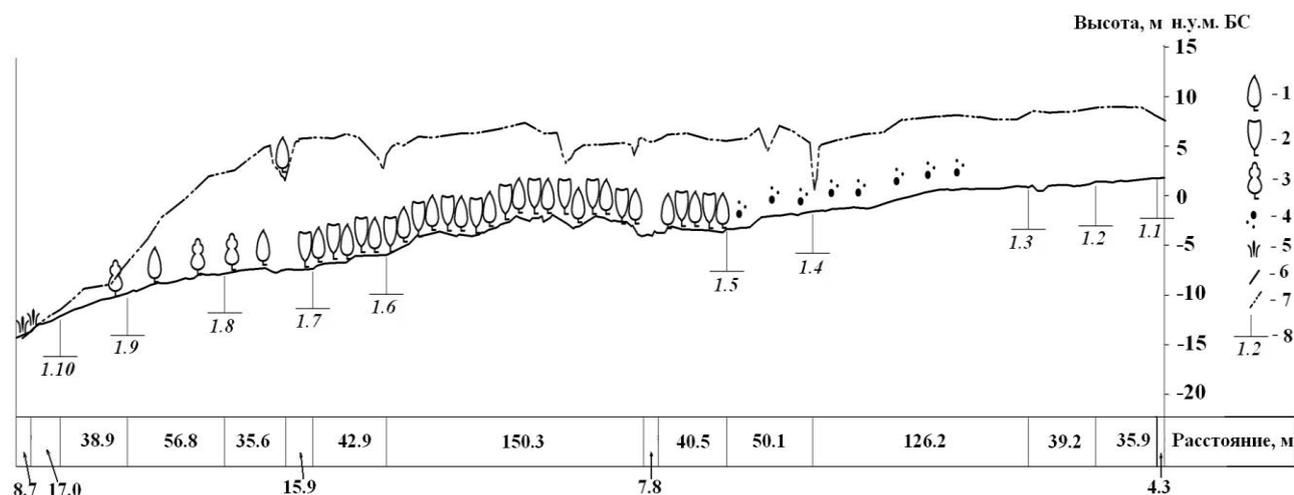


Рис. 2. Продольный профиль через «Биологическую балку». Условные обозначения: 1 – жостер слабительный, 2 – терн, 3 – яблоня, 4 – миндаль низкий, 5 – тростник, 6 – линия профиля по тальвегу, 7 – линия берега, 8 – указатель скважины и ее номер.

Fig. 2. Longitudinal profile across the “Biological Ravine”. Legend: 1 – buckthorn, 2 – black thorn, 3 – apple trees, 4 – Russian almond, 5 – reed, 6 – profile line, 7 – shoreline, 8 – mark of the well and its number.

Так как большая часть кустарникового массива рассматриваемой балки была практически непроходима, закладка скважин здесь оказалась возможной лишь у начала насаждений (скважина 5) и в нижней четверти массива (скважины 6 и 7). Грунтовые воды были вскрыты и отобраны для анализа только на пяти скважинах. Их отбор осуществлялся в начале мая, в конце июня, а также в сентябре 2014 г. В образцах почвы из скважин была исследована влажность. Анализ грунтовых вод выполняли общепринятыми методами (Воробьева, 1998), концентрацию иона SO_4^{2-} определяли по А.С. Комаровскому (Гедройц, 1955).

Результаты и их обсуждение

Рельеф озерной котловины и прилегающих территорий обладает в целом слаборасчлененным характером, а на отдельных участках замкнутых котловин установлены значительные колебания рельефа. Водная эрозия и аккумуляция почвенного материала в отрицательных формах рельефа – это основные процессы преобразования почвенного покрова балок. На исследуемой территории основными факторами формирования широко развитой овражно-балочной системы являются слабая эрозионная устойчивость пород и большая глубина речных долин, которая и обуславливает низкое положение местного базиса эрозии, проходящего по реке Хара.

Материнские породы представлены четвертичными отложениями мощностью от 30 до 100 м, состоящими из морских осадков, лёссовидных суглинков, песков и песчано-глинистых (шоколадных глин). Большой частью эти суглинки имеют набор минералов, близкий к лёссовидным породам (Градусов, Чижикова, 1976). Довольно часто среди них доминируют диоктаэдрические иллиты, лабильная фаза представлена неупорядоченными смешанослойными слюда-сметитовыми образованиями с низкой и высокой долей смектитовых пакетов. Присутствуют хлорит и несовершенный каолинит. Особенность залегания этих отложений, их гранулометрический состав и физические свойства оказывают первостепенное влияние на интенсивность развития овражно-балочной сети и её морфометрические особенности. Таким образом, интенсивность процессов оврагообразования напрямую связана с особенностями литологического строения грунтов, слагающих территорию, а изменение показателей размываемости отложений наблюдается как по площади, так и по глубине.

На северном побережье оз. Эльтон отмечено лишь 18 участков с развитыми древесно-кустарниковыми растительными сообществами площадью от 100 до 3500 м². Два из них приурочены к долине р. Хара, а остальные – к балкам, открывающимся как в солёные речки, так и в само озеро. Балка на правом берегу р. Хара (урочище «Биологическая балка») обследовалась еще во второй половине 1940-х – 1950-х годах (Динесман, 1960; Ходашова, 1960). Ее длина составляет более двух километров, из которых 1.5 км приходится на ее верхнюю часть, представленную неглубоким овражком, а местами узкой ложбиной, врезанной в поверхность междуречья менее чем на 1 м. На собственно балку, начинающуюся вертикальным уступом высотой 1.6 м и врезанную здесь в массив второй террасы, приходится 852 м. Балка открывается пологим устьем в пойму р. Хара. В самом низовье из соленого родника формируется короткий ручеек и здесь, при близко залегающих грунтовых водах, развиты заросли тростника. Выше располагается участок лугового разнотравья с несколькими отдельно стоящими яблонями, грушей и жостерами, растущими по сторонам промоин. Луговой участок резко сменяется компактным массивом полидоминантных кустарников, занимающим все днище балки. Длина этого массива 245 м, ширина днища на данном отрезке колеблется от 10 до 19 м. Вверх по балке, выше массива кустарников, среди травянистой растительности отмечаются отдельные кусты и небольшие куртины жостера, миндаля низкого и спиреи. Протяженность нашего профиля здесь 670 м. Перепад высот на

этом протяжении составляет 17 м.

Почвы «Биологической балки». Перенос почвенного материала водой по днищу балки, в зависимости от скорости потока, формирует здесь наносы различной мощности и степени отсортированности. Почвенный покров балки представлен отделами синлитогенных почв. Это стратоземы серогумусовые, водно-аккумулятивные, формирующиеся большей частью на минеральном субстрате и частично на погребенных наносных почвах. Динамичное развитие почв на минеральном субстрате, связанное циклическим и многократным отложением-переотложением, приурочено в основном к зоне активного роста начальной и средней части балки. Формирование почв основания балки происходит в условиях преобладающих процессов почвообразования с интенсивным вовлечением в локальный почвообразовательный процесс материала вновь поступающего твердого стока. Это приводит к формированию своеобразных почв, значительной мощности с невысокой биологической продуктивностью и слабой выраженностью генетических горизонтов. В нижней, луговой части балки стратозем сформирован на погребенном светлом солонце.

В 2018 г. мы заложили 3 почвенных разреза: два внутри сгоревшего древесно-кустарникового насаждения и один в нижней, луговой, части балки. Их описания приводятся ниже.

Разрез ББ-1. Стратозем серогумусовый на лессовидных суглинках. Расположен внутри массива древесно-кустарниковых насаждений в глубокой трапецеидальной части балки (около 500 м от ее вершины). Ниже разреза в 20-30 м в ложе балки имеется естественная плотина, сформированная обвалом бокового рукава отвершка и являющаяся барьером на пути водных потоков. В результате здесь переотложенный материал отсортирован и представлен большим количеством слоев различной зернистости.

AJ (0-2 см) – серый, сухой, тонкопесчаный, слабо агрегирован, структура листовато-слоистая, непрочная, пронизан корнями. Переход заметный по окраске, граница слабоволнистая.

RJ1aq (2-6 см) – углистый темно-серый с остатками сгоревшего растительного материала, песчаный, рыхлый, встречаются редкие корни растений. Переход заметный по окраске, граница слабоволнистая.

RJ2aq (6-16 см) – темно-серый, свежий, песчаный, уплотнен, имеются редкие корни растений, по ходам корней наблюдаются пятна окисного железа. Переход заметный по окраске, граница волнистая.

RJ3aq (16-36 см) – светло-серый с более светлыми пятнами, супесчаный, уплотнен, к низу плотность увеличивается, мелкокомковатый, единичные корни, встречаются карбонатные новообразования в виде белоглазки диаметром 1-2 мм. Переход заметный по гранулометрическому составу, окраске, плотности и структуре, граница ровная.

RJ4aq (36-58 см) – светло-серый, темнее вышерасположенного, светлые пятна, супесчаный, уплотнен, мелкокомковатый, единичные корни. Переход заметный по окраске, граница ровная.

RJ5aq (58-76 см) – желтый, светлые пятна, супесчаный, уплотненный, к низу плотность увеличивается. Переход заметный по гранулометрическому составу, окраске, плотности и структуре, граница ровная.

C (>76 см) – материнская порода, сложение слабовыраженной слоистости, аналогичное с покровными суглинками.

Разрез ББ-2. Стратозем серогумусовый мощный на лессовидных суглинках. Заложено в средней части балки под луговой растительностью.

AJ (0-5 см) – свежий нанос, серый, сухой, песчаный, слабо агрегирован, структура непрочная мелкокомковато-порошистая, рыхлый, пронизан корнями. Переход заметный по окраске, граница слабоволнистая.

RJea1 (5-14 см) – светло-серый гомогенный, признаки сортированности по одному

размеру эолового происхождения, сухой, песчаный, слабо агрегирован, непрочной мелкокомковатой структуры, рыхлый, с редкими корнями растений. Переход заметный по структуре, граница ровная.

RJ2aq (14-22 см) – темно-серый, свежий, песчаный, уплотнен, зернисто-порошистый, редкие корни растений, по ходам корней наблюдаются пятна окисного железа. Переход заметный по окраске, граница волнистая.

RJ3aq (37-45 см) – светло-серый с темными пятнами, свежий, супесчаный, уплотнен, книзу плотность увеличивается, мелкокомковатый, единичные корни. Переход заметный по гранулометрическому составу, окраске, плотности и структуре, граница волнистая.

Разрез ББ-3. Стратозем серогумусовый на погребенном светлом солонце гидрометаморфизированный. Заложен в нижней части балки под луговой растительностью, представленной злаковыми сообществами с примесью тростника.

Дернина (0-4 см) – густо переплетена корнями растений, светло-серой окраски, сухая, минеральная часть ее песчаная и порошистая, слабо уплотнена. Переход ясный по количеству корней, граница волнистая.

AJ (4-23 см) – серый, сухой, песчаный, слабо агрегирован, структура непрочная мелкокомковато-порошистая, рыхлый, пронизан корнями. Переход заметный по окраске, граница слабоволнистая.

RJ1aq (23-29 см) – светло-серый с белесыми пятнами, сухой, песчаный, слабо агрегирован, непрочной мелкокомковатой структуры, рыхлый, редкие корни растений. Переход заметный по окраске, граница волнистая.

RJ2aq (29-37 см) – темно-серый, свежий, песчаный, уплотнен, зернисто-порошистый, редкие корни растений, по ходам корней наблюдаются пятна окисного железа. Переход заметный по окраске, граница волнистая.

RJ3aq (37-45 см) – светло-серый с темными пятнами, свежий, супесчаный, уплотнен, книзу плотность увеличивается, мелкокомковатый, единичные корни. Переход заметный по гранулометрическому составу, окраске, плотности и структуре, граница языковатая.

BSNyU (45-60(68) см) – неоднородной окраски: на общем буром фоне белесые, оранжевые и серые пятна, тяжелосуглинистый, свежий, плотный, структура призматическая мелко-столбчатая, пятна окисного железа, гумусовые кутаны, единичные корни. В горизонт проникают гумусовые клинья, в нижней части встречается редкий псевдомицелий, слабо вскипает от HCl. Переход заметный по окраске и вскипанию, граница языковатая.

BCAyU (60(68)-95 см) – светло-бурый, суглинистый, свежий, мелкокомковато-плитчатый, плотный, бурно вскипает от HCl, карбонаты в виде общей пропитки и редкой белоглазки. Горизонт вертикально пересекают гумусовые языки, встречаются пятна окисного железа.

Согласно проведенным полевым исследованиям морфологических свойств почв, данный почвенный профиль имеет двучленное строение: стратифицированные горизонты верхней водно-аккумулятивной части однородны, слоистость слабо выражена, материал твердого стока глубоко перерабатывается локальными почвообразовательными процессами, погребенная почва – солонец (светлый).

В нижней части балки, занятой луговой растительностью, в материале, взятом из буровых скважин 1.9 и 1.10, на глубинах более 100 см наблюдаются признаки оглеения, выраженные в неоднородной пятнистой окраске – в чередовании сизых и ярко-ржавых пятен, с глубиной окраска становится равномерно-сизой, что говорит о гидроморфизме и анаэробных условиях в нижних слоях почвенно-грунтовой толщи.

Минерализация, состав грунтовых вод и засоленность почв под древесно-кустарниковыми сообществами. Под насаждениями «Биологической балки», как и в обследованной до этого балке «Ланцуг» (Колесников и др., 2018), почвы характеризуются относительно однородным гранулометрическим составом. Весной 2013 г. почва верхней

части насаждений промачивалась талыми водами на глубину 120-230 см, ниже располагался иссушенный горизонт, мощность которого зависит от глубины залегания грунтовых вод (ГВ), а также гранулометрического состава почвенно-грунтовой толщ. У верхней границы насаждений грунтовые воды располагались ниже отметки 440 см, а иссушенный горизонт залегал на глубине 240-410 см. Под самими кустарниками грунтовые воды вскрываются на глубине от 2-2.5 м (скважины 1.6 и 1.7), а в самой нижней части балки – на глубине 0.72-1.36 м (табл. 1).

Уровень грунтовых вод (УГВ) и их минерализация в «Биологической балке» повышались от верховий к устью. В верхней части балки под насаждениями из жостера и терна, грунтовые воды характеризовались сульфатно-натриевым составом. В нижней части балки, занятой терном с примесью жостера, на конусе выноса и в пойме реки, занятых тростниками, грунтовые воды имели уже хлоридно-натриевый состав солей (табл. 1).

Таблица 1. Минерализация и химический состав грунтовых вод под древесно-кустарниковыми сообществами в «Биологической балке». **Table 1.** Groundwater salinity and composition under the tree-shrub communities of the “Biological Ravine”.

Скважина	Дата отбора	УГВ, м	Минерализация, г/л.	Концентрация ионов, ммоль-экв/л						
				CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
1.6	05.13	2.47	2.89	0.40	10.40	8.40	22.00	8.00	3.00	30.20
	06.13	2.71	2.96	0.40	11.20	13.60	18.00	5.50	5.50	32.20
	05.14	2.36	4.28	0	22.80	13.60	24.00	15.00	8.00	37.40
	06.14	2.58	4.00	0	21.60	15.80	19.50	11.00	8.00	37.90
	09.14	2.94	3.47	0.70	21.00	25.00	3.00	10.00	1.50	38.90
1.7	05.13	2.03	2.71	0.60	6.40	16.20	18.00	6.50	6.00	28.70
	06.13	2.27	4.08	0.40	8.00	35.20	20.00	10.00	5.50	48.10
	05.14	2.11	5.32	0	14.60	37.80	29.50	15.00	15.00	51.90
	06.14	2.37	5.40	0	20.80	38.20	23.50	15.00	19.00	48.50
	09.14	2.54	4.42	0.90	17.60	41.20	7.50	13.00	5.00	50.10
1.8	05.13	1.36	4.87	0.20	5.20	45.40	26.50	8.50	8.50	60.30
	06.13	1.64	6.86	0.80	11.20	60.80	34.00	9.00	15.00	82.80
	05.14	1.49	7.77	0	18.80	63.40	39.00	17.50	21.00	82.70
	06.14	1.74	8.83	0	24.40	85.40	30.00	17.50	27.00	95.30
	09.14	1.78	7.54	0.20	22.20	77.40	19.00	18.50	15.50	85.00
1.9	05.13	1.13	5.17	0.80	6.20	45.80	29.00	4.00	11.00	66.80
	06.13	1.47	4.92	0.80	9.80	43.20	23.00	9.00	7.00	60.80
	05.14	1.02	6.95	0	22.00	53.00	31.50	12.00	18.50	76.00
	06.14	1.19	4.96	0	18.60	39.80	17.50	9.00	13.50	53.40
	09.14	1.31	4.23	0.50	15.00	39.60	9.50	10.00	4.00	51.10
1.10	05.13	0.87	5.71	0.40	6.80	53.00	30.50	10.50	11.00	69.20
	06.13	1.24	8.46	0.80	10.20	91.40	34.00	13.00	14.50	108.9
	05.14	0.78	7.87	0	25.80	62.00	32.50	14.00	17.50	0
	06.14	0.94	6.06	0	17.60	52.20	25.00	9.50	20.00	88.80
	09.14	0.90	5.94	0.70	34.40	52.40	0.50	8.00	9.50	65.30
										71.20

К лету УГВ снижается на всех позициях, наиболее заметно его снижение в самой нижней точке балки – в пойме реки Хара, заросшей тростником, интенсивно потребляющим воду.

Одновременно минерализация грунтовых вод во всех точках повышается, а в составе солей увеличивается доля хлоридов. Наиболее заметное повышение минерализации происходит в самой нижней точке с 5.71 г/л весной до 8.46 г/л летом. В остальных точках минерализация изменяется относительно слабо.

В 2014 г. в рассматриваемой балке повысилась общая минерализация ГВ (табл. 1). Это связано с малоснежной зимой 2013-2014 гг., вследствие которой в весенний период ГВ не получили подпитку талыми водами. Наибольших величин (3.56-8.83 г/л) минерализация достигла в июне, к сентябрю несколько снизилась до 3.12-7.54 г/л. Осеннее снижение минерализации наблюдается практически везде, что связано с окончанием вегетации древесно-кустарниковой растительности, уменьшением потребления ими ГВ и подтоком последних с вышележащих позиций, где минерализация ниже.

В «Биологической балке» в составе ГВ преобладают ионы хлора и натрия, однако состав ГВ по сравнению с 2013 г. изменился с хлоридно-сульфатно-натриевого на хлоридно-гидрокарбонатно-натриевый. Наибольшие изменения в течение сезона претерпевает минерализация ГВ на участках под древесными насаждениями – в результате интенсивного потребления влаги в летний период, она возрастает в 1.5-2 раза.

Проведенный анализ солевого состояния почв «Биологической балки» (табл. 2) показал, что почва здесь практически не засолена – сумма солей в верхней трехметровой толще (в точках 1.7-1.10 – до грунтовых вод) не превышает показателей 0.06-0.14 г/100 г для почв под древесно-кустарниковыми насаждениями. По всей протяженности «Биологической балки» в составе анионов в почве преобладает гидрокарбонат-ион (лишь в нижних 60 см в точках 1.9 и 1.10 – хлориды), а в составе катионов – ионы кальция и натрия.

Таблица 2. Содержание легкорастворимых солей в профиле почв «Биологической балки».

Table 2. Content of soluble salts in the soils of the “Biological Ravine”.

Глубина, см	Сумма солей, %										
	№ скважины	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10
0-20		0.09	0.10	0.11	0.15	0.15	0.11	0.14	0.18	0.13	0.13
20-40		0.11	0.08	0.11	0.08	0.15	0.11	0.08	0.11	0.15	0.18
40-60		0.07	0.10	0.10	0.11	0.10	0.11	0.10	0.15	0.18	0.16
60-80		0.07	0.09	0.13	0.08	0.12	0.09	0.08	0.14	0.20	0.19
80-100		0.07	0.07	0.12	0.08	0.10	0.07	0.08	0.12	0.18	0.21
100-120		0.09	0.09	0.12	0.09	0.11	0.07	0.09	0.14	0.18	
120-140		0.11	0.09	0.13	0.09	0.11	0.07	0.10	0.14	0.20	
140-160		0.09	0.10	0.10	0.08	0.11	0.08	0.10	0.16	0.16	
160-180		0.06	0.08	0.11	0.08	0.08	0.09	0.08	0.15		
180-200		0.08	0.09	0.10	0.08	0.07	0.09	0.10	0.17		
200-220		0.08	0.09	0.12	0.08	0.10	0.08				
220-240		0.07	0.14	0.13	0.07	0.09	0.10				
240-260		0.06	0.08	0.11	0.07	0.07	0.13				
260-280		0.08	0.10	0.06	0.07	0.09	0.10				
280-300		0.06	0.07	0.07	0.08	0.06	0.09				
300-320		0.07									
320-340		0.08									
340-360		0.06									

Повышение содержания легкорастворимых солей в почвах нижней части балки связано с более высоким уровнем залегания ГВ и их большей минерализацией по сравнению с

вышележащими позициями: профиль почвы постоянно находится здесь в зоне капиллярной каймы.

Низкое содержание легкорастворимых солей в почве создает весьма благоприятные условия для произрастания древесно-кустарниковых насаждений, а лимитирующим фактором для их распространения в направлении к верховью балки выступает доступность грунтовых вод для использования их корневыми системами древесно-кустарниковой растительности. Напомним, что на верхней границе древесных насаждений уровень грунтовых вод не был вскрыт на глубине 4.5 м. В нижней же части балки, напротив, распространению древесно-кустарниковой растительности препятствует высокий уровень залегания ГВ, создающий в корнеобитаемом слое анаэробные условия.

Специфической особенностью формирования «Биологической балки» является ежегодное наличие устойчивого снежного покрова, который формируется даже при незначительном количестве твердых осадков за счет сдувания снега с прилегающей территории и его активного накопления в балке, где мощность снегового покрова достигает значительной глубины. Таяние снега и небольшая глубина промерзания грунта в свою очередь дают толчок к интенсивному развитию эрозионных процессов.

Весеннее распределение влаги в балках под древесно-кустарниковой растительностью зависит от условий снегозадержания и перевода поверхностного стока во внутрпочвенный, а также от литологического строения почвенно-грунтовой толщи. В случае относительно однородного суглинистого гранулометрического состава и близком залегании грунтовых вод, задержание снега древесно-кустарниковой растительностью и перехват поверхностного стока талых вод обеспечивают сквозное промачивание почвенного профиля, его влагозарядку и промывку от легкорастворимых солей. Почвы под насаждениями практически не засолены, что создает благоприятные условия для произрастания древесно-кустарниковых сообществ. В верхней части этих насаждений почва промачивается талыми водами на глубину 120-230 см, ниже располагается иссушенный горизонт, мощность которого зависит от глубины залегания грунтовых вод.

В регионе с нерегулярным поступлением атмосферной влаги и частыми засухами существование древесно-кустарниковой растительности лимитируется доступностью грунтовых вод. В целом, их минерализация под насаждениями составляет 2.71-8.46 г/л, что позволяет отнести их к среднесолоноватым. Под насаждениями ГВ вскрываются на глубине менее 3 м и доступны для корневых систем произрастающих здесь видов, имеющих смешанный или вертикальный тип корневой системы и проникающий на глубину до 2.5 м (Динесман, 1960). Единственным исключением является бересклет бородавчатый имеющий горизонтальную корневую систему и сохраняющийся в «Биологической балке» в единичных экземплярах.

Таким образом, если верхняя граница распространения насаждений по профилю балки определяется глубоким залеганием ГВ (ниже 450 см) и наличием иссушенного горизонта на глубине 240-410 см, то нижняя лимитируется близостью ГВ, ростом их засоления и увеличением содержания в них ионов хлора и натрия.

Выводы

1. Основными причинами роста оврага «Биологической балки» являются: рыхлое слоистое сложение литологических пород, значительная водосборная площадь и уклон в сторону русла реки Хара, низкое положение местного базиса эрозии, периодически формирующиеся потоки воды, обладающие достаточной кинетической энергией для разрушения почвенного покрова склона, неконтролируемый чрезмерный выпас скота, вырубка, пожары древесной растительности по тальвегу оврага.

2. Однородный суглинистый гранулометрический состав почвы под насаждением

обуславливает равномерное и глубокое промачивание талыми водами на глубину 120-230 см, вследствие чего почвенный профиль промывает от легкорастворимых солей.

3. Низкая минерализация ГВ позволяет древесно-кустарниковым породам потреблять влагу непосредственно из них. Высокий (около 3 м) уровень залегания ГВ под насаждениями обеспечивает капиллярной влагой почти весь почвенный профиль.

4. Уровень и минерализация ГВ повышается от вершины оврага к устью. Поэтому распространение насаждений по балке в нижней их части ограничивается высоким хлоридно-натриевым засолением близко лежащих ГВ, а также развитием анаэробных условий в корнеобитаемом слое почвы, а в верхней части – их недоступностью.

Благодарности. Авторы выражают благодарность руководству ГБУ Волгоградской области Природный парк «Эльтонский» за содействие в работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Быков А.В. 2010. Значение древесно-кустарниковой растительности для позвоночных животных глинистой полупустыни Заволжья // Аридные экосистемы. Т. 16. № 5. С. 90-97.
- Быков А.В., Бухарева О.А. 2016. Современное состояние кустарниковой растительности байрачного типа в окрестностях оз. Эльтон // Аридные экосистемы. Т. 22. № 1 (66). С. 70-76. [Bykov A.V., Bukhareva O.A. 2016. The Current State of Ravine Type Shrub Vegetation in the Area of Lake Elton // Arid Ecosystems. Vol. 6. No. 1. P. 58-62.]
- Быков А.В., Бухарева О.А. 2018. Гнездование курганника (*Buteo rufinus*, *Accipitriformes*, *Accipitridae*) в естественных древесно-кустарниковых сообществах глинистой полупустыни Заволжья // Зоологический журнал. Т. 97. № 5. С. 582-590.
- Быков А.В., Бухарева О.А., Колесников А.В. 2013. Воздействие пожаров на естественные терновники озерных депрессий Северо-Запада Прикаспийской низменности // Лесоведение. № 2. С. 31-37.
- Быков А.В., Колесников А.В., Шадрин М.Б., Бухарева О.А., Шабанова Н.П. 2013. Воздействие пожаров на приозерные тамарисковые сообщества в Северном Прикаспии // Лесоведение. № 6. С. 3-9.
- Воробьева Л.А. 1998. Химический анализ почв. М.: Издательство Московского университета. 272 с.
- Гедройц К.К. 1955. Избранные сочинения. В 3-х т. / Ред. Н.П. Ремезов. Т. 2. Химический анализ почвы. М.: Сельхозгиз. 616 с.
- Горбунов Н.И., Бондарев А.Г., Рыбина В.В., Туник Б.М. 1975. Минералогический состав и физико-химические свойства орошаемых солонцов и каштановых почв волгоградского Заволжья // Почвоведение. № 5. С. 77-88.
- Градусов Б.П., Чижикова Н.П. 1976. Глинистые минералы лёссов // Доклады Академии наук СССР. Т. 229. № 6. С. 1433-1435.
- Дементьева Т.Г. 1975. Химико-минералогические особенности почв солонцового комплекса пустынно-степного Заволжья // Почвоведение. № 4. С. 98-112.
- Динесман Л.Г. 1955. Орнитофауна лесных посадок в северо-западной части Прикаспийской низменности в засушливые годы // Труды Института леса. Т. 25. Исследования Джаныбекского стационара. С. 212-238.
- Динесман Л.Г. 1958. К истории древесно-кустарниковой растительности Междуречья Урала и Волги // Труды Института леса АН СССР. Т. 38. С. 171-181.
- Динесман Л.Г. 1960. Изменение природы северо-запада Прикаспийской низменности. М.: Издательство АН СССР. 160 с.
- Доскач А.Г. 1979. Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М.: Наука. 142 с.
- Колесников А.В., Бухарева О.А., Шабанова Н.П., Быков А.В. 2018. Условия произрастания

- древесно-кустарниковой растительности в балках второй террасы озерных депрессий глинистой полупустыни Заволжья // Экосистемы: экология и динамика. Т. 2. № 2. С. 89-99.
- Конюшкова М.В., Абатуров Б.Д. 2016. Особенности микрорельефа и свойства почв солонцового комплекса на поздних стадиях развития в прикаспийской низменности // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. № 83. С. 53-76.
- Линдеман Г.В., Абатуров Б.Д., Быков А.В., Лопушков В.А. 2005. Динамика населения позвоночных животных Заволжской полупустыни. М.: Наука. 252 с.
- Опарин М.Л. 2007. Динамика населения наземных позвоночных животных при антропогенной деградации и восстановлении степной растительности. Автореферат дисс. док. биол. наук. М. 46 с.
- Роде А.А., Польский М.Н. 1961. Почвы Джаныбекского стационара, их морфологическое строение, механический и химический состав и физические свойства // Труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. М.: Издательство АН СССР. Т. 56. С. 3-214.
- Сажин А.Н. 1993. Природно-климатический потенциал Волгоградской области // Научное исследование природно-климатических ресурсов области за 100-летний период. Волгоград: Издательство ВСХИ. 28 с.
- Сапанов М.К., Сиземская М.Л. 2015. Изменение климата и динамика целинной растительности в Северном Прикаспии // Поволжский экологический журнал. № 3. С. 307-320.
- Свиточ А.А., Щербакова Ф.А. 1991. Каспийское море: палеогеография и геоморфология. М.: Наука. 155 с.
- Сиземская М.Л. 2013. Современная природно-антропогенная трансформация почв полупустыни Северного Прикаспия. М.: Издательство КМК. 286 с.
- Травникова Л.С., Мясников В.В. 1973. Особенности профиля глинистого материала почв солонцового комплекса лимана Б. Царын, Сарпинской низменности // Бюллетень Почвенного Института им. В.В. Докучаева. Вып. 6. С. 100-109.
- Ходашова К.С. 1960. Природная среда и животный мир глинистых полупустынь Заволжья. М.: Издательство АН СССР. 140 с.

SOIL AND VEGETATION CONDITIONS FOR THE FORMATION OF MESOPHILIC COMMUNITY “BIOLOGIC RAVINE” AT THE ELTON LAKE DEPRESSION

©2020. A.V. Bykov*, A.V. Kolesnikov*, E.B. Varlamov**, N.P. Shabanova*

**Institute of Forest Science of the Russian Academy of Sciences
Russia, 143030, Moscow Region, Uspenskoe, Sovetskaya Str., 21*

***V.V. Dokuchaev Soil Science Institute
Russia, 119017, Moscow, Pyzhevskiy Per., 7, Bld. 2
E-mail: shabanova_nata@mail.ru, wheelwrights@mail.ru*

Received January 01, 2020. Revised February 20, 2020. Accepted March 01, 2020

The regional originality and specificity of the ravine forests of the clay semi-desert in Transvolga Region are due to their strict confinement to the territory of a closed-basin character. There the natural tree-shrub vegetation is associated with the lake depressions of large salt lakes Elton, Botkul, Aralsor, etc. By the middle of the XX century, those forests were destroyed by humans. The polydominant tree and shrub communities that formed in the spot of the former forests represent their last “chips”, preserved only in a few local habitats of the largest lake depressions. Now, only 18 sites with developed plantations ranging from 100 to 3500 m² can be found on the northern shore of Lake Elton. Two of them are in the valley of the Hara River, and the rest are located along the gullies, opening both into the salt rivers and lake. Today, the soils of the gullies remain practically unexplored, unlike the soils of the solonchic complex. We collected our materials in the territory of the “Eltonsky”

Natural Park, in one of the largest mesophilic ravine communities of the clay semi-desert, called Biological Ravine. We made 10 drill wells to the 4.5 m depth, and collected the groundwater from 5 of them for the further analysis. We found out that the loose and layered accumulation of lithological rocks, significant catchment area and slope toward the channel of the Hara River, low position of the local erosion basis, periodically emerging streams of water, uncontrolled overgrazing, deforestation, fires among the trees and shrubs were the main reasons for the growth of the Biological Ravine. Homogeneous loamy particle composition of the soil under the planting causes even and deep soaking by meltwater to the depth of 120-230 cm. As a result, the easily soluble salts are washed from the soil profile. Trees and shrubs species can consume moisture directly from groundwater due to its low mineralization level. The high (about 3 m) level of its occurrence under plantations provides capillary moisture almost to the entire soil profile. It was determined that groundwater level and mineralization increases from the highest to the lowest positions. Therefore, the spread of plantations along the bottom part of the ravine is limited by the high chloride-sodium salinization of nearby groundwater, as well as by the development of anaerobic conditions in the root layer of soil, and their unavailability in the upper layer.

Keywords: Volga-Ural interfluve, Elton Lake, clay semi-desert, chemical soil composition, polydominant tree and shrub communities, hydromorphic habitats.

DOI: 10.24411/2542-2006-2020-10052

ТРАНСФОРМАЦИЯ УЯЗВИМОСТИ ГРУНТОВЫХ ВОД К РАДИОАКТИВНОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ В ЗОНЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОГО СЛЕДА НА ТЕРРИТОРИИ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ¹

© 2020 г. А.П. Белоусова, Е.Э. Руденко

Институт водных проблем РАН

Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: anabel@iwp.ru, belanna47@mail.ru

Поступила в редакцию 03.02.2020. После доработки 27.02.2020. Принята к публикации 01.03.2020

На основе ежегодно предоставляемых научно-производственным объединением «Тайфун» (2019) данных о радиационном мониторинге и областных государственных докладов (Левкина и др., 2019; Доклад о состоянии ..., 2019) проведен детальный анализ радиационной обстановки на территории России и отдельных её регионов, включающий следующие исследования: оценка проблем и перспектив атомной энергетики в стране и за рубежом; анализ мониторинга радиационной обстановки территории на примере Центрального федерального округа, включающий структуру мониторинга атомных станций (на примере Калининской, Курской, Смоленской и Нововонежской станций) и мониторинг радиационной обстановки на территориях, расположенных в зоне радиоактивного следа от аварии на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) в Калужской и Брянской областях, которые являются предметом наших исследований.

Показано, что влияние деятельности атомных электростанций (далее АЭС) на радиоактивность объектов окружающей среды в 2018 г. было невелико. Оно строго контролируется и выражается в повышенном содержании трития, повышенном региональном уровне по объемной активности ¹³⁷Cs, наличии в окружающей среде техногенных радионуклидов ⁵⁴Mn, ⁵⁹Fe, ⁶⁰Co, ⁹⁵Zr, ⁹⁵Nb, ¹³¹I, отсутствующих в составе глобального фона. Объемные активности контролируемых радионуклидов в 2018 г. были значительно ниже допустимых значений, обозначенных в нормах радиационной безопасности (СанПиН ..., 2009) и не представляют опасности для здоровья населения. Однако до сих пор ярко выражены последствия техногенного загрязнения радионуклидами, попавшими в окружающую среду после аварии на ЧАЭС, что проявляется в повышенной суммарной радиоактивности поверхностных и подземных вод, почв и растительности. Отдельные территории требуют реабилитационных мероприятий. Поэтому исследования в режиме мониторинга в области радиоактивного следа ЧАЭС являются актуальными и необходимыми для более точного понимания изменения радиационного загрязнения подземных вод.

Исследование гидрогеологических условий этого региона показало, что они отличаются большим разнообразием водоносных горизонтов, как безнапорных, так и напорных, и, в целом, гидрогеологическое строение территории напоминает собой «слоеный пирог». Безнапорные водоносные горизонты включают в себя воды четвертичных (аллювиальных, гляциальных, флювиогляциальных, болотных, пролювиальных горизонтов), меловых и юрских отложений. Все эти водоносные горизонты связаны между собой и не имеют выдержанных водоупоров внутри этой толщи (комплекса). Напорные водоносные горизонты пресных подземных вод включают в себя множество связанных между собой водоносных горизонтов каменноугольного возраста. Между

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 18-05-00476 «Особенности трансформации радиоактивного загрязнения литосферы и подземной гидросферы в зоне чернобыльского радиоактивного следа на территории России» и № 20-55-S52003 «Экологическая безопасность АЭС при штатной и чрезвычайной ситуации с оценкой неопределенности при захоронении ядерных отходов и надежности инженерных барьерных систем» и Государственному заданию «Моделирование и прогнозирование процессов восстановления качества вод и экосистем при различных сценариях изменений климата и антропогенной деятельности» – Программа № АААА-А18-118022090104-8.

двумя этими толщами залегает выдержанный по площади верхнеюрский водоупор, разделяющий их. Ниже каменноугольных горизонтов залегают горизонты девонского, протерозойского и архейского возраста, содержащие соленые подземные воды и рассолы.

Для оценки защищенности и уязвимости подземных вод к загрязнению использовалась оригинальная авторская методика. Основные положения этой методики представлены ниже.

Защитная зона – отделяет подземные воды от поверхностного загрязнения и имеет двухуровневое строение, включающее почвы и породы зоны аэрации.

Защищенность – способность защитной зоны препятствовать проникновению загрязнения в подземные воды в течение определенного времени.

Уязвимость подземных вод к загрязнению – отношение реальной техногенной нагрузки изучаемой территории к естественной защищенности подземных вод. Вещество считается загрязняющим, если его концентрации превышают фоновые значения. Следовательно, при оценке защищенности учитывались особенности строения защитной зоны, отделяющей грунтовые воды от поверхностного загрязнения, и процессы, происходящие в ней под влиянием загрязнения.

Для оценки защищенности был построен комплект среднemasштабных карт (масштаб 1:200000) как наиболее отвечающий возможности оценить защищенность на качественном и количественном уровнях.

Карта защитной зоны получена путем совмещения почвенной карты, отображающей строение ее первого уровня, и карт, характеризующих строение второго уровня защитной зоны (глубин залегания и литологического строения зоны аэрации). На ней выделены типовые участки, характеризующиеся определенным строением первого и второго уровней и глубиной залегания грунтовых вод, описание этих типовых участков приведено в легенде к карте. Таким образом, на этой карте проведено районирование территории по особенностям свойств защитной зоны к задержанию загрязнений.

При оценке возможности загрязнения грунтовых вод радионуклидами учитываются показатели: сорбционные свойства, обеспечивающие задержание радионуклидов почвами и породами зоны аэрации; ограничение интенсивности продвижения (вплоть до полного задержания) с инфильтрационным потоком до грунтовых вод; миграционные свойства почв и пород зоны аэрации, зависящие от физико-механических, водно-физических, фильтрационных свойств и их минералогического состава и характеризующие интенсивность продвижения фронта загрязненных инфильтрующихся вод вглубь зоны аэрации до грунтовых вод; путь фильтрации (инфильтрации), т.е. мощность зоны аэрации или глубина залегания грунтовых вод; период полураспада радионуклидов.

Защищенность грунтовых вод от любого загрязняющего вещества зависит от времени достижения фронтом загрязненных инфильтрационных вод водоносного горизонта. Время прохождения растворенным в воде радионуклидом толщи почв и пород зоны аэрации с заполнением их сорбционной емкости и последующим достижением грунтовых вод определялось по предложенному математическому выражению.

Выделение категорий по предложенному времени продвижения загрязняющего вещества через защитную зону по существу является приближенной прогнозной оценкой процесса загрязнения грунтовых вод в данном случае радионуклидами.

Карты защищенности грунтовых вод от загрязнения ^{90}Sr и ^{137}Cs строились на основе карты защитной зоны. Сравнение этих карт показывает, что наиболее опасен для грунтовых вод ^{90}Sr , т.к. загрязнение им может охватить в короткий период (меньше 5 лет) большие участки водоносного горизонта.

На карте защищенности грунтовых вод от загрязнения ^{90}Sr показано, что около 50% территории не защищены, 20% территории слабо защищены, еще 20% условно защищены (в основном) на севере и по 5% – защищены и средне защищены.

Иная ситуация складывается при загрязнении ^{137}Cs : незащищенные грунтовые воды приурочены только к узкой полосе вдоль русел рек, слабо защищенные – к долинам нескольких малых рек на северо-западе, средне защищенные – к высоким террасам рек, условно защищенные примыкают к водоразделам, условно защищенные и защищенные преобладают.

Таким образом, оценка времени продвижения радионуклидов через защитную зону позволяет дать приближенную прогнозную оценку процесса загрязнения грунтовых вод этим чрезвычайно опасным загрязняющим веществом.

Карта уязвимости грунтовых вод по ^{137}Cs строится на основе карты техногенной нагрузки по ^{137}Cs (распределение загрязнения поверхности земли ^{137}Cs) и карты защищенности грунтовых вод ^{137}Cs . Проведена оценка и картирование уязвимости грунтовых вод к радиоактивному загрязнению ^{137}Cs на момент аварии на ЧАЭС, спустя 30, 60 и 90 лет после аварии.

По данным поэтапной оценки уязвимости грунтовых к загрязнению, в целом, прослеживается тенденция изменения техногенной нагрузки на территории радиоактивного следа, что позволило сделать вывод, что в интервале 100-120 лет активность первоначальных поверхностных выпадений ^{137}Cs снизится до значений ниже предельных уровней, но будет еще превышать фоновые значения, а полностью исчезнет через 300 лет после аварии.

В течение 100-120 лет после аварии на ЧАЭС в зоне радиоактивного следа могут быть обнаружены участки, на которых загрязнение грунтовых вод ^{137}Cs будет превышать фоновые концентрации.

Ключевые слова: радиационная обстановка, мониторинг, радионуклиды, защищенность и уязвимость подземных вод, источники загрязнения, техногенная нагрузка.

DOI: 10.24411/2542-2006-2020-10053

Подземные воды представляют собой стратегический ресурс водоснабжения населения, прежде всего в так называемые «особые периоды» – при возникновении природных катаклизмов, техногенных катастроф, терактов. В соответствии с Водным кодексом Российской Федерации (2006) каждый город должен иметь резервный источник водоснабжения, основанный на использовании экологически чистых, защищенных от загрязнения пресных подземных вод.

В связи с этим для обеспечения устойчивого водопользования страны и ее экологической безопасности целесообразно использовать методы оценки защищенности и уязвимости к загрязнению различными загрязняющими веществами.

26 апреля 2016 года исполнилось 30 лет после чрезвычайного и скорбного происшествия – аварии на Чернобыльской атомной электростанции. На территории России от этой аварии пострадали почти все центральные регионы ее европейской части, а наиболее сильно – Брянская, Тульская и Калужская области. Сейчас после аварии на ЧАЭС прошло уже более 30 лет, но проблемы с загрязнением окружающей среды радионуклидами будут сказываться еще долгое время. Известно, что активность радиоактивных выпадений исчезает полностью после 10 периодов полураспада. Наиболее сильно загрязнению подвержены первые от поверхности водоносные горизонты (грунтовые воды), в меньшей степени – напорные, глубоко залегающие подземные воды.

Актуальность данной темы заключена в том, что проблема загрязнения окружающей среды и подземных вод как ее компонента радионуклидами на территориях, пострадавших от аварии на ЧАЭС, будет экологически значимой почти три столетия.

В связи с этим важно изучить и оценить степень защищенности и уязвимости подземных вод к загрязнению радионуклидами в зоне радиоактивного следа на территории Калужской области.

Целью исследований было показать тенденцию уменьшения влияния радиоактивного загрязнения на грунтовые воды на территории Калужской области, пострадавшей от аварии, во времени с шагом один период полураспада ^{137}Cs до трех периодов полураспада.

Проведена оценка и картографирование защищенности грунтовых вод от радиоактивного загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr . Наиболее опасным для грунтовых вод является ^{90}Sr , который более интенсивно мигрирует в них с поверхности земли. Карты защищенности грунтовых вод от загрязнения радионуклидами позволяют давать предварительную прогнозную оценку

развития ситуации на многие годы вперед.

Проведена оценка и картографирование уязвимости грунтовых вод к радиоактивному загрязнению ^{137}Cs на момент аварии, спустя 30, 60 и 90 лет после нее.

Анализ радиационной обстановки на территории России и отдельных её регионах

Большинство из нас не осознают этого, но ядерные технологии являются частью повседневной жизни, применяясь в медицине, сельском хозяйстве и промышленности. Их используют в борьбе с такими болезнями, как малярия, и в управлении системами животноводства. Ядерные технологии также являются ключевым элементом в производстве медицинских изотопов и разработке терапевтических и диагностических процедур, которые ежедневно помогают спасти тысячи жизней (FORATOM ..., 2019). Однако энергия, запасенная в ядрах делящихся элементов, огромна и может привести к серьёзным последствиям для человечества и окружающей среды. Когда 6 и 8 августа 1945 года военно-воздушные силы США сбросили атомные бомбы на Хиросиму и Нагасаки, погибли и пострадали сотни тысяч мирных жителей. Следует помнить, что даже «мирный атом» ввиду сложной системы контроля и регулирования процесса деления может быть источником опасности. Истории известны катастрофы, связанные с авариями на атомных станциях и предприятиях атомного цикла. Первая крупная авария случилась в 1949 году в СССР на комбинате «Маяк» под Челябинском, где нарабатывали плутоний. Жидкие радиоактивные отходы попали в р. Течу. В сентябре 1957 года на этом же предприятии произошел взрыв с выбросом большого количества радиоактивного вещества. А через одиннадцать дней сгорел британский реактор по наработке плутония в Уиндскейле и облако с продуктами взрыва рассеялось над Западной Европой. В 1979 году сгорел реактор на атомной электростанции (АЭС) Тримейл-Айленд в Пенсильвании (Мотыляев, 2014).

Проблемы и перспективы атомной энергетики

События, последовавшие за аварией на атомной станции «Фукусима-1» в Японии в 2011 г., показали, что мониторинг окружающей среды на АЭС не потерял своей важности, а, скорее всего, стал еще более актуальным для функционирующих, строящихся и проектируемых станций по всему миру. В частности, эти события продемонстрировали, что уроки Чернобыля не были учтены другими странами, ведомствами и компаниями, занимающимися проблемами ядерной энергетики.

Авария на Чернобыльской атомной станции (ЧАЭС) в апреле 1986 г. произошла в основном в результате так называемого «человеческого фактора» и привела к катастрофическим последствиям для некоторых территорий европейской части России. Авария на станции «Фукусима-1» в Японии произошла в марте 2011 г., предположительно, в результате ошибки проектирования станции (она устояла при землетрясении, но не выдержала воздействия цунами). Выбросы в атмосферу, загрязнение почв и подземных вод как после аварии на ЧАЭС, так и после аварии на Фукусиме характеризуются практически аналогичными наборами радионуклидов, т.к. на обеих АЭС влиянию аварийной ситуации подверглось топливо. Как мы видим в настоящее время, подземные воды являются наиболее уязвимым объектом окружающей среды к загрязнению радионуклидами и на «Фукусиме» этот процесс оказался нерегулируемым.

По данным на конец 2019 года, в 31 стране работают 192 АЭС с общим числом энергоблоков равным 438 (Сколько атомных станций ..., 2006). Это меньше, чем в 2000 году, и на 6.9% ниже исторического максимума выработки электроэнергии на АЭС в 2006 году. Тем не менее, производство ядерной электроэнергии во всем мире после падения на

264 Твтч. (10%) после аварии в Фукусиме даже в Японии несколько увеличилось. На данный момент в мире статус строящегося имеют 55 блоков. Такие данные приводятся в базе PRIS (Power Reactor Information System, 2020), поддерживаемой Международным агентством по атомной энергии. Теперь в России база PRIS учитывает 36 действующих блоков (пятый показатель в мире) и 6 строящихся. Всего в 2018 году произведено 9 энергопусков новых блоков (семь в Китае и два в России), началось сооружение 5 блоков: в Турции, России и Бангладеш (во всех трёх странах – с водо-водяным энергетическим ядерным реактором (ВВЭР)), а также в Южной Корее и Британии (Левинзон, 2018).

«Перспективы развития атомной энергетики напрямую определяются её способностью конкурировать по цене электроэнергии с теплоэлектростанциями и возобновляемой энергетикой. В современных условиях, когда высока доступность природного газа, а стоимость солнечных и ветряных электростанций продолжает снижаться, перспективы развития атомной энергетики в мире выглядят умеренными. Её мощность будет увеличиваться (главным образом, за счёт Китая и других новых индустриальных стран), но доля в мировом энергобалансе будет оставаться стабильной или даже чуть снижаться» (Кудияров, 2018, <https://expert.ru/expert/2018/39/atomnyij-ekspert/>).

Теоретически можно ожидать роста атомной энергетики в случае существенного удешевления стоимости строительства АЭС или в случае радикального ужесточения политики по борьбе с выбросами парниковых газов.

«Атомная энергетика – чистый энергетический источник с хорошими характеристиками с точки зрения эффективности и стабильности, доступный для массового использования. Она играет жизненно важную роль в деле предотвращения изменения климата» (Корпорация CNNC, стр. 939), – заявил официальный представитель Китая Юй Цзяньфэн на 62-й сессии генеральной конференции Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ). Европейская комиссия подтвердила, что ядерная энергия вместе с возобновляемыми источниками энергии станет основой европейской энергетической системы, свободной от углерода. Многолетние исследования в зарубежных странах показали, что соседство с АЭС приводит к росту заболеваний лейкемией. По этой причине в России было множество отказов от эффективных, но очень опасных проектов. Прогнозы дальнейшего использования атомной энергии противоречивы и неоднозначны. Большинство из них сходится к мнению, что к середине XXI века потребность в новых источниках энергии возрастет в связи с неизбежным увеличением численности населения (Левинзон, 2018). Прогнозируется, что глобальное расширение ядерной энергетики будет продолжаться в ближайшие десятилетия в основном потому, что многие правительства видят в ней лучший источник энергии в борьбе с изменением климата (FORATOM ..., 2019).

Мониторинг радиационной обстановки территории России и отдельных её регионов

Ежегодно федеральное государственное бюджетное учреждение, научно-производственное объединение (ФГБУ НПО) «Гайфун» публикует данные о радиационной обстановке, особое внимание уделяется территориям вокруг радиационно опасных объектов (РОО) и территориям, пострадавшим в ходе радиационных аварий и инцидентов (Радиационная обстановка ..., 2019). В ходе деятельности предприятий РОСАТОМ в окружающую среду в виде выбросов попадают более 50 различных радиоактивных изотопов, а в виде сбросов сточных вод – более 20, период полураспада которых варьирует от нескольких минут или часов ($T_{1/2}^{132}\text{I}=2.3$ ч) до нескольких миллионов или миллиардов лет ($T_{1/2}^{238}\text{U}=4.47 \cdot 10^9$ лет, $T_{1/2}^{239}\text{Pu}=2.41 \cdot 10^4$ лет). Основными дозообразующими техногенными радионуклидами являются ^{90}Sr и ^{137}Cs . Изотоп ^{90}Sr – это основной дозообразующий компонент поверхностных вод, его поступление в основном связано с его выносом с

загрязненных территорий (Радиационная обстановка ..., 2019).

Наиболее высокие значения объемной активности² ^{137}Cs постоянно фиксируются в зоне, загрязненной в результате аварии на ЧАЭС (Брянск, Курск). В разные годы они в 1.5-2 раза превышают средние уровни значений, характерных для центра Европейской территории России (ЕТР). В 2018 году средняя объемная активность ^{137}Cs в целом по РФ не изменилась по сравнению с 2017 годом и составила $1.6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. По регионам изменения минимальны, наиболее заметное уменьшение наблюдалось в Заполярье – от $1.2 \cdot 10^{-7}$ до $0.7 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, некоторое увеличение – на севере ЕТР – от $2.7 \cdot 10^{-7}$ до $3.7 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. Такие изменения скорее следует рассматривать как стабилизацию радиационной обстановки на территории России (табл. 1).

За период с 1991 по 2011 год в воде российских рек объемная активность ^{90}Sr постепенно уменьшалась, достигнув в 2011 г. наименьшего значения в 4.0 мБк/л. В 2012-2017 годах стала заметна тенденция в сторону увеличения показателя, и в 2017 году он составил 5.5 мБк/л. В 2018 году зафиксировано самое низкое ее значение для ^{90}Sr – 3.7 мБк/л.

Средняя активность в реках ЕТР в 2018 году уменьшилась по сравнению с 2017 годом – 3.7 и 4.2 мБк/л соответственно. На Азиатской территории России изменения еще более заметны – от 6.7 мБк/л в 2017 году до 4.2 мБк/л в 2018 году. Значительное уменьшение зафиксировано в Енисее (Игарка) – от 13.4 до 3.7 мБк/л, Ангаре (Иркутск) – от 10.9 до 3.4 мБк/л, Оби (Салехард) – от 10.2 до 6.5 мБк/л (Радиационная обстановка ..., 2019).

На территории Центрального федерального округа (ЦФО) расположено 27 РОО: 19 – в Москве, 6 – в Московской области, 2 – в Калужской области. По одной АЭС расположено в Смоленской, Курской, Нововоронежской и Тверской областях. В Москве можно выделить два РОО, где эксплуатируются исследовательские ядерные реакторы: Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» и Московский инженерно-физический институт Национального исследовательского ядерного университета. На территории ЦФО можно выделить следующие РОО: Объединенный институт ядерных исследований (г. Дубна), Публичное акционерное общество «Машиностроительный завод» (г. Электросталь), Акционерное общество «Государственный научный центр РФ, Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского» (г. Обнинск), Акционерное общество «Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я. Карпова» (г. Обнинск), а также Калининскую, Курскую, Смоленскую и Нововоронежскую АЭС.

Последствия аварии на ЧАЭС в 1986 г. привели к масштабному радиоактивному загрязнению многих субъектов ЦФО. На территориях Белгородской, Брянской, Воронежской, Калужской, Курской, Липецкой, Орловской, Рязанской и Тульской областей до сих пор есть населенные пункты, на территориях которых загрязнение ^{137}Cs превышает 1 Ки/км².

Радиационный мониторинг на территории округа проводится Центральным управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС), УГМС Центрально-Черноземных областей (ЦЧО) и ФГБУ НПО «Гайфун» Росгидромета.

В составе системы радиационного мониторинга на территории округа действуют (рис. 1): 147 пунктов наблюдения по измерению мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД, ежедневно); 46 пунктов по отбору проб радиоактивных атмосферных выпадений с помощью марлевых планшетов (экспозиция проб – одни сутки); 6 пунктов по отбору проб радиоактивных атмосферных аэрозолей с помощью воздухо-фильтрующей установки (на 3 пунктах экспозиция проб – одни сутки, на 3 – пять); 2 пункта по отбору проб осадков для анализа на содержание трития (п. Балчуг в г. Москве и станция фонового мониторинга в Серпуховском районе); 1 пункт (п. Брейтово, р. Волга) по отбору проб

² Объемная активность – это активность, приходящаяся на единицу объема источника.

поверхностных вод для анализа на тритий; 3 пункта (Бабьегородская плотина, Звенигород, Южный порт, р. Москва) по отбору проб поверхностных вод для анализа на содержание ^{90}Sr .

Таблица 1. Радиоактивность объектов окружающей среды на территории России в 2007-2018 гг.
Table 1. Radioactivity of environmental objects in Russia in 2007-2018.

Радионуклид, параметр	Единицы измерений	Среднегодовые данные по стране												Допустимые уровни
		2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	
Воздух													ДОА _{НАС.} *, Бк/м ³	
Объемная активность радионуклидов в приземной атмосфере														
$\Sigma\beta$	10 ⁻⁵ Бк/м ³	15.1	15.4	17.9	14.5	14.9	15.1	17.4	16	13.9	15.0	19.6	18.7	—****
^{137}Cs	10 ⁻⁷ Бк/м ³	2.8	2.3	2.4	2.4	54.8	2.5	2.6	2.6	2.4	1.8	1.6	1.6	27
^{90}Sr	10 ⁻⁷ Бк/м ³	0.9	0.97	0.95	0.73	0,83	0.89	0.88	0.63	0.85	1.19	1.23	1.07	2.7
$^{239+240}\text{Pu}$ (Обнинск)	10 ⁻⁹ Бк/м ³	5.4	5	9.9	11	6	3	24.9	7.1	27.0	8.2	9.45	3.5	2.5·10 ⁻³
Радиоактивные атмосферные выпадения														
$\Sigma\beta$	Бк/м ² в сутки	1.3	1.4	1.3	1.2	1.1	1.14	1.1	1.13	1.2	1.1	1.0	1.0	—
^{137}Cs	Бк/м ² в год	<0.4	<0.3	<0.3	<0.3	0.82	0.16	0.18	0.14	0.19	0.14	0.17	0.12	—
^3H	кБк/м ² в год	1.4	1.34	1.21	1.15	1.21	1.26	1.04	0.8	0.83	0.87	0.87	0.79	—
Объемная активность радионуклидов в атмосферных осадках														
^3H	Бк/л	2.4	2.6	2.5	2.2	2.5	2.3	1.9	1.7	1.6	1.7	1.75	1.65	—
Вода													УВ, Бк/л	
Объемная активность радионуклидов в речной воде														
$^{90}\text{Sr}^{***}$	мБк/л	5.1 (5.7)	4.5 (6.0)	4.3 (5.6)	4.2 (4.3)	4.1 (4.5)	4.8 (5.0)	4.3 (4.5)	4.9 (5.0)	4.8 (5.0)	4.6 (5.2)	5.5 (5.8)	3.7 (4.1)	4.9
^3H	Бк/л	1.9- 3.8	2.1- 3.3	1.6- 3.1	1.6- 2.9	1.6- 2.5	1.3- 3.4	1.2- 2.7	1.2- 2.4	1.9	1.7	1.7	1.7	7600
Объемная активность радионуклидов в морской воде														
^{90}Sr	мБк/л	1.0- 6.6	1.1- 6.1	1.4- 7.4	0.9- 5.0	1.2- 5.1	1.1- 5.4	1.0- 6.7	1.2- 8.9	1.1- 3.5	1.5- 6.1**	1.6- 3.9**	1.2- 4.8**	—

Примечания к таблице 1: *ДОА_{НАС.} – допустимая среднегодовая объемная активность радионуклидов в воздухе для населения по НРБ-96, НРБ-99, НРБ-99/2009; ** – без Таганрогского залива Азовского моря (в заливе в 2018 г. – 5.5 мБк/л); *** – дано осреднение

объемной активности ^{90}Sr в воде без учета проб, отобранных в 2005-2012 гг. в водах рек Кама, Вишера и Колва, в 2013-2015 гг. – без р. Нева, в 2016-2018 гг. – без рек Кама, Вишера и Колва; данные в скобках приведены с учетом всех проб; **** – допустимые уровни не установлены.

Анализ отобранных проб радиоактивных аэрозолей и выпадений на содержание суммарной бета-активности радионуклидов проводится в 8 радиометрических лабораториях и группах.

Из таблицы 2 видно, что выпадения ^{137}Cs остались примерно на уровне 2017 г. на всей территории ЦФО кроме Брянской и Тверской областей. Средневзвешенная по территории Центра ЕТР объемная активность ^{137}Cs в 2018 г. осталась примерно на уровне 2017 г. и составляла $3.4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что на 7 порядков ниже допустимой среднегодовой объемной активности по нормам радиационной безопасности (НРБ) 99/2009 (СанПиН ..., 2009). В пунктах, находящихся в 100-километровых зонах РОО, объемная активность ^{137}Cs была, как и в предшествующие годы, в 1.3-4 раза выше средневзвешенного значения по Центру ЕТР. Наибольшее значение, как и в 2017 г., наблюдалось в г. Курчатове.

Средневзвешенная объемная активность ^{90}Sr в 2018 г. в Центре ЕТР и всех пунктах наблюдения ЦФО (кроме Курчатова и Брянска) уменьшилась по сравнению с предыдущим годом. В пунктах, находящихся в 100-километровых зонах, его объемная активность была в 1.1-1.7 раза выше средневзвешенной активности в Центре ЕТР. Все наблюдаемые в течение года величины активности в воздухе на территории ЦФО были на 7 порядков ниже допустимой среднегодовой активности по НРБ-99/2009 (СанПиН ..., 2009).

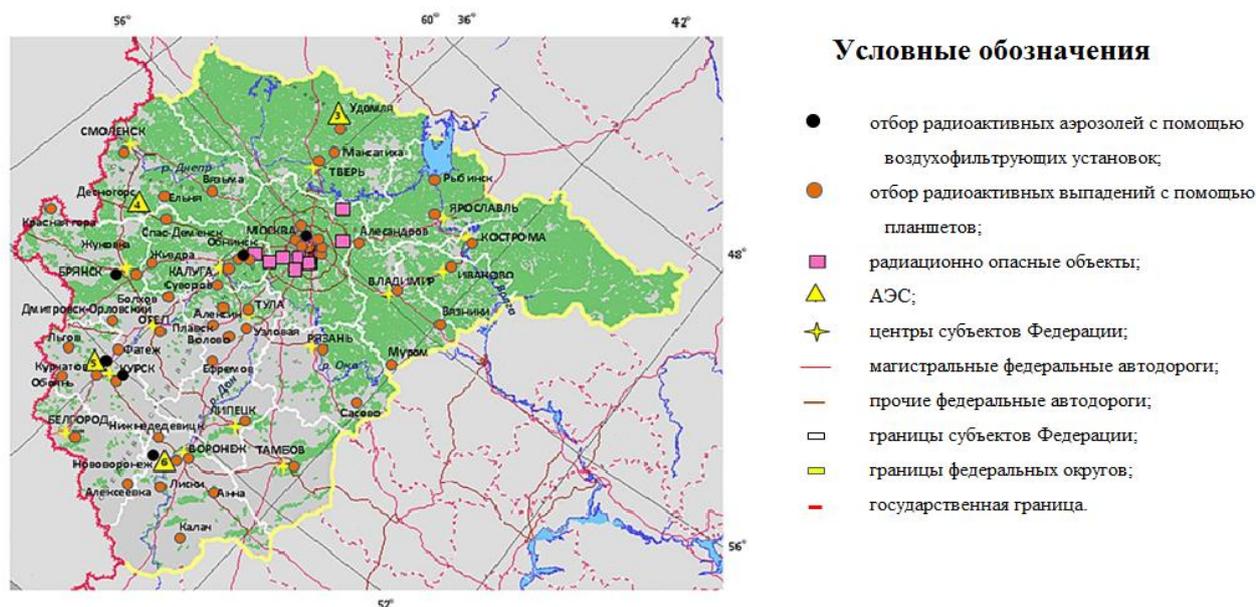


Рис. 1. Расположение пунктов наблюдения за радиоактивным загрязнением приземного слоя атмосферы и радиационно опасных объектов на территории Центрального федерального округа. **Fig. 1.** Location of observation points for radioactive contamination of the surface layer of the atmosphere and radioactive substances in the territory of the Central Federal District.

Радиоактивные выпадения. Выпадения ^{90}Sr на подстилающую поверхность на территории ЦФО в 2018 г. были, как и в предыдущие годы, ниже предела обнаружения. Годовые выпадения ^{137}Cs в субъектах ЦФО в 2018 г. остались примерно на уровне 2017 г. на всей территории ЦФО кроме Брянской и Тверской областей. Средневзвешенные значения выпадений ^{137}Cs на незагрязненной территории Центра ЕТР также остались на уровне

предыдущего года. Через Тверскую область в апреле 2013 г. прошел след аэрозольного выброса ^{137}Cs , произошедшего на Машиностроительном заводе в г. Электросталь Московской области в результате радиационного инцидента. Высокие выпадения ^{137}Cs в Тверской области, начиная с 2013 г., по-видимому, являются следствием указанного события.

Таблица 2. Выпадения ^{137}Cs в г. Обнинске и других районах Калужской области.
Table 2. Deposition of ^{137}Cs in Obninsk and other areas of Kaluga Region.

Область	Выпадения ^{137}Cs	
	2018 г.	2017 г.
Белгородская	0.42	0.49
Брянская	0.53	1.02
Владимирская	0.20	0.16
Воронежская	0.38	0.50
Ивановская	0.20	0.16
Калужская	0.40	0.40
Костромская	0.20	0.16
Курская	0.54	0.47
Липецкая	0.42	0.49
Москва	0.17	0.23
Московская	0.20	0.16
Орловская	0.51	0.30
Рязанская	0.20	0.16
Смоленская	<0.2	0.19
Тамбовская	0.42	0.49
Тверская (Тверь/Максатиха)	0.3/1.4	0.9/3.3
Тульская	0.74	0.78
Ярославская	0.20	0.16
Средневзвешенное для Центра ЕТР (для незагрязненных территорий)	0.22	0.20

На загрязненных после Чернобыльской аварии территориях выпадения ^{137}Cs были значительно выше средневзвешенного значения для незагрязненных территорий Центра ЕТР.

Повышенные годовые выпадения ^{137}Cs наблюдаются и вблизи некоторых РОО. В Нововоронеже годовые выпадения в 2018 г. составляли меньше 1.3 Бк/м^2 , в Обнинске – 0.9 Бк/м^2 .

Выпадения ^{90}Sr в Обнинске в 2018 г. были ниже предела обнаружения. Выпадения природного радионуклида ^7Be в 2018 г. изменялись в диапазоне $11-74.0 \text{ Бк/м}^2$ в месяц, составив за год 479 Бк/м^2 . Выпадения природного ^{40}K составили 57.8 Бк/м^2 , изменяясь от значений меньше 1 до 7.4 Бк/м^2 в месяц.

Повышенное по сравнению с фоновыми уровнями содержание ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{238}Pu в приземном слое атмосферы г. Обнинска и регистрация ^{131}I обусловлены выбросами в атмосферу местных РОО.

Вода и другие объекты окружающей среды. Контроль загрязнения подземных вод на территории Физико-энергетического института им. А.И. Лейпунского, осуществляемый службой внешней дозиметрии института, в 2018 г. показал, что объемная $\Sigma\beta$ активность в воде наблюдательных скважин в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) изменялась от 0.1 до 990 Бк/л , в зоне наблюдения – от 0.1 до 37 Бк/л . Объемные $\Sigma\alpha$ и $\Sigma\beta$ активности радионуклидов в воде р. Протва составили меньше 0.05 и меньше 0.1 Бк/л соответственно и

не превышали контрольных уровней для питьевой воды – 0.2 Бк/л для $\Sigma\alpha$, 1.0 Бк/л для $\Sigma\beta$ в соответствии с НРБ-99/2009 (СанПиН ..., 2009).

В подземных водах в окрестностях г. Обнинска в течение ряда лет наблюдается повышенное содержание трития. Его поступление в подземные воды связано с нарушением герметичности хранилищ твердых радиоактивных отходов Государственного научного центра Физико-энергетического института. В связи с этим из водозаборов и коммуникаций питьевого водоснабжения в разных районах г. Обнинска и других близлежащих населенных пунктов (гг. Малоярославец, Белоусово, Балабаново, д. Мишково) НПО «Тайфун» периодически отбирает пробы воды для анализа на тритий.

Анализ питьевой воды, отобранной на территории НПО «Тайфун» в г. Обнинске в 2018 г., показал, что содержание трития в течение года варьировало в пределах от 0.99 до 5.9 Бк/л при среднем значении 3.77 Бк/л, что примерно на 3 порядка ниже уровня вмешательства при поступлении радионуклидов с водой для населения по НРБ-99 и НРБ-99/2009 и в 2.2 раза выше среднего содержания трития в пресных водах рек ЕТР – 1.7 Бк/л.

Радиационный мониторинг в районах расположения атомных станций

Говоря о сравнительно небольшом количестве отходов от атомной энергетики по сравнению с иными областями энергетики, следует помнить о наличии в окружающей среде изотопов как природного, так и техногенного происхождения, которые в сумме составляют радиационный фон территорий. Каждая авария или инцидент на РОО привносит в окружающую среду ряд радионуклидов, опасность которых будет сохраняться достаточно длительное время.

У последствий аварии на ЧАЭС долгосрочная перспектива. Так, даже сейчас спустя 34 года после аварии на территории Российской Федерации загрязнение поверхности земли остается значительным в зоне радиоактивного следа и будет проявляться еще до 10 периодов полураспада радионуклидов (табл. 3; Яхрюшин, 2018).

Аварии на ЧАЭС и «Фукусиме-1» подтвердили уязвимость подземных вод. В связи с этим вопрос охраны подземных вод от радиоактивного загрязнения в районах расположения АЭС является актуальным, что также закреплено в руководстве по безопасности Международного агентства по атомной энергии.

До событий на ЧАЭС подземные воды не являлись объектом радиационного мониторинга, однако авария показала, что они чувствительны к радиоактивному загрязнению. В Белоруссии и на Украине на загрязненных территориях радионуклиды были обнаружены не только в грунтовых, но и в напорных глубокозалегающих подземных водах.

Таким образом, строительство и эксплуатация АЭС приводят к нарушению геологических, геохимических и экологических условий на прилегающих к станциям территориях. Проблемы охраны окружающей среды в районах расположения АЭС решаются с помощью функционирования системы комплексного экологического мониторинга, включающего взаимосвязанные подсистемы мониторинга гидросферы (МГС), атмосферы, литосферы и техносферы.

В своих исследованиях воспользуемся определением мониторинга, данным в Федеральном законе Российской Федерации «Об охране окружающей среды» (2002): «Мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг) – комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов» (Федеральный ..., 2002, статья 1, http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/).

Один из авторов был разработчиком концепции комплексного экологического мониторинга атомных станций, выполненной в 1988-1989 гг. по заданию института

«Атомэнергопроект» (относящийся к Министерству атомной промышленности) после аварии на ЧАЭС (Белоусова и др., 1992). На основе системного подхода была разработана следующая структура МГС: вход в систему – исходная информация о текущем состоянии системы; система МГС, состоящая из трех подсистем – наблюдений (режима), оценок и прогноза; выход из системы – мероприятия по улучшению природно-технической обстановки (выход из системы МГС является входом в систему управления водными ресурсами; Белоусова, 2015, 2017).

Таблица 3. Распределение количества населенных пунктов (н/п) Российской Федерации по уровню загрязнением ^{137}Cs по состоянию на январь 2018 г. (Яхрюшин, 2018).

Table 3. Distribution of the number of settlements (н/п) of the Russian Federation by ^{137}Cs pollution level as of January 2018 (Яхрюшин, 2018).

№	Область (Республика)	Σ н/п	Σ проб	<1 Ки/км ²		1-5 Ки/км ²		5-15 Ки/км ²		15-40 Ки/км ²		>40 Ки/км ²	
				н/п	проб	н/п	проб	н/п	проб	н/п	проб	н/п	проб
1	Белгородская	543	4345	535	4272	8	73						
2	Брянская	1868	28373	1361	12742	312	7109	178	6806	15	1129	2	587
3	Волгоградская	5	25	4	20	1	5						
4	Воронежская	1144	9837	1130	975	10	83						
5	Калужская	562	6650	367	3249	190	3359	6	83				
6	Курская	1104	7005	1044	6341	60	664						
7	Ленинградская	156	2341	152	2274	4	67						
8	Липецкая	212	1753	203	1688	9	65						
9	Московская	9	50	9	50								
10	Нижегородская	138	779	138	779								
11	Новгородская	82	489	82	489								
12	Орловская	1537	13870	1178	10160	359	3710						
13	Пензенская	173	1446	166	1405	7	41						
14	Ростовская	2	10	2	10								
15	Рязанская	562	8511	466	7119	97	1392						
16	Саратовская	13	41	13	41								
17	Смоленская	79	476	79	476								
18	Тамбовская	111	996	109	996								
19	Тульская	2084	21727	1242	9881	822	11640	20	649				
20	Ульяновская	128	1021	128	1021								
21	Башкартостан	16	93	16	93								
22	Марий Эл	23	74	23	74								
23	Мордовия	331	1538	331	1538								
24	Чувашия	27	80	27	80								
ИТОГО		10909	112598	8805	74766	1879	28208	204	7538	15	1129	2	587
с учетом нежилых		11983	113202										

Рассмотрим данные радиационного мониторинга АЭС, расположенных в ЦФО (Радиационная обстановка ..., 2019).

Калининская АЭС (КАЭС) размещена в северо-западной части Тверской области в 150 км от г. Твери и на 3 км севернее г. Удомля. Зона промплощадки станции прилегает к южному берегу озера Удомля.

Структура КАЭС включает в себя четыре действующих энергоблока с водо-водяными энергетическими реакторами (ВВЭР-1000). Благодаря равнинной территории размещения станции в районе хорошо развита гидрографическая сеть. Имеется ряд крупных озер: Удомля, Песьво, Наволок, Кезадра и Кубыча. Озера Удомля и Песьво, объединенные естественной протокой, используются в качестве водоемов-охладителей АЭС. Регулирование стока и уровня вод в них осуществляется с помощью гидроузла на р. Съежа, вытекающей из оз. Удомля.

Газоаэрозольные радиоактивные выбросы в атмосферу на КАЭС осуществляются через четыре вентиляционных трубы высотой 100 м каждая. Система очистки отходящих газов и аэрозолей снижает активности выбросов, йода и инертных радиоактивных газов (ИРГ) до 99.9% (Радиационная обстановка ..., 2019).

По данным ежегодника о радиационной обстановке в России (Радиационная обстановка ..., 2019), в 2018 г. наблюдалось повышение годового выброса изотопа йода ^{131}I и ИРГ, однако зарегистрированные значения не вышли за пределы установленных нормативов и составили 3.1 и 7.7% от допустимых выбросов соответственно. Годовые выбросы изотопов кобальта и цезия (^{60}Co , ^{134}Cs и ^{137}Cs) в 2018 г. оказались ниже, чем в 2017 г., и составляли меньше 0.1% для ^{60}Co и ^{134}Cs и 0.4% для ^{137}Cs от допустимых показателей. Анализ выбросов показал, что наибольший вклад в их активность вносят ИРГ.

В 2007 г. был введен в эксплуатацию полигон глубинного захоронения, расположенный на глубине 1400 м, именно туда на захоронение закачиваются в подземные глубинные горизонты промливневые стоки после химводоочистки на КАЭС. Полигон представляет собой подземный горизонт песков, насыщенных рассолами с солесодержанием 220 г/л, изолированный от иных водоносных горизонтов водоупорными пластами толщиной до 600 м (1400 метров под землей ..., 2018). Жидкие низкоактивные отходы сбрасываются в естественные водоемы-охладители: озера Песьво и Удомля. Объем технологических стоков, поступивших в 2018 г. в озера, которые включают в себя дебалансные воды из контрольных баков, регенерационные и отмывочные воды, составил 2029 м³. Стоки из брызгальных бассейнов составили 44100 м³. В таблице 4 приведена информация о сбросах радионуклидов в открытую гидрографическую сеть в 2018 г. на КАЭС.

Сравнивая показатели абсолютного значения суммарной активности сброса, в 2018 г. (0.011 ТБк) наблюдается снижение в 3.4 раза по сравнению с 2017 г., что можно связать с вкладом трития в активность сброса (97.3%), поскольку в 2018 г. его сброс уменьшился в 3.6 раза, а в итоге составил 0.05% от допустимого. Также в 2018 году зафиксировано снижение сбросов всех иных контролируемых радионуклидов (фактические сбросы были на 2-5 порядков ниже допустимых) и случаев превышения контрольного уровня допустимых сбросов.

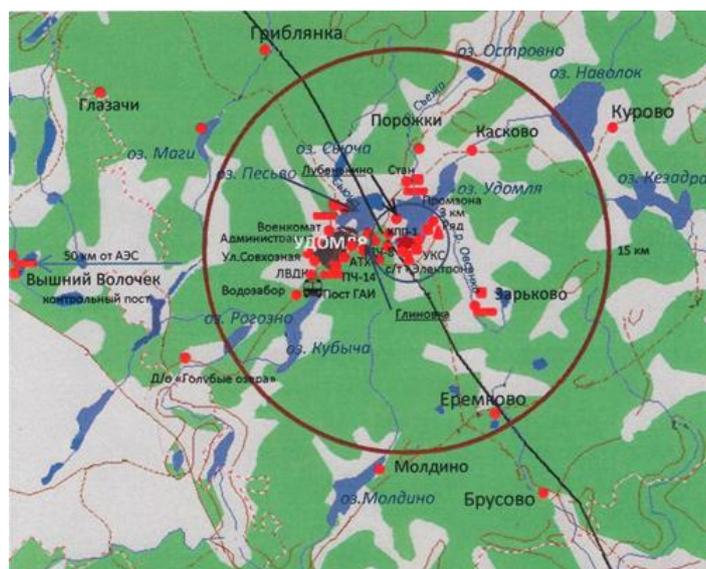
На рисунке 2 показано, каким образом в 2018 г. Лаборатория внешнего дозиметрического контроля (ЛВДК) организовала мониторинг радиационного загрязнения объектов окружающей среды в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения КАЭС, а на рисунке 3 показана схема расположения пунктов радиационного мониторинга Северо-Западного и Центрального УГМС (Радиационная обстановка ..., 2019).

Оценка и контроль радиационной обстановки в радиусе до 100 км вокруг КАЭС производится Северо-Западным и Центральным УГМС, а в радиусе до 25 км – ЛВДК КАЭС. В 7 пунктах постоянного наблюдения измерялась объемная активность радионуклидов в приземном слое атмосферы (один пункт – в СЗЗ, шесть – в зоне наблюдения и в контрольном пункте г. Вышний Волочек, в 50 км на юго-запад от АЭС). В трёх из семи пунктов так же определялась радиоактивность атмосферных выпадений: в СЗЗ – пост № 1 (промзона), в зоне наблюдения – пост № 2 (д. Глиновка) и пост № 3 (д. Ряд). В 5 точках мониторинга зоны наблюдения по пробам снега проводилась оценка плотности радиоактивных выпадений из атмосферного воздуха. Пробоотбор происходил перед началом весеннего снеготаяния вблизи стационарных постов зоны наблюдения. Полученные пробы (кюветы) подвергали

упариванию и озолению для концентрирования радионуклидов, затем полученный материал использовали для определения содержания радионуклидов в почве, растительности, питьевой воде, воде из открытых водоемов, а также в донных отложениях, рыбе и пищевой продукции местного производства. Также данные проб используются для анализа и мониторинга МАЭД и годовой поглощенной дозы на местности.

Таблица 4. Сбросы радионуклидов в озера Песьво и Удомля со сточными водами на КАЭС, Бк/год. **Table 4.** Discharges of radionuclides into Pesvo and Udomlya lakes with sewage at the Kalinin Nuclear Power Plant, Bq/year.

Радионуклиды	Допустимый сброс	Фактический сброс		Увеличение (+), снижение (-) сбросов в 2018 г. по сравнению с 2017 г.
		2018 г.	2017 г.	
^3H	$2.00 \cdot 10^{13}$	$9.10 \cdot 10^9$	$3.31 \cdot 10^{10}$	$-2.40 \cdot 10^{10}$
^{51}Cr	$4.87 \cdot 10^{13}$	$6.13 \cdot 10^7$	$1.40 \cdot 10^8$	$-7.87 \cdot 10^7$
^{54}Mn	$2.13 \cdot 10^{10}$	$7.50 \cdot 10^6$	$1.71 \cdot 10^7$	$-9.60 \cdot 10^6$
^{58}Co	$3.60 \cdot 10^{11}$	$6.84 \cdot 10^6$	$1.56 \cdot 10^7$	$-8.76 \cdot 10^6$
^{60}Co	$6.13 \cdot 10^{11}$	$7.50 \cdot 10^6$	$1.72 \cdot 10^7$	$-9.70 \cdot 10^6$
^{59}Fe	$5.92 \cdot 10^{11}$	$1.37 \cdot 10^7$	$3.12 \cdot 10^7$	$-1.75 \cdot 10^7$
^{65}Zn	$5.39 \cdot 10^9$	$1.61 \cdot 10^7$	$3.68 \cdot 10^7$	$-2.07 \cdot 10^7$
^{89}Sr	$2.29 \cdot 10^{11}$	$1.76 \cdot 10^6$	$4.03 \cdot 10^6$	$-2.27 \cdot 10^6$
^{90}Sr	$4.38 \cdot 10^9$	$1.76 \cdot 10^6$	$4.03 \cdot 10^6$	$-2.27 \cdot 10^6$
^{95}Zr	$1.18 \cdot 10^{13}$	$1.32 \cdot 10^7$	$3.02 \cdot 10^7$	$-1.70 \cdot 10^7$
^{106}Ru	$2.45 \cdot 10^{10}$	$6.42 \cdot 10^7$	$1.47 \cdot 10^8$	$-8.28 \cdot 10^7$
^{13}I	$6.51 \cdot 10^{10}$	$7.50 \cdot 10^6$	$1.72 \cdot 10^7$	$-9.70 \cdot 10^6$
^{134}Cs	$2.96 \cdot 10^9$	$8.16 \cdot 10^6$	$3.72 \cdot 10^7$	$-2.90 \cdot 10^7$
^{137}Cs	$3.39 \cdot 10^9$	$8.16 \cdot 10^6$	$6.52 \cdot 10^7$	$-5.70 \cdot 10^7$
^{144}Ce	$4.58 \cdot 10^{11}$	$5.51 \cdot 10^7$	$1.26 \cdot 10^8$	$-7.09 \cdot 10^7$



Условные обозначения

- ★ АЭС;
- наблюдения за γ -фоном;
- ▲ отбор проб атмосферных выпадений;
- отбор проб атмосферных аэрозолей;
- ▣ отбор проб снега;
- ☒ передвижная радиометрическая лаборатория ЛВДК КАЭС.

Рис. 2. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 25-км зоне вокруг КАЭС.

Fig. 2. Location of radiation monitoring points in the 25-km zone around the Kalinin Nuclear Power Plant.

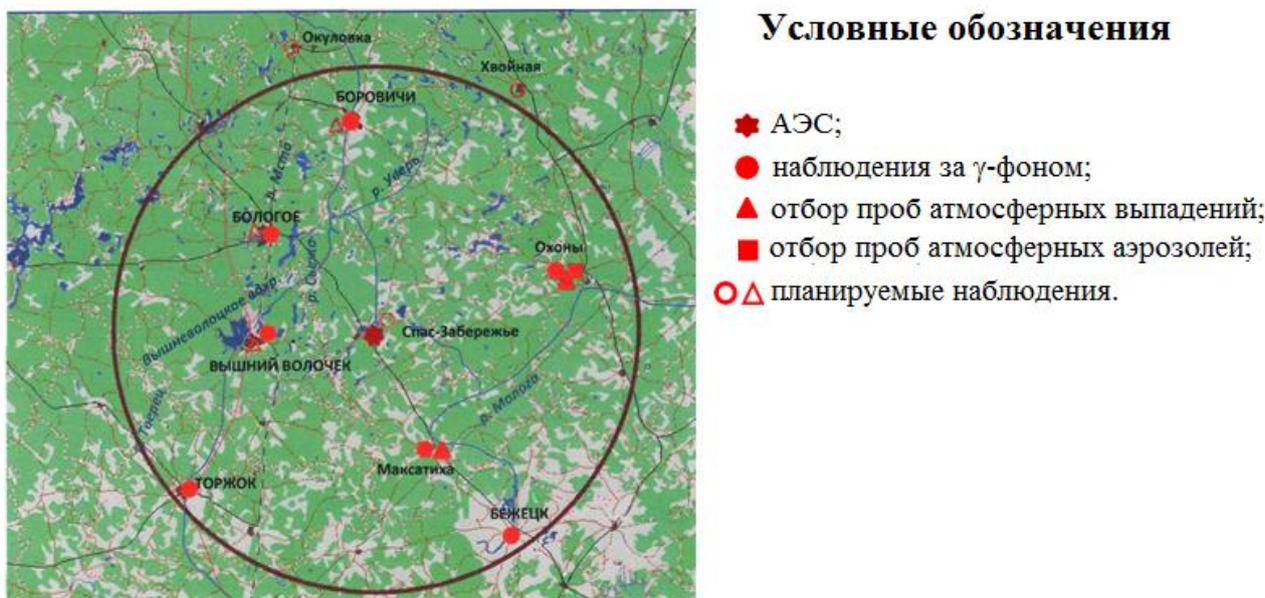


Рис. 3. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг КАЭС. **Fig. 3.** Location of radiation monitoring points in the 100-km zone around the Kalinin Nuclear Power Plant.

В 2018 г. в 100-км зоне КАЭС радиационный мониторинг включал в себя определение радиоактивности атмосферных аэрозолей в одном пункте путем отбора проб на фильтры с помощью воздухо-фильтрующей установки с экспозицией в 5 дней, в двух пунктах – с помощью марлевых планшетов с суточной экспозицией и определение МАЭД в 7 пунктах постоянного наблюдения.

Приземная атмосфера. Анализ данных ЛВДК КАЭС показывает, что в 2018 г. в СЗЗ и зоне наблюдения характер техногенной активности приземной атмосферы, как и в предыдущие годы, в основном обусловлен наличием ^{137}Cs , а содержание иных техногенных радионуклидов в атмосферных аэрозолях было ниже предела обнаружения.

Среднегодовая активность изотопа ^{137}Cs в 2018 г. в СЗЗ осталась на уровне 2017 г., а в зоне наблюдения снизилась в 1.3 раза.

В таблице 5 отображены значения для двух населенных пунктов в сравнении с усредненными показателями по северной части ЕТР, где видно, что в 2018 г. среднемесячная объемная $\Sigma\beta$ активность в пос. Охоны (находится в пределах 100-км зоны) изменялась от $2.8 \cdot 10^{-5}$ до $9.1 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, а среднегодовая была в 1.8 раза ниже средневзвешенного значения для Севера ЕТР – $9.7 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. Годовые значения $\Sigma\beta$ активности выпадений в 2018 г. в пос. Охоны и Максатиха остались на уровне 2017 г. Среднемесячные величины $\Sigma\beta$ активностей суточных атмосферных выпадений варьировали в пунктах наблюдения в пределах от 0.3 до 1.0 Бк/м² в сутки. Максимальные суточные значения в пос. Максатиха наблюдались в июне и составляли 7.5 Бк/м² в сутки, в Охона – в октябре и составляли 2.5 Бк/м² в сутки (Радиационная обстановка ..., 2019).

В 2018 г., по данным ЛВДК КАЭС, в пределах 25-км зоны среднегодовая объемная $\Sigma\beta$ активность в воздухе СЗЗ КАЭС составляла $12.7 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, в зоне наблюдения – $10.2 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³.

Вода и другие объекты окружающей среды. Радиационный контроль водоемов, расположенных в СЗЗ и зоне наблюдения АЭС, проводился ЛВДК один раз в полугодие. Усредненные результаты исследований представлены в таблице 6, где отдельно выделены водоемы-охладители (озера Песьво и Удомля), река Съежа (вытекающая из водоемов-

охладителей), а также близлежащие водоемы, не связанные со сбросами атомной станции – озера Саминец и Кубыча, расположенные в зоне наблюдения и выбранные в качестве фоновых.

Таблица 5. Среднемесячные (с) и максимальные суточные (м) значения $\Sigma\beta$ выпадений (Р, Бк/м²·сутки) и объемной $\Sigma\beta$ в воздухе (q, 10⁻⁵ Бк/м³) в 100-км зоне КАЭС в 2018 г. (данные Северо-Западного и Центрального УГМС; Радиационная обстановка ..., 2019, с. 188). **Table 5.** Monthly average (s) and maximum daily (m) values $\Sigma\beta$ of deposition (P, Bq/m²·day) and volumetric $\Sigma\beta$ in air (q, 10⁻⁵ Bq/m³) in the 100-km zone of the Kalinin Nuclear Power Plant in 2018 (data of the Northwest and Central Territorial Administration for Hydrometeorological and Environmental Monitoring; Радиационная обстановка ..., 2019, p. 188).

Месяц		Охоны		Максатиха	Север	ЕТР
		Р	q	Р	Р	q
Январь	с	0.5	5.0	0.9	1.37	12.62
	м	1.6	10.8	2.0		
Февраль	с	0.3	3.5	0.6	0.81	17.55
	м	0.9	6.7	1.0		
Март	с	0.4	2.8	0.7	0.57	7.07
	м	2.0	3.5	2.2		
Апрель	с	0.4	3.7	0.8	0.48	9.65
	м	2.3	5.7	3.7		
Май	с	0.4	5.8	0.9	0.45	11.33
	м	0.9	11.1	2.6		
Июнь	с	0.8	5.8	1.0	0.41	9.73
	м	2.0	8.7	7.5		
Июль	с	0.5	7.1	0.9	0.52	13.14
	м	1.1	12.6	5.2		
Август	с	0.6	8.4	0.9	0.42	8.86
	м	1.6	15.0	4.2		
Сентябрь	с	0.4	9.1	0.7	0.55	6.78
	м	1.1	24.2	2.1		
Октябрь	с	0.6	4.6	0.6	0.64	4.47
	м	2.5	6.6	1.2		
Ноябрь	с	0.6	4.2	0.9	0.67	6.04
	м	1.8	6.3	2.1		
Декабрь	с	0.4	5.3	0.8	1.03	9.18
	м	1.6	15.3	2.8		
Среднее	2018 г.	0.5	5.5	0.8	0.66	9.70
	2017 г.	0.5	5.2	0.8	0.73	8.65
Сумма, Бк/м ² ·год	2018 г.	183		292	241	
	2017 г.	183		292	266	

Из таблицы 6 также видно, что в пробах воды из разных водоемов, объемные активности радионуклида ¹³⁷Cs находятся на уровне предела обнаружения используемого метода анализа. Средняя объемная активность трития в водоемах-охладителях в 2018 г. оказалась на два порядка ниже установленного в НРБ-99/2009 (СанПиН ..., 2009) уровня вмешательства и

рекомендованного контрольного уровня (5000 Бк/л по данному нуклиду для водоемов-охладителей).

Таблица 6. Содержание радионуклидов в объектах окружающей среды в районе расположения КАЭС (данные ЛВДК КАЭС; Радиационная обстановка ..., 2019, с. 189).

Table 6. The content of radionuclides in environmental objects around the Kalinin Nuclear Power Plant (data from the power plant distillery; Радиационная обстановка ..., 2019, p. 189).

Пункт контроля	¹³⁷ Cs		⁶⁰ Co		³ H, Бк/л		⁹⁰ Sr		
	Годы	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017
Вода открытых водоемов, мБк/л									
оз. Песьво (устье сбросного канала)	<1.7	<2.0	–*	–	11	11	5.2	5.7	
оз. Удомля (входной канал)	<1.4	<1.4	–	–	11	12	3.6	5.0	
р. Съежа (вытекает из оз. Удомля)	<1.8	<1.8	–	–	<10	<10	5.1	6.1	
оз. Саминец (ЗН) – контрольный водоем	<1.8	<1.8	–	–	<10	<10	2.3	4.3	
оз. Кубыча (ЗН) – контрольный водоем	<1.8	<1.6	–	–	<10	<10	1.6	2.6	
Питьевая вода, мБк/л									
Водозабор г. Удомля	<1.6	<1.7	–	–	<10	<10	<1.7	<1.7	
д. Ряд (3 км от АЭС)	<1.4	<2.0	–	–	<10	<10	<1.7	<1.8	
д. Митрошино (4.7 км от АЭС)	<1.4	<2.0	–	–	<10	<10	<1.7	<1.8	
Водозабор г. Вышний Волочек (50 км от АЭС) – контрольный источник	<1.7	<1.9	–	–	<10	<10	<1.7	<1.6	
Донные отложения водоемов, Бк/кг с.-м.									
оз. Песьво (устье сбросного канала)	<0.46	<0.69	<0.39	<0.56	–	–	<1.72	<1.42	
оз. Удомля (входной канал)	<0.47	<0.71	<0.38	<0.55	–	–	<1.56	<1.21	
р. Хомутовка, устье (СЗЗ)	<0.49	<0.77	<0.38	<0.60	–	–	–	–	
р. Съежа (вытекает из оз. Удомля)	<0.53	9.48	<0.45	<0.71	–	–	–	–	
оз. Саминец (ЗН) – контрольный водоем	<0.58	3.95	<0.52	<0.63	–	–	–	–	
оз. Кубыча (ЗН) – контрольный водоем	<0.45	3.20	<0.37	<0.53	–	–	–	–	
Почва, кБк/м²									
СЗЗ	0.24	0.12	<0.050	<0.054	<0.055	<0.059	–	–	
ЗН	0.12	0.30	<0.039	<0.056	<0.043	<0.064	–	–	
г. Вышний Волочек (50 км от АЭС) – контрольный пункт	0.45	0.26	<0.059	<0.046	<0.065	<0.050	–	–	

Примечания к таблице 6: * – измерения не проводились.

В связи с наличием полигона глубинного захоронения в 2018 г. значение среднегодовой объемной активности трития в водоёмах-охладителях ниже, чем среднее за предыдущие 5 лет. В контрольных водоемах (оз. Саминец и Кубыча), в р. Съежа и питьевой воде в 2018 году нуклид не был обнаружен (активность меньше порога обнаружения в 10 Бк/л).

Основным источником питьевой воды для новой части г. Удомля и промплощадки КАЭС

служит водозабор города. В 2018 г. объемная $\Sigma\beta$ и $\Sigma\alpha$ активности питьевой воды не превышали контрольных уровней. Из представленных в таблице 6 данных по содержанию ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^3H в воде водозабора, артезианских скважин близлежащих деревень и водозабора контрольного пункта – г. Вышнего Волочка видно, что объемные активности во всех пробах питьевой воды были ниже предела обнаружения (Радиационная обстановка ..., 2019).

В таблице 6 приведены данные о содержании радионуклидов в донных отложениях открытых водоемов, однако следует понимать, что удельные активности радионуклидов являются наиболее низкими по каждому из приведенных водоемов, поскольку отбор проб проводился вдоль береговой линии. Грунты в этих зонах представляют собой заиленный песок, содержание радионуклидов в котором ниже, чем в грунтах, представленных в виде илов и сапропелей, расположенных в этих же водоемах на больших глубинах. В 2002-2003 гг. в ходе исследований проводился пробоотбор на мелководных и глубоководных участках водоемов-охладителей. Их анализ показал, что из техногенных радионуклидов в донных отложениях был обнаружен только ^{137}Cs – в основном в илах (5.5-96.2 Бк/кг воздушно-сухой массы) и сапропелях (12.6-70.3 Бк/кг воздушно-сухой массы). Значения контролируемых величин находятся на уровне средних показателей за 5 предыдущих лет наблюдений (ниже порога обнаружения) и гораздо меньше соответствующих значений «нулевого фона», что говорит об отсутствии накопления нуклидов в донных отложениях (Радиационная обстановка ..., 2019).

В районе КАЭС один раз в год отбираются пробы почвы с глубины 5 см. Точки отбора находятся вблизи постов постоянного наблюдения: в СЗЗ – 1 точка контроля, в зоне наблюдения – 6, в контрольном пункте (г. Вышний Волочек) – 1. Радиоактивность почвы обуславливается наличием изотопа ^{137}Cs глобального происхождения, он достоверно определялся в пробах почвы, отобранных в СЗЗ, зоне наблюдения и контрольном пункте.

Обобщенные данные о содержании радионуклидов в продуктах питания в зоне наблюдения КАЭС представлены в таблице 7. Содержание таких радионуклидов, как ^{137}Cs и ^{90}Sr , в продуктах во все годы контроля такое же, как и до введения в эксплуатацию КАЭС. В 2018 г. наибольшие значения по содержанию радионуклидов показала луговая растительность (^{90}Sr – 1.7 Бк/кг сырой массы), грибы (^{137}Cs – 7.9 Бк/кг сырой массы), что на один-два порядка ниже допустимых удельных активностей. Содержание ^{131}I в молоке не выявлено (<0.04 Бк/кг; Радиационная обстановка ..., 2019).

«По данным ежедневных (каждые три часа) наблюдений Северо-Западного и Центрального УГМС, в 2018 г. среднемесячные значения МАЭД в 100-км зоне вокруг КАЭС колебались в пределах от 0.09 до 0.15 мкЗв/ч, максимальные измеренные значения достигали 0.21 мкЗв/ч, что находится в пределах колебаний естественного γ -фона. Среднегодовые значения МАЭД составляли 0.09-0.14 мкЗв/ч.

Контроль годовой дозы на местности проводился термолюминесцентным методом. Полученные данные показывают, что при нормальной эксплуатации АЭС и при достигнутых значениях выбросов радионуклидов с АЭС значимое отличие дозы на местности в районе КАЭС от дозы в контрольном пункте отсутствует.

Таким образом, влияние КАЭС на радиоактивность объектов окружающей среды в 2018 г. было невелико. Оно выражается в повышенном содержании трития в озерах Песьво и Удомля. Однако объемная активность трития в воде озер на два порядка ниже уровня вмешательства по НРБ-99/2009 (СанПиН ..., 2009) и не представляет опасности для здоровья населения» (Радиационная обстановка ..., 2019, стр. 206).

Курская атомная станция (КуАЭС) расположена в 3 км от г. Курчатова и примерно в 40 км от г. Курска на левом берегу р. Сейм в его среднем течении. Сейм впадает в р. Десну, которая впадает в р. Днепр.

На данный момент КуАЭС состоит из четырех активных энергоблоков (№ 1 и №2 – первая очередь, № 3 и №4 – вторая очередь) с реакторами РБМК-1000, энергоблок № 5 третьей

очереди находится в стадии консервации и из-за экономической необоснованности достраиваться не будет. Проектная мощность каждого блока – 1000 МВт (электрическая) и 3200 МВт (тепловая).

Таблица 7. Содержание радионуклидов в сельскохозяйственной продукции в районе расположения КАЭС, Бк/кг с.-м. (данные ЛВДК КАЭС; Радиационная обстановка ..., 2019, с. 191). **Table 7.** The content of radionuclides in agricultural products in the area of the Kalinin Nuclear Power Plant, Bq/kg of dry weight (data from the power plant distillery; Радиационная обстановка ..., 2019, p. 191).

Вид пробы	¹³⁷ Cs			⁹⁰ Sr		
	2018 г.	До пуска АЭС*		2018 г.	До пуска АЭС	
Растительность луговая	<0.34		1.6	1.7		15.9
Корнеплоды	<0.06		0.09	0.17		0.08
Овощи	<0.04		0.1	0.10		0.16
Допустимая уд. акт.		120			40	
Ягоды	3.6		–**	0.14		–
Допустимая уд. акт.		160			60	
Грибы	7.9		–	0.11		–
Допустимая уд. акт.		500			50	
Молоко	<0.02		0.27	0.06		0.17
Допустимая уд. акт.		100			25	
Мясо	<0.05		0.12	<0.07		0.11
Допустимая уд. акт.		160			50	
Рыба	<0.46		0.50	0.39		1.5
Допустимая уд. акт.		130			100	

Примечания к таблице 7: * – в Бк/кг сухой массы, ** – нет данных.

По данным НПО «Гайфун», в марте 2005 г. установлены следующие границы СЗЗ и зоне наблюдения КуАЭС: радиус СЗЗ составляет 1.7 км, зоны наблюдения – 19 км. В зоне наблюдения проживает 69.3 тыс. человек (Радиационная обстановка ..., 2019).

«Радиоактивные выбросы в атмосферу на КуАЭС осуществляются через две вентиляционные трубы высотой 150 м, трубы машинного зала высотой 50 м, вентрубу хранилища отработанного ядерного топлива (ХОЯТ) – 26 м, вентрубу здания – 40 м, вентрубу хранилища твердых радиоактивных отходов – 30 м. Перед выбросом в атмосферу воздух проходит очистку на аэрозольных фильтрах. Для уменьшения активности выбросов в окружающую среду используются камера выдержки (первая очередь) и установка подавления активности (вторая очередь). Данные о выбросах регламентируемых радионуклидов на КуАЭС в атмосферу в 2018 г. представлены в таблице 8. Из приведенных данных видно, что в 2018 г. годовые выбросы ¹³¹I, ¹³⁴Cs и суммы ИРГ незначительно увеличились по сравнению с 2017 г., выбросы ⁶⁰Co и ¹³⁷Cs уменьшились в 1.7 и 1.1 раза соответственно и составляли от 1.0% для ¹³⁴Cs и ¹³⁷Cs до 13.1% для суммы ИРГ от допустимых нормативов» (Радиационная обстановка ..., 2019, стр. 201).

Дебалансные воды (избыточные воды, прошедшие специальную обработку) поступают в систему проливневой канализации, а она в свою очередь поступает в р. Сейм. В 2018 г. объем сброса промышленно-ливневых и дебалансных вод на КуАЭС составил $5.3 \cdot 10^4$ м³.

Таблица 8. Выбросы радионуклидов в атмосферу на КуАЭС, Бк (Радиационная обстановка ..., 2019, с. 201). **Table 8.** Emissions of radionuclides into the atmosphere at the Kursk Nuclear Power Plant, Bq (Радиационная обстановка ..., 2019, p. 201).

Наименование радионуклида	Допустимый выброс	Фактический выброс		Увеличение (+), снижение (-) выбросов в 2018 г. по сравнению с 2017 г.
		2018 г.	2017 г.	
⁶⁰ Со	$2.5 \cdot 10^9$	$1.08 \cdot 10^8$	$1.85 \cdot 10^8$	$-7.7 \cdot 10^7$
¹³ И	$9.3 \cdot 10^{10}$	$1.11 \cdot 10^9$	$1.03 \cdot 10^9$	$+8.0 \cdot 10^7$
¹³⁴ Сs	$1.4 \cdot 10^9$	$1.33 \cdot 10^7$	$1.30 \cdot 10^7$	$+3.0 \cdot 10^5$
¹³⁷ Сs	$4.0 \cdot 10^9$	$3.80 \cdot 10^7$	$4.30 \cdot 10^7$	$-5.0 \cdot 10^6$
Сумма ИРГ	$3.7 \cdot 10^{15}$	$4.85 \cdot 10^{14}$	$4.80 \cdot 10^{14}$	$+5.0 \cdot 10^{12}$

Водоем-охладитель расположен на ровной, местами заболоченной, левобережной пойме р. Сейм между хутором Александровский и деревней Глушково. Водоем-охладитель разделен на два рукава струераспределительной дамбой, предназначенной для равномерного распределения потока нагретой воды по всей акватории.

Данные о содержании радионуклидов в сбросах КуАЭС в реку Сейм, а также нормативы по допустимым сбросам для отдельных радионуклидов представлены в таблице 9. В 2018 г. в сбросах КуАЭС регистрировался ³Н, концентрация которого возросла в 3.8 раза по сравнению с показателем 2017 г., он играет основную роль в активности сбросов, однако его годовой сброс не превышал 0.13% от допустимого.

Радиационная обстановка вокруг КуАЭС в радиусе до 100 км контролируется УГМС ЦЧО, а в радиусе до 30 км – лабораторией внешнего радиационного контроля (ЛВРК) КуАЭС.

В 2018 г. контроль радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды в СЗЗ и зоне наблюдения КуАЭС посредством ЛВРК включал в себя комплекс мероприятий по определению объемной активности радионуклидов в приземном слое атмосферы путем анализа в объединенных за месяц пробах атмосферных аэрозолей в 7 пунктах различной удаленности и географической направленности от АЭС, определению радиоактивности атмосферных выпадений в 8 пунктах из анализа месячных проб. Кроме того, проводились исследования содержания радионуклидов в питьевой воде, воде из открытых водоемов, промстоков КуАЭС и скважин промплощадки, радиоизотопного состава почвы, донных отложений, в рыбе водоема-охладителя и рек, а также в растительной продукции местного производства. Проводился контроль уровня МАЭД и суммарной дозы облучения на местности в СЗЗ и зоне наблюдения (Радиационная обстановка ..., 2019).

Наблюдения за радиационной обстановкой в 100-км зоне вокруг КуАЭС независимо от ЛВРК АЭС осуществляет УГМС ЦЧО (рис. 4, 5).

По данным ФГБУ НПО «Гайфун» (Радиационная обстановка ..., 2019), «в 2018 г. в 100-км зоне вокруг КуАЭС проводился радиационный мониторинг следующих параметров окружающей среды (рис. 4, 5):

- объемной активности радионуклидов в приземном слое атмосферы путем непрерывного отбора проб с помощью воздухо-фильтрующе установки на фильтроткань ФПП-15-1.5 на двух станциях: в г. Курске – ежедневно (установка «19ЦС-48») и в г. Курчатове – с экспозицией пять суток (6 проб в месяц) с помощью модернизированной установки «Гайфун-3а»;

- радиоактивных атмосферных выпадений на 6 станциях с помощью горизонтальных марлевых планшетов без бортиков площадью 0.3 м^2 с суточной экспозицией;

- объемной активности радионуклидов в воде открытых водоемов (в пруде-охладителе, прр. Реут и Сейм) при ежемесячных маршрутных обследованиях 20-км зоны КуАЭС;

Таблица 9. Сбросы радионуклидов в открытую гидрографическую сеть на КуАЭС, Бк (Радиационная обстановка ..., 2019, с. 202). **Table 9.** Discharges of radionuclides into an open hydrographic network at the Kursk Nuclear Power Plant, Bq (Радиационная обстановка ..., 2019, p. 202).

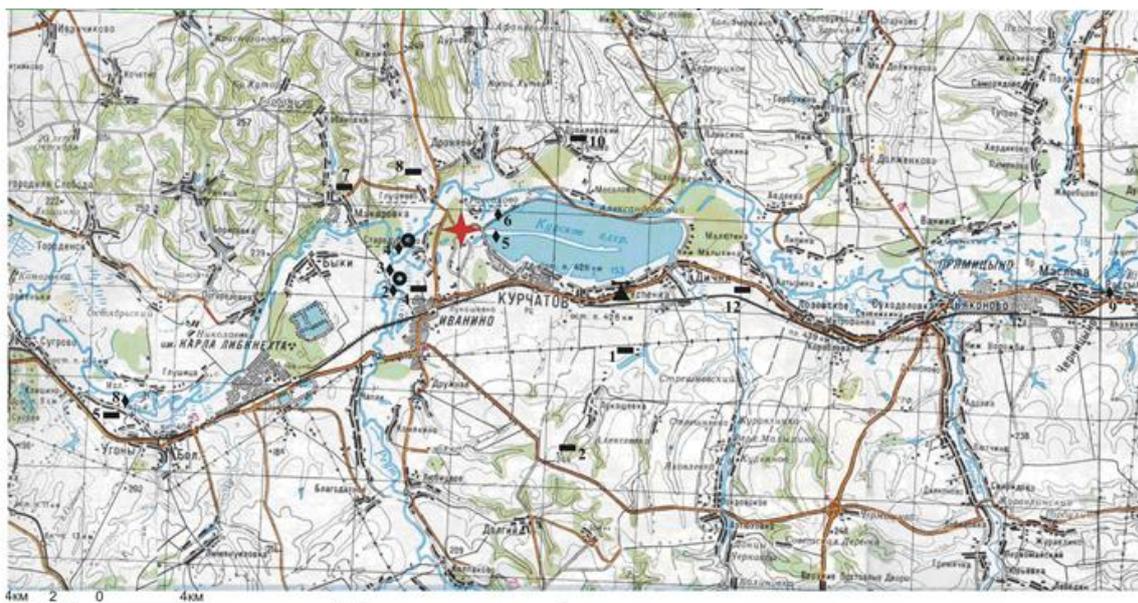
Радионуклид	Сброс за 2018 г., Бк	Индекс сброса в 2018 г.	Сброс за 2017 г., Бк	Индекс сброса в 2017 г.
^3H	$1.11 \cdot 10^{11}$	$1.28 \cdot 10^{-3}$	$2.906 \cdot 10^{10}$	$3.3 \cdot 10^{-4}$
^{51}CrI	$*1.33 \cdot 10^7$	$1.21 \cdot 10^{-5}$	$*3.53 \cdot 10^6$	$3.2 \cdot 10^{-6}$
^{54}Mn	$*1.33 \cdot 10^7$	$2.56 \cdot 10^{-2}$	$*3.53 \cdot 10^6$	$6.8 \cdot 10^{-3}$
^{59}Fe	$*1.33 \cdot 10^7$	$6.33 \cdot 10^{-4}$	$*3.53 \cdot 10^6$	$1.7 \cdot 10^{-4}$
^{58}Co	$*1.33 \cdot 10^7$	$3.91 \cdot 10^{-3}$	$*3.53 \cdot 10^6$	$1.0 \cdot 10^{-3}$
^{60}Co	$*1.33 \cdot 10^7$	$1.77 \cdot 10^{-2}$	$*3.53 \cdot 10^6$	$4.7 \cdot 10^{-3}$
^{65}Zn	$*1.33 \cdot 10^7$	$1.02 \cdot 10^{-1}$	$*3.53 \cdot 10^6$	$2.7 \cdot 10^{-2}$
^{89}Sr	$*5.34 \cdot 10^6$	$2.97 \cdot 10^{-3}$	$*1.41 \cdot 10^6$	$7.8 \cdot 10^{-4}$
^{90}Sr	$*5.34 \cdot 10^6$	$4.11 \cdot 10^{-2}$	$1.79 \cdot 10^6$	$1.4 \cdot 10^{-2}$
^{95}Zr	$*1.33 \cdot 10^7$	$6.33 \cdot 10^{-4}$	$*3.53 \cdot 10^6$	$1.7 \cdot 10^{-4}$
^{103}Ru	$*1.33 \cdot 10^7$	$3.33 \cdot 10^{-4}$	$*3.53 \cdot 10^6$	$8.8 \cdot 10^{-5}$
^{106}Ru	$*1.33 \cdot 10^7$	$1.56 \cdot 10^{-2}$	$*3.53 \cdot 10^6$	$4.2 \cdot 10^{-3}$
^{131}I	$*1.33 \cdot 10^7$	$1.68 \cdot 10^{-2}$	$*3.53 \cdot 10^6$	$4.5 \cdot 10^{-3}$
^{134}Cs	$*1.33 \cdot 10^7$	$5.32 \cdot 10^{-2}$	$*3.53 \cdot 10^6$	$1.4 \cdot 10^{-2}$
^{137}Cs	$*1.33 \cdot 10^7$	$3.69 \cdot 10^{-2}$	$4.23 \cdot 10^6$	$1.2 \cdot 10^{-2}$
^{141}Ce	$*1.33 \cdot 10^7$	$1.75 \cdot 10^{-4}$	$*3.53 \cdot 10^6$	$4.6 \cdot 10^{-5}$
^{144}Ce	$*1.33 \cdot 10^7$	$1.33 \cdot 10^{-3}$	$*3.53 \cdot 10^6$	$3.5 \cdot 10^{-4}$
Общая активность	$1.11 \cdot 10^{11}$	0.319	$2.911 \cdot 10^{10}$	0.090
Суммарный сброс за год (без учета ^3H)	$1.97 \cdot 10^8$		$5.33 \cdot 10^7$	

Примечания к таблице 9: * – радионуклиды не определены существующими на Курской АЭС методами и приборами. В соответствии с п. 8.8.4 МУ 2.6.5.010-2016, фактический сброс нормируемого радионуклида, значение активности которого меньше нижнего предела измерения активности, принимается равным половине от значения нижнего предела.



Рис. 4. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг КуАЭС.

Fig. 4. Location of radiation monitoring points in the 100-km zone around the Kursk Nuclear Power Plant.



Условные обозначения

- ★ АЭС;
- отбор проб снега и растительности;
- ◆ отбор проб воды;
- сброс ХФК в р. Реут и ПЛК в р. Сейм;
- ▲ метеостанция Курчатова, наблюдения за γ -фоном;
- ▲ отбор проб атмосферных выпадений;
- ▲ отбор проб атмосферных аэрозолей;

Рис. 5. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 20-километровой зоне вокруг КуАЭС. **Fig. 5.** Location of radiation monitoring points in the 20-km zone around the Kursk Nuclear Power Plant.

– плотности загрязнения снега в зимнее время во время маршрутных обследований в 20-км зоне КуАЭС в восьми пунктах и в фоновом пункте в г. Курске;

– уровня радиоактивного загрязнения растительности в вегетационный период (с мая по июль) во время ежемесячных маршрутных обследований в 20-км зоне КуАЭС в 9 точках, совпадающих с точками отбора снега;

– мощности экспозиционной дозы γ -излучения каждые три часа на 11 стационарных пунктах, а также при ежемесячных маршрутных обследованиях 20-км зоны КуАЭС.

Объемная активность ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в объединенных за квартал пробах определялась в ФГБУ НПО «Тайфун» радиохимическим методом.

Приземная атмосфера. По данным УГМС ЦЧО за 2018 г. о зарегистрированных максимальных и среднемесячных объемных $\Sigma\beta$ активностей в воздухе приземной атмосферы в 100-км зоне КуАЭС можно сказать, что максимальное значение объемной $\Sigma\beta$ активности за год наблюдалось в г. Курске в сентябре – $117 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, в г. Курчатове в декабре – $114 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. Среднемесячная объемная активность приземного слоя атмосферы в пунктах наблюдения колебалась от $21 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ в январе, апреле и октябре до $51 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ в сентябре в Курчатове, от $14 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ в январе до $37 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ в сентябре в Курске. Среднегодовые значения объемной $\Sigma\beta$ активности в Курске составляли $22 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что в 1.4 раза выше полученных в 2017 г. данных, а в Курчатове увеличились в 1.6 раза и составляли $30 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что выше уровня средневзвешенного значения по территории Центра ЕТР в 1.1 и 1.5 раза соответственно – $19.6 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ (Радиационная обстановка ..., 2019).

«По результатам γ -спектрометрического анализа проб аэрозолей, проведенного УГМС ЦЧО, видно, что течение года среднемесячная объемная активность ^{137}Cs в атмосферных

аэрозолях в г. Курске изменялась от $2.0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (февраль и март) до $57.0 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (октябрь) и составила в среднем за год $10.9 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что в 1.6 раза выше среднего за 2017 г. ($6.7 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) и в 3.2 раза выше средневзвешенной объемной активности ¹³⁷Cs для территории Центра ЕТР ($3.4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). В пробах аэрозолей г. Курска также наблюдались ¹³¹I, ⁵¹Cr, ⁵⁴Mn, ⁵⁹Fe, ⁵⁸Co, ⁶⁰Co, ⁹⁵Zr, ⁹⁵Nb. Среднегодовое значение активности ⁶⁰Co увеличилось в 44 раза по сравнению с 2017 г., а среднегодовое значение активности ⁵⁴Mn – увеличилось в 145 раз. В г. Курчатове среднемесячная объемная активность ¹³⁷Cs изменялась от $3.6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (декабрь) до $31.2 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (октябрь) и составила в среднем за год $13.7 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что в 1.1 раза выше, чем в 2017 г. ($12.3 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³), и в 4.0 раза выше средневзвешенной объемной активности ¹³⁷Cs для территории Центра ЕТР.

Кроме ¹³⁷Cs, в пробах аэрозолей в г. Курчатове в 2018 г. наблюдались ⁵⁴Mn, ⁵⁹Fe, ⁶⁰Co, ⁹⁵Zr, ⁹⁵Nb и ¹³¹I. Максимальные зарегистрированные значения объемных активностей радионуклидов были ниже нормативных ДОО_{НАС} по НРБ-99/2009 (СанПиН ..., 2009) на шесть и более порядков» (Радиационная обстановка ..., 2019, стр. 206).

В 2018 г. среднегодовые объемные активности ⁹⁰Sr в Курске снизились в 1.4 раза по сравнению с 2017 г. и были в 1.2 раза выше средневзвешенного значения по территории Центра ЕТР, а в Курчатове увеличились в 3.1 раза по сравнению с 2017 г. и были в 1.8 раза выше уровня средневзвешенного значения по территории Центра ЕТР. Объемная активность изотопов ²³⁹⁺²⁴⁰Pu в приземном слое воздуха г. Курска в 2018 г. ($1.51 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³), что в 2.2 раза больше прошлогодних показателей, в то время как объемная активность ²³⁸Pu составила $0.24 \cdot 10^{-9}$ Бк/м³, что в 3.8 раза меньше, чем в 2017 г.

По данным ЛВРК КуАЭС, в 2018 г. радионуклидный состав атмосферного воздуха в СЗЗ и зоне наблюдения существенно не изменился. В зоне наблюдения и на контрольном пункте Селекционный регистрировался тот же состав радионуклидов, что и в СЗЗ. В зоне наблюдения содержание большинства регистрируемых радионуклидов по сравнению с 2017 г. осталось на том же уровне или увеличилось. Объемная активность ¹³⁷Cs в зоне наблюдения ($21 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³) увеличилась в 1.3 раза и в 6.2 раза превышала фоновую для Центра ЕТР ($3.4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³). Объемные активности техногенных радионуклидов в воздухе СЗЗ, зоне наблюдения КуАЭС и контрольного пункта были на 6-7 порядков ниже допустимых уровней, установленных НРБ-99/2009 (СанПиН ..., 2009).

В 2018 г. среднегодовые суточные значения $\Sigma\beta$ активности выпадений в 100-км зоне КуАЭС составляли $0.6-0.8$ Бк/м²·сутки, что находится примерно на уровне среднего значения для Центрально-Черноземных областей. Наибольшие годовые значения $\Sigma\beta$ выпадений были зарегистрированы в г. Курчатове – 288.0 Бк/м²·год. Максимальное суточное значение было зарегистрировано в январе в г. Курск – 5.7 Бк/м²·сутки (Радиационная обстановка ..., 2019).

В г. Курчатове в 2018 г. годовые выпадения ¹³⁷Cs были в 2.2 раза ниже средних значений на незагрязненных территориях Центра ЕТР (0.22 Бк/м²·год), а в районе точки наблюдений № 12 не отличались от них.

По данным ЛВРК АЭС, в 2018 г. среднегодовые выпадения ⁶⁰Co в зоне наблюдения Курской АЭС увеличились по сравнению с 2017 г. и составили меньше 0.03 Бк/м²·сутки. Среднегодовые выпадения ¹³⁷Cs уменьшились в 3 раза и составили 0.02 Бк/м²·сутки.

Вода, донные отложения. В 2018 г. ЛВРК КуАЭС ежемесячно при помощи ручных пробоотборников отбирала пробы воды из открытых водоемов (водоема-охладителя и р. Сейм), общий объем материалов составил не менее 40 л.

УГМС ЦЧО также ежемесячно при маршрутных обследованиях в 20-км зоне КуАЭС проводило отбор проб поверхностных вод (рис. 5), в ходе анализа ежемесячно определяло объемную $\Sigma\beta$ активность, а радионуклидный состав рассчитывало по каждой точке в объединенных за год пробах. По данным УГМС ЦЧО, в 2018 г. средние за год значения объемной $\Sigma\beta$ активности в пруде-охладителе в 2.7 раза превышали фоновое значение,

р. Сейм в 100 м ниже сброса промливневой канализации – в 1.6, р. Реут – в 1.7. Объемная $\Sigma\beta$ активность во всех точках отбора была значительно ниже контрольного уровня (1 Бк/л) по НРБ-99/2009 для питьевой воды (СанПиН ..., 2009).

По данным ЛВРК КуАЭС, в воде водоема-охладителя и р. Сейм регистрировался ^{137}Cs , активность которого составляла 10.3-21.7 Бк/м³ (Радиационная обстановка ..., 2019).

В районе КуАЭС водопотребление на коммунально-бытовые нужды осуществляется только из подземных источников. Для питьевых целей в г. Курчатове используется смешанная вода, отобранная из Тарасовского и Дичнянского водозаборов. Результаты анализов проб питьевой воды показали, что в 2018 г. объемные альфа- и бета-активности радионуклидо не превышали 0.2 и 1.0 Бк/кг соответственно.

Контроль содержания радиоактивных веществ в донных отложениях осуществлялся ЛВРК КуАЭС в сбросном канале водоема-охладителя и в 3 точках водоема-охладителя, расположенных от места сброса теплых вод до подводящего канала, а также в р. Сейм. Результаты анализа проб донных отложений показали, что удельная активность ^{137}Cs изменялась в диапазоне от <0.5 до 3.2 Бк/кг воздушно-сухой массы. Их максимальное загрязнение ^{137}Cs наблюдалось в водоеме-охладителе в районе Центра гигиены и эпидемиологии-125 и Лаборатории внешней дозиметрии и составило 3.2 Бк/кг воздушно-сухой массы. Зарегистрированные ЛВРК уровни содержания радионуклидов в донных отложениях были на 3-4 порядка ниже нормативов, установленных для КуАЭС Минприроды от 30.11.2006 (10⁴ Бк/кг для ^{137}Cs и ^{60}Co). Удельная $\Sigma\gamma$ активность радионуклидов в донных отложениях в 2018 г. сопоставима с удельной $\Sigma\gamma$, усредненной за последние 5 лет (Радиационная обстановка ..., 2019).

Для контроля содержания радионуклидов в грунтовых водах ЛВРК КуАЭС регулярно отбирала пробы воды при помощи ручных пробоотборников из контрольных скважин, расположенных вокруг хранилищ жидких отходов (ХЖО), хранилищ отработанного ядерного топлива, хранилищ жидких и твердых отходов (ХЖТО), хранилищ твердых радиоактивных отходов, по периметру вокруг главных корпусов первой и второй очереди. В 2018 г. измерение объемной $\Sigma\beta$ активности воды проводили с помощью малофоновой установки УМФ-2000 (диапазон измерений $\Sigma\beta$ активности от 0.1 до 3·10³ Бк с погрешностью не более 15%). В 2018 г. среднегодовая объемная $\Sigma\beta$ активность воды в контрольных скважинах не превышала контрольного уровня по НРБ-99/2009 – 1 Бк/л, максимальное значение – 190 Бк/м³ в скважине 4 ХЖТО (СанПиН ..., 2009).

Снег, почва, растительность. По данным УГМС ЦЧО в 2018 г. наибольшая среднегодовая объемная $\Sigma\beta$ активность радионуклидов в талой воде (69 мБк/л) наблюдалась в точке 12. Наибольшая среднегодовая плотность загрязнения снежного покрова $\Sigma\beta$ активности радионуклидов (1.2 Бк/м²) наблюдалась там же (рис. 5, табл. 10). Значения объемной $\Sigma\beta$ активности радионуклидов в талой воде и плотности загрязнения снега $\Sigma\beta$ активности в точке наблюдения 12 превысили значения в фоновой точке в 1.3 каждое. Среднегодовая объемная $\Sigma\beta$ активность в талой воде и плотности загрязнения снежного покрова $\Sigma\beta$ активности в других пунктах наблюдения в основном не превышали фоновые значения.

Пробы почвы отбирались ЛВРК КуАЭС из поверхностного слоя земли в местах расположения пунктов отбора проб атмосферных аэрозолей и выпадений. Результаты их анализа показали, что основным техногенным радионуклидом в них является ^{137}Cs . В 2018 г. средние значения поверхностной плотности ^{137}Cs в почве в СЗЗ и зоне наблюдения составляли 4.0 и 3.5 кБк/м² соответственно, в контрольном пункте (г. Льгов) – 1.1 кБк/м² при средних значениях за последние пять лет 2.6 кБк/м² для СЗЗ; 3.0 кБк/м² для зоны наблюдения и 3.0 кБк/м² для контрольного пункта. Поверхностная плотность загрязнения почвы ^{60}Co составляла 340 Бк/м² в СЗЗ, меньше 99 Бк/м² в зоне наблюдения и меньше 100 Бк/м²

в контрольном пункте (Радиационная обстановка ..., 2019).

Таблица 10. Содержание $\Sigma\beta$ в снеге в 20-км зоне вокруг КуАЭС (данные УГМС ЦЧО; Радиационная обстановка ..., 2019, с. 211). **Table 10.** The content of $\Sigma\beta$ in the snow in the 20-km zone around the the Kursk Nuclear Power Plant (data from the Territorial Administration for Hydrometeorological and Environmental Monitoring of the Central Committee of Emergencies; Радиационная обстановка ..., 2019, p. 211).

Точки отбора пробы (рис. 5)	Плотность загрязнения, Бк/м ²		Объемная активность в талой воде, мБк/л	
	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.
т. 1 – 3 км на юго-запад от д. Дичня	0.7	0.8	44	40
т. 2 – 0.6 км на юго-запад от д. Лукашевка	0.7	2.3	43	70
т. 4 – северная окраина д. Иванино	0.8	1.9	45	80
т. 5 – западная окраина д. Большие Угоны	0.4	3.2	24	110
т. 7 – северо-восточный выезд из д. Макаровка	0.3	1.8	18	70
т. 8 – 3 км на восток от д. Макаровка	0.6	4.2	68	170
т. 10 – 0.5 км к востоку от п. Дроняевский	0.8	2.9	46	130
т. 12 – 2 км к востоку от д. Дичня	1.2	1.8	69	50
т. 13 – метеостанция г. Курск (фон)	0.9	1.0	52	60

Радиоактивное загрязнение растительного покрова в районе возможного влияния газоаэрозольных выбросов из вентиляционной трубы АЭС в 2018 г. контролировалось УГМС ЦЧО при ежемесячных маршрутных обследованиях в 20-км зоне КуАЭС с мая по июль в восьми точках, совпадающих с точками отбора проб снега (рис. 5), и на аэрологической станции в Курске (фоновая точка). В пробах растительности регулярно определялась удельная активность ¹³⁷Cs и природных радионуклидов ⁴⁰K, ⁷Be, ²¹⁰Pb, ²³²Th. Среднее содержание ¹³⁷Cs в растительности в 2018 г. составило 1.1 Бк/кг в.-с., что в 1.1 раза ниже значения 2017 г. (1.2 Бк/кг в.-с.). В целом, в 2018 г. среднегодовые значения активностей техногенных и природных радионуклидов незначительно отличались от средних значений 2017 г., однако в некоторых точках превышали фоновые значения.

В 2018 г. ЛВРК КуАЭС для анализа на содержание радионуклидов отобрала продукты питания местного производства. Удельная активность ¹³⁷Cs в них оказалась намного ниже нормативов (СанПиН ..., 2001): яблоки – <1.1 Бк/кг сырой массы, грибы – 3.8 Бк/кг, картофель – <1.1 Бк/кг, рыба – меньше 0.8 Бк/кг, пшеница – <1.0 Бк/кг, ячмень – <1.2 Бк/кг, овес – <1.5 Бк/кг, свекла – <1.2 Бк/кг, мясо – <1.1 Бк/кг, молоко – <0.8 Бк/кг. Содержание ¹³¹I в молоке составило менее 0.5 Бк/кг сырой массы. Полученные значения удельной активности радионуклидов сопоставимы с уровнями активностей продуктов питания в 2017 г. (Радиационная обстановка ..., 2019).

Радиационный фон на местности. По данным ежемесячных измерений МАЭД, проводимых УГМС ЦЧО во время маршрутных обследований 20-км зоны вокруг КуАЭС, в 2018 г. МАЭД изменялась в пределах от 0.08 до 0.18 мкЗв/ч при среднем значении за год 0.13 мкЗв/ч, что соответствует колебаниям естественного γ -фона. Среднемесячные значения МАЭД в 100-км зоне, по данным 12 пунктов наблюдения, находились на уровне предыдущих лет и изменялись от 0.10 до 0.15 мкЗв/ч (Фатеж). Максимальные суточные значения МАЭД не превышали 0.18 мкЗв/ч.

По данным автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (АСКРО) КуАЭС, в 2018 г. среднегодовая величина МАЭД в СЗЗ и зоне наблюдения составила 0.10 и

0.11 мкЗв/ч соответственно. По измерениям, проводимым во время регламентных маршрутных обследований, среднегодовое значение МАЭД в СЗЗ и зоне наблюдения составило 0.12 мкЗв/ч, что незначительно отличается по величине от значений МАЭД предпускового периода станции в 1975 г. – 0.11 мкЗв/ч. Среднее значение МАЭД на промплощадке составило 0.19 мкЗв/ч (Радиационная обстановка ..., 2019).

Годовая доза на местности в зоне наблюдения КуАЭС изменялась от $1.06 \cdot 10^{-3}$ Зв до $1.10 \cdot 10^{-3}$ Зв, т.е. на уровне значения $1.11 \cdot 10^{-3}$ Зв в контрольном п. Селекционный, расположенном в 30 км от АЭС. Для населения, проживающего в зоне наблюдения КуАЭС, были рассчитаны радиационные риски от поступления техногенных радионуклидов в организм человека (от ингаляции, потребления воды, потребления продуктов питания) и внешнего облучения от почвы. Среднегодовой суммарный риск за период 2000-2018 г. составил $3.3 \cdot 10^{-7}$, что не превышает уровня пренебрежимо малого риска 10^{-6} .

Представленные данные позволяют сделать вывод, что воздействие Курской АЭС на радиационную обстановку в районе ее расположения незначительно. В 2018 г. по сравнению с 2017 г. в 3.8 раза увеличились сбросы трития в реку Сейм, не превысившие, однако, 0.13% от допустимых. Согласно данным мониторинга, в приземном воздухе Курска и Курчатова в 2018 г. наблюдались техногенные радионуклиды ^{54}Mn , ^{59}Fe , ^{60}Co , ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I , отсутствующие в составе глобального фона. Однако их объемные активности были на 7-8 порядков ниже допустимых по НРБ-99/2009 (СанПиН ..., 2009).

29 апреля 2018 года положено начало в строительстве станции замещения – КуАЭС-2, поскольку существует необходимость в сохранении и развитии электрической и тепловой энергии, а ресурс реакторов первой очереди в скором времени будет исчерпан. Планируется построить два энергоблока ВВЭР-ТОИ (водо-водяной энергетический реактор – типовой оптимизированный информатизированный поколения III+) с проектной мощностью 2510 МВт (Сайт Курской АЭС).

Нововоронежская атомная станция (НВАЭС) является первой из отечественных атомных станций с реакторами типа ВВЭР. Она расположена на левом берегу р. Дон в Каширском районе Воронежской области. Энергоблоки №№ 1 и 2 остановлены в 1984 и 1990 гг. Из этих энергоблоков вывезено ядерное топливо, и они переведены в ядерно-безопасное состояние. В настоящее время в эксплуатации находятся три энергоблока. С 1995 г. на НВАЭС осуществляется поэтапная модернизация энергоблоков для приведения их в соответствие с современными стандартами безопасности. На энергоблоках № 3 и №4 впервые в Европе был выполнен уникальный комплекс работ по продлению сроков эксплуатации на 15 лет (до 2016 и 2017 гг. соответственно), получены соответствующие лицензии Ростехнадзора. 27 февраля 2017 г. в эксплуатацию был введен энергоблок №1 Нововоронежской АЭС-2 (блок № 6 НВАЭС-2), а 31 октября 2019 года – энергоблок № 2 (блок № 7 НВАЭС-2; АО «Концерн Росэнергоатом»).

Поскольку выбросы на АЭС осуществляются через вентиляционные трубы энергоблоков, вентиляционная система горячей камеры и хранилища радиоактивных отходов, граница СЗЗ вокруг НВАЭС представляет собой объединение двух окружностей: одна радиусом 2.25 км – от вентиляционных труб 3 и 4 энергоблоков, другая радиусом 2 км от трубы блока № 5. Площадь СЗЗ составляет приблизительно 18 км².

Граница СЗЗ блоков № 6 и №7 (№ 1 и №2 НВАЭС-2) определена в границах, образованных периметром ограждения площадки 6 и 7 блоков общей площадью 76.79 га, и находится внутри СЗЗ Нововоронежской АЭС.

Зона наблюдения имеет радиус 20 км с центром на середине линии, соединяющей вентиляционные трубы 3, 4 и 5 энергоблоков. Внешняя граница СЗЗ совпадает с внутренней границей зоны наблюдения, площадь которой – приблизительно 2826 км². Зона наблюдения блоков № 6 и №7 (№ 1 и №2 НВАЭС-2) имеет радиус 13 км и находится внутри зоны

наблюдений НВАЭС (Радиационная обстановка ..., 2019).

На правом берегу р. Дон находятся два населенных пункта – с. Архангельское и д. Пашенково, на окраине которых несколько жилых домов расположены на внешней границе СЗЗ. К северу от промплощадки на расстоянии 3-7 км расположен г. Нововоронеж, а в 45 км к северу и в 50 км к юго-востоку находятся два крупных населенных пункта: г. Воронеж (около 1039 тыс. жителей) и г. Лиски (54 тыс. жителей).

В 2018 г. по сравнению с 2017 г. годовые выбросы таких изотопов, как ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , и инертных радиоактивных газов уменьшились в 11.1, 1.5, 1.3 и 3 раза соответственно, а поступление в атмосферу ^{60}Co увеличилось в 2.5 раза. Число нормируемых радионуклидов увеличилось. В частности, в 2018 г. осуществлялся контроль выбросов таких радиологически значимых радионуклидов, как углерод-14 и тритий, поступление в атмосферу которых составило соответственно 0.24 и 0.046% от допустимых выбросов. Выбросы остальных контролируемых радионуклидов также были значительно ниже допустимых. В 2018 г. не наблюдалось случаев превышения суточных контрольных уровней выбросов радионуклидов.

Основными источниками водопользования в районе НВАЭС являются р. Дон, пруд-охладитель блока № 5, пруды рыбопроизводного хозяйства «Нововоронежский» (рыбхоз), артезианские водозаборы подземных вод. Наливной пруд-охладитель блока № 5 расположен в пойме р. Дон выше береговой насосной станции. Он используется не только для нужд НВАЭС, но и населением г. Нововоронежа для рыбохозяйственных, рекреационных и других целей (Радиационная обстановка ..., 2019).

Данные по водоотведению и сбросу радионуклидов со сточными водами НВАЭС с учетом разгрузки подземных вод представлены в таблице 11. В соответствии с ними годовые сбросы ^{137}Cs в открытую гидрографическую сеть (р. Дон) в 2018 г. не превышали 3.8% от допустимого сброса, в пруд-охладитель – 21.4%, в рыбопитомник «Воронежский» – 18.8%. Годовой сброс ^{60}Co в р. Дон с загрязненными подземными водами из района ХЖО-2 в 2018 г. не превышал 1.6% от допустимого сброса, в пруд-охладитель – 33.3%, в рыбопитомник «Нововоронежский» – 8.1%.

В соответствии с требованиями пункта 4.1 «Положения о годовых отчетах по оценке состояния безопасной эксплуатации энергоблоков атомных станций» (СТО 1.1.1.04.001.0143-2015, 2015), в случае, если существующими на АЭС приборами и методами некоторые радионуклиды, нормируемые в сбросах, не определяются, фактическому сбросу нормируемого радионуклида присваивается значение 1/2 произведения нижнего предела измерения на суммарный объем сброса. В число таких радионуклидов (в сбросах на поля фильтрации НВАЭС и в р. Дон) входят ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{58}Co , ^{59}Fe , ^{103}Ru , ^{106}Ru , ^{141}Ce , ^{144}Ce .

Радиационный мониторинг окружающей среды вокруг НВАЭС в радиусе до 50 км проводится ЛВРК НВАЭС, а в радиусе до 100 км – УГМС ЦЧО.

По данным ежегодного издания ФГБУ НПО «Гайфун» (Радиационная обстановка ..., 2019, стр. 224), «в 2018 г. ЛВРК НВАЭС контролировались следующие характеристики радиоактивного загрязнения окружающей среды:

– объемная активность радионуклидов в приземном слое воздуха – на 7 стационарных постах, один из которых расположен на промплощадке, два – в СЗЗ, три – в зоне наблюдения и один – в контрольном пункте (г. Лиски в 50 км в юго-восточном направлении от АЭС). Пробы отбирались непрерывно с помощью стационарных аспирационных установок типа ФВА-49;

– радиоактивность атмосферных выпадений – на 20 стационарных постах, расположенных на промплощадке, в СЗЗ и в контрольном пункте (г. Лиски), с помощью кювет с площадью 0.25 м² и высотой бортиков 10 см, в качестве сорбирующей поверхности использовалась фильтровальная беззольная бумага, время экспозиции 7-10 дней;

– содержание техногенных радионуклидов в воде открытых водоемов, донных отложениях, рыбе открытых водоемов, в подземных водах на территории промплощадки и

СЗЗ, а также в питьевой артезианской воде;

– содержание радионуклидов в почве, в сельскохозяйственной продукции местного производства (молоке, мясе, рыбе, зерне, картофеле);

– МАЭД с помощью системы АСКРО НВАЭС, состоящей из 22 постов, и во время маршрутных обследований;

– годовая поглощенная доза γ -излучения на местности на 33 стационарных дозиметрических постах.

Таблица 11. Годовые сбросы радионуклидов на НВАЭС, Бк (Радиационная обстановка ..., 2019, с. 223). **Table 11.** Annual discharges of radionuclides at the Novovoronezh Nuclear Power Plant, Bq (Радиационная обстановка ..., 2019, p. 223).

Приемник сточных вод	Наименование радионуклида	Допустимый сброс	Фактический сброс		Увеличение (+), снижение (-) сбросов в 2018 г. по сравнению с 2017 г.
			2018 г.	2017 г.	
р. Дон	^3H	$1.0 \cdot 10^{15}$	$8.4 \cdot 10^{11}$	$9.5 \cdot 10^{11}$	$-1.1 \cdot 10^{11}$
	^{60}Co	$1.1 \cdot 10^{11}$	$1.8 \cdot 10^9$	$2.0 \cdot 10^9$	$-1.9 \cdot 10^8$
	^{131}I	$2.5 \cdot 10^{11}$	$1.5 \cdot 10^9$	$1.8 \cdot 10^9$	$-3.4 \cdot 10^8$
	^{134}Cs	$4.6 \cdot 10^9$	$2.9 \cdot 10^8$	$3.7 \cdot 10^8$	$-7.8 \cdot 10^7$
	^{137}Cs	$7.6 \cdot 10^9$	$2.9 \cdot 10^8$	$3.7 \cdot 10^8$	$-7.8 \cdot 10^7$
Пруд-охладитель блока № 5	^3H	$8.2 \cdot 10^{13}$	$9.2 \cdot 10^{11}$	$9.2 \cdot 10^{11}$	0
	^{60}Co	$6.6 \cdot 10^9$	$2.2 \cdot 10^9$	$1.8 \cdot 10^9$	$+4.5 \cdot 10^8$
	^{131}I	$5.3 \cdot 10^{11}$	$2.2 \cdot 10^9$	$1.8 \cdot 10^9$	$+4.5 \cdot 10^8$
	^{134}Cs	$1.9 \cdot 10^9$	$4.5 \cdot 10^8$	$3.5 \cdot 10^8$	$+1.0 \cdot 10^8$
	^{137}Cs	$2.1 \cdot 10^9$	$4.5 \cdot 10^8$	$3.5 \cdot 10^8$	$+1.0 \cdot 10^8$
Хозфекальная канализация, поля фильтрации НВАЭС	^3H	$7.5 \cdot 10^{13}$	$1.5 \cdot 10^{13}$	$1.7 \cdot 10^{13}$	$-2.3 \cdot 10^{12}$
	^{60}Co	$9.6 \cdot 10^9$	$2.3 \cdot 10^7$	$1.8 \cdot 10^7$	$+4.3 \cdot 10^6$
	^{131}I	$1.3 \cdot 10^{12}$	$1.6 \cdot 10^7$	$1.9 \cdot 10^7$	$-3.4 \cdot 10^6$
	^{134}Cs	$9.6 \cdot 10^9$	$1.6 \cdot 10^7$	$1.5 \cdot 10^7$	$+8.0 \cdot 10^5$
	^{137}Cs	$7.5 \cdot 10^{10}$	$3.1 \cdot 10^7$	$2.1 \cdot 10^7$	$+1.1 \cdot 10^7$
Водовыпуск системы продувки, р. Дон	^3H	$1.0 \cdot 10^{15}$	$4.8 \cdot 10^{12}$	$8.6 \cdot 10^{12}$	$-3.8 \cdot 10^{12}$
	^{60}Co	$2.4 \cdot 10^{10}$	$1.1 \cdot 10^8$	$2.9 \cdot 10^8$	$-1.8 \cdot 10^8$
	^{131}I	$6.3 \cdot 10^{11}$	$7.2 \cdot 10^7$	$3.2 \cdot 10^8$	$-2.5 \cdot 10^8$
	^{134}Cs	$1.5 \cdot 10^{10}$	$7.5 \cdot 10^7$	$2.9 \cdot 10^8$	$-2.2 \cdot 10^8$
	^{137}Cs	$2.4 \cdot 10^{10}$	$8.5 \cdot 10^7$	$3.0 \cdot 10^8$	$-2.1 \cdot 10^8$
Рыбопитомник «Нововоронежский»	^3H	$1.0 \cdot 10^{13}$	$1.6 \cdot 10^{10}$	$1.8 \cdot 10^{10}$	$-1.9 \cdot 10^9$
	^{60}Co	$7.0 \cdot 10^8$	$5.7 \cdot 10^7$	$3.8 \cdot 10^7$	$+1.9 \cdot 10^7$
	^{131}I	$5.0 \cdot 10^{10}$	$3.8 \cdot 10^7$	$3.8 \cdot 10^7$	$+2.0 \cdot 10^5$
	^{134}Cs	$4.6 \cdot 10^7$	$7.6 \cdot 10^6$	$7.6 \cdot 10^6$	$+5.0 \cdot 10^4$
	^{137}Cs	$4.2 \cdot 10^7$	$7.9 \cdot 10^6$	$7.6 \cdot 10^6$	$+3.5 \cdot 10^5$

В 2018 г. УГМС ЦЧО в 100-км зоне вокруг НВАЭС проводило наблюдения (рис. 6):

– за объемной активностью радионуклидов в воздухе г. Нововоронежа путем отбора проб с помощью воздухо-фильтрующей установки «Тайфун-3А» на ткань ФПП-15-1.5 с экспозицией 5 дней;

– за радиоактивностью атмосферных выпадений в 5 пунктах с помощью горизонтальных

планшетов с суточной экспозицией;

– МАЭД на 13 стационарных постах каждые три часа».

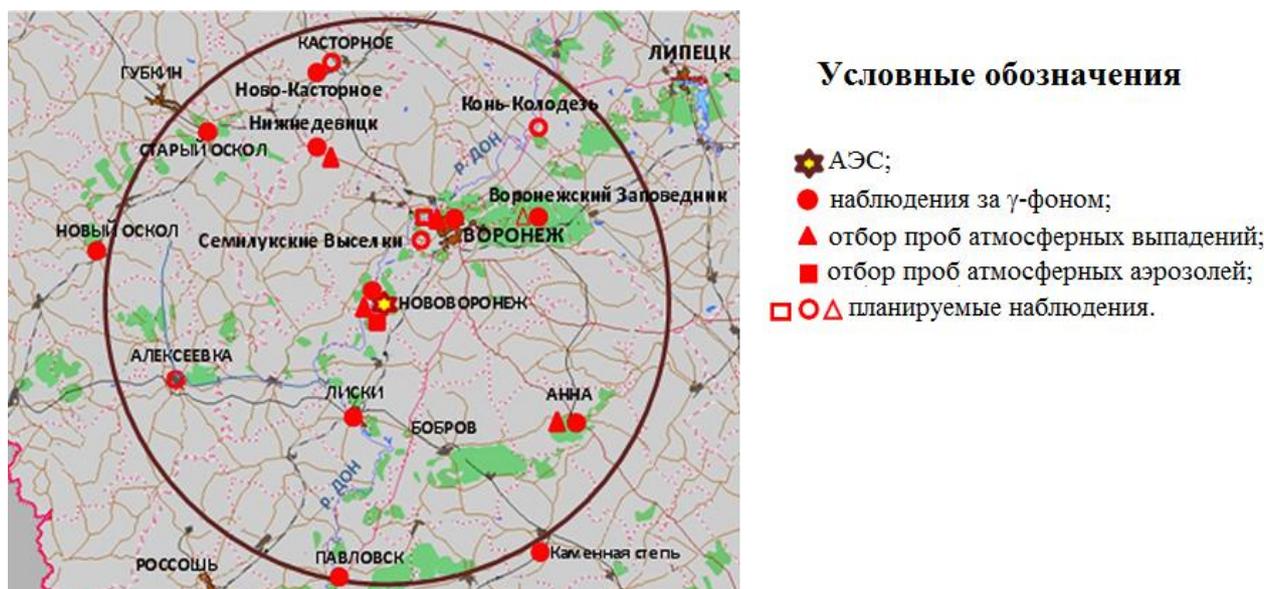


Рис. 6. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг НВАЭС.
Fig. 6. Location of radiation monitoring points in the 100-km zone around the Novovoronezh Nuclear Power Plant.

Приземная атмосфера. По данным ЛВРК НВАЭС, в 2018 г. по сравнению с 2017 г. состав атмосферного воздуха в СЗЗ и зоне наблюдения существенно не менялся по качественному составу радионуклидный. В СЗЗ среднегодовые объемные активности ^{60}Co и ^{137}Cs уменьшились в 1.3 и 1.6 раза соответственно, а активности ^{54}Mn и ^{58}Co увеличились в 5.9 и 1.7 раза соответственно. В зоне наблюдения среднегодовые объемные активности ^{58}Co были ниже минимально детектируемой активности, среднегодовые объемные активности ^{60}Co и ^{137}Cs увеличились в 2.7 и 1.2 раза по сравнению с предыдущим годом. Объемная активность ^{137}Cs в СЗЗ, зоне наблюдения и контрольном пункте изменялась в пределах $(15.5-20.0) \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что примерно в 4.6-5.9 раз выше средневзвешенной объемной активности для Центра ЕТР – $3.4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³.

Согласно данным УГМС ЦЧО (Радиационная обстановка ..., 2019), в 2018 г. объемная $\Sigma\beta$ активность в приземном слое атмосферы составила $18.3 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что в 1.1 раза ниже средневзвешенной активности в центре ЕТР – $19.6 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³. Среднегодовые суточные значения $\Sigma\beta$ активности выпадений в 2018 г. в различных пунктах 100-км зоны немного уменьшились по сравнению с 2017 г. и были чуть ниже среднегодового фонового значения для Центра ЕТР – 0.9 Бк/м²·сутки. Максимальные суточные значения $\Sigma\beta$ активности выпадений наблюдались в п. Лиски в январе и составили 5.2 Бк/м²·сутки.

Из радионуклидов техногенного происхождения в пробах выпадений в г. Нововоронеже и в зоне № 13³ присутствовал ^{137}Cs . Его годовые выпадения в 2018 г. в городе уменьшились в 7.5 раз по сравнению с 2017 г., в зоне № 13 – в 7.5 раз и составили 0.06 Бк/м²·год.

По данным ЛВРК НВАЭС (Радиационная обстановка ..., 2019), в 2018 г. ^{137}Cs и ^{60}Co регистрировались в выпадениях в СЗЗ и контрольном пункте (Лиски). Выпадения составили

³ Зона 13 – это 100 км зона в окружении НВАЭС, в которую входят точки наблюдения на метеостанциях Анна, Воронеж, Лиски и Нижнедевицк (метеостанции расположены в этой зоне).

1.4 и 0.6 Бк/м²·год соответственно, в контрольном пункте – 1.2 и 0.4 Бк/м²·год. При этом общая активность выпадения радионуклидов в 2018 г. в СЗЗ немного увеличилась по сравнению с предыдущим годом, а в контрольном пункте Лиски уменьшилась в 2.1 раза.

Вода и другие объекты окружающей среды. Содержание радионуклидов в воде открытых водоемов в 2018 г. определялось ЛВРК НВАЭС в местах постоянного мониторинга: в р. Дон – в 7 точках, в пруде-охладителе – в 2 точках и в пруде рыбхоза – в одной точке.

В 2018 г. объемная активность ¹³⁷Cs в воде р. Дон, пруда-охладителя и рыбопроизводных прудах рыбхоза «Нововоронежский» почти не изменилась по сравнению с уровнем 2017 г., колеблясь в диапазоне от 6 до 8 Бк/м³, что на 3 порядка ниже уровня вмешательства при поступлении радионуклидов с водой для населения по НРБ-99/2009 – 11 Бк/л (СанПиН ..., 2009). Объемная активность ⁶⁰Со в поверхностных водах в 2018 г. была ниже предела обнаружения. Объемная активность трития в поверхностных водах составляла от 4 (6 км выше сброса блоков № 1 и №2) до 209 Бк/кг (Старица).

Содержание ¹³⁷Cs и ⁶⁰Со в питьевой воде водозабора НВАЭС и водозабора профилактория НВАЭС было ниже предела обнаружения, содержание трития – 2 Бк/кг (Радиационная обстановка ..., 2019).

ЛВРК НВАЭС также проводит мониторинг содержания техногенных радионуклидов в донных отложениях р. Дон, пруда-охладителя и рыбопроизводных прудов рыбхоза «Нововоронежский». Наличие ⁶⁰Со в отложениях, отобранных в р. Дон ниже устья сбросного канала блоков № 1 и №2 и в рыбопроизводных прудах рыбхоза «Нововоронежский», по данным АЭС, прослеживается с 1995 г. Удельные активности ¹³⁷Cs и ⁶⁰Со в отложениях рыбопроизводного пруда в 2018 г. составили 3.6 и 0.3 Бк/кг в.-с. соответственно. В пруде-охладителе удельная активность ¹³⁷Cs в отложениях составила 0.8-1.0 Бк/кг воздушно-сухой массы. В р. Дон удельная активность ¹³⁷Cs изменялась в диапазоне от 1.3 до 16.0 Бк/кг воздушно-сухой массы; ⁶⁰Со – от предела обнаружения до 29.0 Бк/кг воздушно-сухой массы (в сбросном канале блоков № 1 и №2).

Мониторинг грунтовых вод на участке радиоактивного загрязнения в районе ХЖО-2 в 2018 г. проводился ЛВРК в 17 контрольных скважинах. Загрязнение подземных вод в районе ХЖО-2 по-прежнему в основном обусловлено ⁶⁰Со. В воде в 12-и контрольных скважинах из 17-и был обнаружен ⁶⁰Со, среднегодовая объемная активность которого изменялась от 0.2 до 9.0 Бк/кг, что находится ниже уровня вмешательства по среднегодовому содержанию в воде ⁶⁰Со – 40 Бк/л по НРБ-99/2009 (СанПиН ..., 2009). В других скважинах как в зоне загрязнения, так и вне зоны, объемная активность ⁶⁰Со, ¹³⁷Cs и ³H в воде была значительно ниже критерия уровня вмешательства при поступлении радионуклидов с водой для населения по НРБ-99/2009⁴ (Радиационная обстановка ..., 2019).

Плотность загрязнения почвы ¹³⁷Cs в 2018 г. в СЗЗ и зоне наблюдения отсоставляла 1.5 и 2.5 кБк/м² соответственно, в контрольном пункте Лиски – 3.9 кБк/м². Такие показатели объясняются последствиями радиоактивных выпадений после аварии на Чернобыльской АЭС.

Содержание ¹³⁷Cs в местной сельскохозяйственной продукции в 2018 г. было более чем на 3 порядка ниже нормативов (СанПиН ..., 2001). Наибольшие значения отмечены в мясе – 0.14 Бк/кг, в то время как в картофеле и пшенице содержание радионуклида было ниже предела обнаружения, в молоке содержание ¹³⁷Cs составило 0.03 Бк/кг сырой массы, ¹³¹I в молоке контрольного стада не обнаружен.

Среднегодовые значения МАЭД в 2018 г. вне загрязненных участков в СЗЗ и зоне наблюдения, по данным АСКРО НВАЭС, составляли 0.09-0.10 мкЗв/ч. По данным наблюдений УГМС ЦЧО (Радиационная обстановка ..., 2019), в 100-км зоне вокруг НВАЭС

⁴ НРБ-99/2009 – санитарные нормы, регламентирующие допустимые уровни воздействия ионизирующего излучения и другие требования по ограничению облучения человека (СанПин 2.6.1.2523-09)

в 2018 г. среднемесячные значения МАЭД изменялись от 0.08 до 0.15 мкЗв/ч. Максимальное измеренное значение МАЭД наблюдалось в пп. Старый Оскол и Нижнедевицк – 0.17 мкЗв/ч. Эти значения практически не отличаются от результатов 2017 г.

Годовая накопленная доза внешнего облучения, по данным ЛВРК НВАЭС, в зоне наблюдения варьировала в диапазоне 0.52-1.04 мЗв, что несколько выше в некоторых пунктах наблюдений значения, полученного в контрольном пункте Лиски, – 0.62 мЗв. В СЗЗ годовая доза внешнего облучения варьировала в диапазоне 0.54-0.90 мЗв.

Для населения, проживающего в зоне наблюдения НВАЭС, были рассчитаны радиационные риски от поступления техногенных радионуклидов в организм человека (от ингаляции, потребления воды, потребления продуктов питания) и внешнего облучения от почвы по методике И.И. Крышева с соавторами (2014). Среднегодовой суммарный дополнительный риск для населения за период 2000-2018 гг. составил $9.0 \cdot 10^{-8}$, что не превышает значения пренебрежимо малого риска 10^{-6} (Радиационная обстановка ..., 2019).

Из анализа приведенных выше данных следует, что НВАЭС оказывает незначительное влияние на радиационную обстановку. Обнаружено присутствие ^{60}Co в донных отложениях р. Дон и рыбопитомнике «Нововоронежский». В 2018 г. в приземной атмосфере СЗЗ и зоне наблюдения НВАЭС наблюдались отсутствующие в составе глобального радиоактивного фона ^{60}Co , ^{54}Mn , был превышен региональный уровень по объемной активности ^{137}Cs . Наблюдаемые объемные активности контролируемых радионуклидов в приземном воздухе на 7-8 порядков ниже нормативных уровней, установленных НРБ-99/2009 (СанПиН ..., 2009).

Смоленская атомная станция (САЭС) расположена на юге Смоленской области, в 3 км от г. Десногорска и в 35 км от г. Рославля. Ближайшие региональные центры находятся на следующем удалении от станции: Смоленск – 150 км, Брянск – 180 км. Основная река в районе расположения станции – Десна с притоками, впадающая в р. Днепр, на которой для промышленного водоснабжения построено водохранилище площадью зеркала 42.2 км². Плотина расположена в месте впадения в р. Десну ее правого притока р. Сельчанки, в 7 км от п. Екимовичи. На САЭС эксплуатируются три энергоблока (№№ 1 и 2 – первая очередь, № 3 – вторая очередь), введенные в эксплуатацию в 1982, 1985 и 1990 гг. соответственно, с уран-графитовыми канальными реакторами РБМК-1000 одноконтурного типа общей проектной электрической мощностью 3000 МВт (Радиационная обстановка ..., 2019).

СЗЗ САЭС определена кругом радиусом 3 км. Размер зоны наблюдения для первой и второй очереди станции определен кругом радиусом 30 км с центром по оси вентиляционной трубы главного корпуса первой очереди. Площадь зоны наблюдения – 2797.7 км². Численность населения, проживающего в этой зоне, составляет 125.9 тыс. человек: городское – 104.7 тыс., сельское – 21.2 тыс.

В конце 2017 г. введен в эксплуатацию комплекс переработки радиоактивных отходов Смоленской АЭС. На территории промплощадки второй очереди находится комплекс зданий, входящих в систему обращения радиоактивных отходов, в которую входят ХЖТО, ХЖО и ХЖО-2. Для хранения отработавшего ядерного топлива оборудовано ХОЯТ, расположенное на территории промплощадки второй очереди.

Радионуклиды поступают в окружающую среду с газоаэрозольными выбросами через вентиляционные трубы (ВТ-1, ВТ-2), данные о содержании подконтрольных радионуклидов в газоаэрозольных выбросах САЭС в 2018 г. представлены в таблице 12.

В 2018 г. значения всех годовых выбросов не превышали установленных нормативов. Выбросы ^{60}Co , ^{134}Cs и ^{137}Cs составляли 2.4, 0.84 и 0.44% от допустимых выбросов соответственно, что выше прошлогодних значений. Выбросы ^3H составили менее 0.001%. Наибольший вклад в абсолютную величину активности выброса вносили ИРГ. Среднесуточные и среднемесячные выбросы регламентируемых радионуклидов не превышали установленных контрольных уровней для САЭС (Радиационная обстановка ..., 2019).

В качестве водоема-охладителя на САЭС используется Десногорское водохранилище. Поступление туда радионуклидов с дебалансными водами САЭС реализуется следующим образом: из контрольных баков чистого конденсата через техводовод и закрытый отводящий канал в р. Сельчанка и/или р. Гнездна и далее в водоем-охладитель; из баков душевых вод санпропускников через очистные сооружения хозяйственной канализации в водоем-охладитель; из приемков грунтовых вод машинных залов и баков приемки вод пожаротушения через очистные сооружения промливневой канализации – в водоем-охладитель.

Таблица 12. Выбросы регламентируемых радионуклидов в атмосферу на САЭС, Бк (Радиационная обстановка ..., 2019, с. 235). **Table 12.** Emissions of regulated radionuclides into the atmosphere at the Smolensk Nuclear Power Plant, Bq (Радиационная обстановка ..., 2019, p. 235).

Наименование радионуклида	Допустимый выброс	Фактический выброс		Увеличение (+), снижение (-) выбросов в 2018 г. по сравнению с 2017 г.
		2018 г.	2017 г.	
Сумма ИРГ	$2.69 \cdot 10^{16}$	$5.91 \cdot 10^{14}$	$6.58 \cdot 10^{14}$	$-6.70 \cdot 10^{13}$
^3H	$1.18 \cdot 10^{15}$	$7.68 \cdot 10^9$	—*	—
^{60}Co	$2.50 \cdot 10^9$	$5.96 \cdot 10^7$	$1.58 \cdot 10^7$	$+4.38 \cdot 10^7$
^{131}I	$9.30 \cdot 10^{10}$	$9.99 \cdot 10^7$	$1.35 \cdot 10^8$	$-3.51 \cdot 10^7$
^{134}Cs	$1.40 \cdot 10^9$	$1.17 \cdot 10^7$	$8.31 \cdot 10^6$	$+3.39 \cdot 10^6$
^{137}Cs	$4.00 \cdot 10^9$	$1.77 \cdot 10^7$	$1.66 \cdot 10^7$	$+1.10 \cdot 10^6$

Примечания к таблице 12: * – данные отсутствуют.

Общий объем сброса сточных вод в 2018 г. составил 64689 м^3 . Наибольший вклад в активность сброса вносил тритий, его сброс вырос в 1.3 раза по сравнению с прошлым годом, но при этом составил 1% от допустимого. Активности остальных нормируемых нуклидов были ниже минимально детектируемой активности, а их расчетные величины сбросов составили менее 0.07% от допустимых (Радиационная обстановка ..., 2019).

Радиационный мониторинг окружающей среды в СЗЗ и зоне наблюдения САЭС осуществляется ЛВРК САЭС, а в 100-км зоне САЭС – Центральным УГМС и УГМС ЦЧО, а также Республиканским центром радиационного контроля и мониторинга окружающей среды Республики Беларусь.

В СЗЗ и зоне наблюдения САЭС в 2018 г. ЛВРК САЭС осуществлялся контроль следующих характеристик окружающей среды (Радиационная обстановка ..., 2019, стр. 236):

- объемной активности радиоактивных аэрозолей в приземном слое атмосферы аспирационным методом с экспозицией 10 дней с использованием установок «Тайфун-4», расположенных на постах постоянного наблюдения;

- активности радиоактивных выпадений на местности с помощью кювет, установленных в СЗЗ на территории очистных сооружений и ЗН, экспонируемых в течение 30 дней;

- содержания радионуклидов в воде открытых водоемов, донных отложениях и рыбе открытых водоемов в районе САЭС, а также в питьевой водопроводной воде;

- объемной активности радионуклидов в воде контрольных скважин вокруг ХЖТО, ХЖО, ХЖО-2, ХОЯТ;

- содержания радионуклидов в почве в пунктах постоянного наблюдения. Пробы отбирались один раз в год;

- содержания радионуклидов в продуктах питания, производящихся в хозяйствах, расположенных в зоне наблюдения САЭС. Отбор проб проводился один раз в год после

сбора урожая;

- МАЭД γ -излучения на постах постоянного наблюдения с периодичностью один раз в 10 дней переносными приборами, а также непрерывно с помощью системы АСКРО САЭС;
- годовой поглощенной дозы на местности термомюлюминесцентными дозиметрами ТЛД-500К в корпусе ДПГ-03, размещенными на 25 постах постоянного наблюдения и в населенных пунктах 30-км зоны АЭС».

В 100-км зоне САЭС в 2018 г. Центральное УГМС и УГМС ЦЧО проводили наблюдения за МАЭД на 7 стационарных пунктах и за атмосферными выпадениями на четырех (рис. 7). Центр радиационного контроля Республики Беларусь измерял МАЭД на юго-западе зоны в г. Мстиславле (рис. 7), контролировал радиоактивные выпадения из приземного слоя атмосферы (отбор проб производился с помощью горизонтальных планшетов) с определением суммарной бета-активности, а также производил ежедневный отбор проб радиоактивных аэрозолей в приземном слое атмосферы.



Рис. 7. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг САЭС.

Fig. 7. Location of radiation monitoring points in the 100-km zone around the Smolensk Nuclear Power Plant.

Техногенный радионуклид ^{60}Co , отсутствующий в составе глобального радиоактивного фона, регистрировался как в СЗЗ, так и в зоне наблюдения САЭС. Его содержание в СЗЗ было в 6.5 раза больше, чем в зоне наблюдения. Среднегодовая объемная активность ^{134}Cs в 2018 г. ниже минимально детектируемой активности в обеих зонах. Значение среднегодовой объемной активности ^{137}Cs в 2018 г. по сравнению с 2017 г. выросло в 2.1 раза в СЗЗ и в 2.4 раза в зоне наблюдения. Его среднегодовая объемная активность в обеих зонах АЭС в 2018 г. была в 4.6 и 3 раза соответственно выше средневзвешенного значения, наблюдавшегося в Центре ЕТР – $3.4 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. В целом, в 2018 г. объемные активности всех радионуклидов в воздухе СЗЗ и зоне наблюдения были на 6-7 порядков ниже допустимых по НРБ-99/2009 (СанПиН ..., 2009).

Радиационный мониторинг в Калужской области

Радиационную обстановку в Калужской области определяют вторичный ветровой перенос глобальных радиоактивных выпадений, обусловленных проведенными ранее

ядерными взрывами, а также радиоактивных выпадений, обусловленных аварией на Чернобыльской АЭС. Дополнительно на локальном уровне прослеживается влияние радиационно-опасных объектов.

В регионе имеются территории, загрязненные вследствие аварии на Чернобыльской АЭС и расположенные в Жиздринском, Людиновском, Ульяновском, Хвастовичском, Думиничском, Кировском, Козельском, Куйбышевском и Мещовском районах. За 30 лет уровни загрязнения данных территорий ^{137}Cs значительно уменьшились, в основном за счет его естественного радиоактивного распада и миграции вглубь почвы.

В 2018 году радиационный мониторинг на территории Калужской области проводился Росгидрометом на стационарных постах наблюдения, с помощью маршрутных обследований путем отбора проб объектов природной среды с их последующим анализом (рис. 8). Отбор проб атмосферных выпадений и измерения МАЭД в городах Жиздре, Калуге, Малоярославце, Мосальске, Спас-Деменске и Сухиничи проводились Калужским Центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиалом ФГБУ «Центральное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (Центральное УГМС), в г. Обнинске – Институтом проблем мониторинга окружающей среды в составе ФГБУ «НПО «Гайфун». Радиохимический анализ (содержание ^{90}Sr и изотопов плутония) производился лабораторией института в объединенных за квартал пробах атмосферных аэрозолей, отобранных в г. Обнинске.



Рис. 8. Стационарные посты наблюдения системы радиационного мониторинга Росгидромета на территории Калужской области. **Fig. 8.** Stationary monitoring posts of the Roshydromet radiation monitoring in Kaluga Region

«В 2018 году среднемесячные и среднегодовые значения МАЭД на территории Калужской области не выходили за пределы колебаний глобального гамма-фона и изменялись соответственно от 0.09 до 0.14 мкЗв/ч и от 0.10 до 0.13 мкЗв/ч. Максимальные среднесуточные значения МАЭД находились в пределах от 0.13 до 0.19 мкЗв/ч. Максимум наблюдался в августе отчетного года в г. Калуге» (Доклад о состоянии ..., 2019, стр. 126).

В атмосферных выпадениях в 2018 году из техногенных радионуклидов регистрировался

только ^{137}Cs . Его фоновые выпадения по Калужской области получены в результате анализа проб, объединенных по трем пунктам (гг. Калуга, Малоярославец и Спас-Деменск), расположенным на незагрязненной территории; показатели остались на уровне прошлого года и составили $0.40 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{год}$, что в 2.0 раза превышает средневзвешенное годовое значение выпадений ^{137}Cs для незагрязненной в результате аварии на ЧАЭС Европейской территории России – $0.20 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{год}$. Повышенные выпадения ^{137}Cs на незагрязненной территории обусловлены ветровым переносом радионуклида с загрязненных территорий области.

На загрязненных территориях и в Обнинске годовые выпадения ^{137}Cs были в разы выше региональных фоновых выпадений. В г. Жиздре, расположенном на загрязненной после Чернобыльской аварии территории, выпадения ^{137}Cs в 2018 году увеличились в 1.2 раза по сравнению с 2017 годом и были в 6.3 раза выше фоновых выпадений по Калужской области. В Обнинске годовые выпадения ^{137}Cs уменьшились и составили $0.9 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{год}$, что в 2.3 раза выше фоновых выпадений по области.

Выпадения изотопа ^{90}Sr в пределах г. Обнинска в 2018 году оказались ниже предела обнаружения. Выпадения природного радионуклида ^7Be в отчетном году изменялись в диапазоне $11.00\text{--}74.00 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{месяц}$ и составили за год 479.00 Бк/м^2 . Выпадения природного ^{40}K составили 57.80 Бк/м^2 , изменяясь от <1.0 до $7.4 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{месяц}$.

Среднегодовая объемная суммарная бета-активность радионуклидов в воздухе г. Обнинск в 2018 году увеличилась в 1.6 раза по сравнению с 2017 г. и составила $29.8 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$ (Доклад о состоянии ..., 2019).

В Обнинске в приземном слое атмосферы регулярно регистрировались техногенные ^{137}Cs , ^{90}Sr , изотопы плутония и радиоактивный ^{131}I . Среднегодовая объемная активность ^{137}Cs в городе в 2018 году возросла в 1.2 раза по сравнению с предыдущим годом и была в 1.3 раза выше уровня средневзвешенного значения для Центра ЕТР за 2018 год. Содержание ^{90}Sr в воздухе в первом полугодии уменьшилось в 1.2 раза в сравнении с аналогичным периодом 2017 года. Объемные активности ^{238}Pu и $^{239+240}\text{Pu}$ с января по август колебались в диапазоне $(1.10\text{--}33.0) \cdot 10^{-9}$ и $(1.00\text{--}8.70) \cdot 10^{-9}$ соответственно.

В 2018 году в приземном слое атмосферы Обнинска было зарегистрировано 130 случаев появления ^{131}I (самое большое количество случаев за все время наблюдения). Среднегодовая объемная активность ^{131}I составляла $8.8 \cdot 10^{-4} \text{ Бк/м}^3$, что в 2.0 раза выше, чем в 2017 году, и на 4 порядка ниже ДОА_{НАС}. Регистрация радиоактивного йода в приземном слое атмосферы Обнинска обусловлена местным источником – филиалом Института им. Л.Я. Карпова (Доклад о состоянии ..., 2019).

Из естественных радионуклидов в приземном слое атмосферы г. Обнинск определялись ^7Be , ^{40}K и ^{22}Na . Среднегодовая объемная активность ^7Be в воздухе от года к году менялась в пределах величины одного порядка и в 2018 году составила $306 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$. Объемная активность ^{40}K изменялась в диапазоне $(0.59\text{--}2.10) \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$ со среднегодовым значением $1.09 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$, что выше уровня 2017 года – $0.82 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$. С апреля по сентябрь в пробах аэрозолей регистрировался ^{22}Na с объемной активностью в диапазоне $(0.016\text{--}0.049) \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$.

На территории Калужской области в 2018 году радиационную обстановку можно считать удовлетворительной и стабильной за исключением районов, пострадавших в результате аварии на ЧАЭС. Регистрируемое радиоактивное загрязнение окружающей среды техногенными радионуклидами в ближней 10-км зоне РОО г. Обнинска было значительно ниже существующих нормативов. Однако отдельные РОО области продолжали оказывать влияние на загрязнение атмосферы ^{131}I (отсутствует в глобальном фоне из-за короткого периода жизни – 8.04 сут.) и на повышенное по сравнению с фоновыми уровнями радиоактивное загрязнение атмосферы ^{137}Cs , ^{90}Sr и изотопами плутония.

В 2018 году лабораторно был обследован 41 населенный пункт (14%) и исследовано 476 проб основных дозообразующих продуктов питания. Превышения гигиенических

нормативов установлены в 1 пробе – ягодах черники, собранных вблизи д. Акимовка Жиздринского района. Содержание радионуклидов в почве на территории области, обусловленное глобальными выпадениями продуктов ядерных взрывов прошлых лет, а также аварией на ЧАЭС, находилось в пределах колебаний, характерных для региона. В воде открытых водоемов удельные активности радионуклидов по суммарной α -, β -активности не превышали значений многолетних наблюдений и находились ниже уровня вмешательства для населения (Доклад о состоянии ..., 2019).

При исследовании проб воды из централизованных и нецентрализованных источников водоснабжения превышений содержания радионуклидов в питьевой воде не установлено.

По данным выборочного контроля кормов в зоне радиоактивного следа на территории Калужской области, проведенного ФГБУ «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии “Калужский”» в 2018 году, на кормовых угодьях общей площадью 6.2 тыс. га в Жиздринском, Ульяновском и Хвастовичском районах, средняя активность проб зеленой массы многолетних трав (20 проб) в зоне контроля составила 11.33 Бк/кг, максимальная – 23.90 Бк/кг (контрольный уровень для зеленой массы – 370 Бк/кг), минимальная – на уровне фона; средняя активность проб сена многолетних трав (436 проб) – 17.36 Бк/кг, максимальная – 148.10 Бк/кг (контрольный уровень для сена – 600 Бк/кг), минимальная – на уровне фона; средняя активность проб сена естественных трав (39 проб) – 40.76 Бк/кг, максимальная – 221.90 Бк/кг, минимальная – на уровне фона. Сверхнормативно загрязненной кормовой продукции в зоне контроля выявлено не было. Всего было отобрано 504 пробы кормовой продукции (Доклад о состоянии ..., 2019).

Общая информация по плотности загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий по состоянию на 01 января 2019 года с учетом естественного распада представлены в таблице 13.

Радиационный мониторинг в Брянской области

На территории Брянской области в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 08.10.2015 № 1074 «Об утверждении перечня населённых пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» (2015), в границах радиоактивного загрязнения находилось 749 населённых пунктов, расположенных в 21 районе области. Их территории попадали под разный социальный статус: зона отчуждения (4 пункта), зона отселения (26), зона с правом на отселение (191), зона с льготным социально-экономическим статусом (528). Наиболее интенсивному загрязнению в Российской Федерации подверглись юго-западные районы Брянской области, в которых до настоящего времени имеются территории с уровнями загрязнения почвы ^{137}Cs более 40 Ки/км² (Левкина и др., 2019).

Распределение населённых пунктов Брянской области, которые находятся в пределах зон радиоактивного загрязнения из-за аварии на Чернобыльской АЭС, по величине среднегодовой эффективной дозы облучения жителей на 1 января 2018 г., согласно Постановлению Правительства РФ № 1074 (2015), не изменилось по сравнению с 2017 г.

Радиационным мониторингом загрязнённых территорий занималась комплексная группа, в которую входили специалисты Управления Роспотребнадзора по Брянской области и федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Брянской области», специалисты по оценке радиационной обстановки и других факторов в населённых пунктах Брянской области, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, под руководством заместителя губернатора Брянской области, созданная приказом МЧС России по Брянской области от 18.01.2018 № 28 (Левкина и др., 2019).

По Постановлению правительства РФ № 1074 (2015) специалисты провели расчёт

среднегодовых эффективных эквивалентных доз облучения населения, проживающего в 749 населённых пунктах Брянской области, за 2017 год, загрязнённых в результате аварии на ЧАЭС. По полученным данным, жители 153 пунктов получают среднюю годовую эффективную дозу облучения за счёт чернобыльских радиоактивных выпадений, равную или более 1 мЗв/год, а в сс. Заборье и Яловка Красногорского района эта доза превышает 5 мЗв/год.

Таблица 13. Данные радиологического обследования сельскохозяйственных угодий по плотности загрязнения ^{137}Cs в районах Калужской области по состоянию на 1 января 2019 (Доклад о состоянии ..., 2019, с. 117). **Table 13.** Data from a radiological survey of agricultural land by ^{137}Cs pollution density in the districts of Kaluga Region as of January 1, 2019 (Доклад о состоянии ..., 2019, p. 117).

Показатель	Вид сельхозугодий						Итого
	Пашня	Залежь	Многолетние насаждения	Сеноосы	Пастбища	Естественные угодья	
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Думиничский район</i>							
Площадь обследования	25218	172	36	913	1316	7482	35137
Средневзвешенное значение ^{137}Cs , Ки/км ²	0.24	0.28	0.43	0.45	0.47	0.39	0.29
Площадь (га) с плотностью загрязнения ^{137}Cs , Ки/км ²	не выявлено	4531	0	0	8	229	5056
	<1	20085	172	36	839	895	28966
	1-2	602	0	0	66	105	1007
	2-5	0	0	0	0	87	108
	5-15	0	0	0	0	0	0
	>15	0	0	0	0	0	0
Загрязнено (свыше 1 Ки/км ²)	602	0	0	66	192	255	1115
<i>Жиздринский район</i>							
Площадь обследования	31673	0	592	1189	2363	9899	45716
Средневзвешенное значение ^{137}Cs , Ки/км ²	1.28		0.90	1.72	1.79	1.82	1.43
Площадь (га) с плотностью загрязнения ^{137}Cs , Ки/км ²	не выявлено	427		0	0	0	427
	<1	14572		353	543	1199	19641
	1-2	9292		192	271	393	13746
	2-5	7153		47	342	629	11022
	5-15	229		0	33	142	880
	>15	0		0	0	0	0
Загрязнено (свыше 1 Ки/км ²)	16674		239	646	1164	6925	25648
<i>Кировский район</i>							
Площадь обследования	31434	0	0	1369	652	0	33455
Средневзвешенное значение ^{137}Cs , Ки/км ²	0.12			0.16	0.13		0.12
Площадь (га) с плотностью загрязнения ^{137}Cs , Ки/км ²	не выявлено	15211			324	179	15714
	<1	16055			1045	473	17573
	1-2	168			0	0	168
	2-5				0	0	0

Продолжение таблицы 13.

1	2	3	4	5	6	7	8	
	5-15	0		0	0		0	
	>15	0		0	0		0	
Загрязнено (свыше 1 Ки/км ²)		168		0	0		168	
<i>Козельский район</i>								
Площадь обследования		54050	0	895	1544	1081	394	57964
Средневзвешенное значение ¹³⁷ Cs, Ки/км ²		0.21		0.21	0.36	0.31	0.90	0.22
Площадь (га) с плотностью загрязнения ¹³⁷ Cs, Ки/км ²	не выявлено	8947		107	147	94	0	9295
	<1	44244		788	1359	914	286	47591
	1-2	813		0	38	73	49	973
	2-5	46		0	0	0	59	105
	5-15	0		0	0	0	0	0
	>15	0		0	0	0	0	0
Загрязнено (свыше 1 Ки/км ²)		859		0	38	73	108	1078
<i>Куйбышевский район</i>								
Площадь обследования		39944	0	5	789	397	12127	53262
Средневзвешенное значение ¹³⁷ Cs, Ки/км ²		0.35		0.39	0.45	0.42	0.53	0.39
Площадь (га) с плотностью загрязнения ¹³⁷ Cs, Ки/км ²	не выявлено	520		0	0	0	299	819
	<1	39361		5	789	397	10316	50868
	1-2	63		0	0	0	1401	1464
	2-5	0		0	0	0	111	111
	5-15	0		0	0	0	0	0
	>15	0		0	0	0	0	0
Загрязнено (свыше 1 Ки/км ²)		63		0	0	0	1512	1575
<i>Людиновский район</i>								
Площадь обследования		19086	521	263	1288	426	4311	25895
Средневзвешенное значение ¹³⁷ Cs, Ки/км ²		0.27	0.26	0.26	0.71	0.36	0.47	0.32
Площадь (га) с плотностью загрязнения ¹³⁷ Cs, Ки/км ²	не выявлено	3744	179	29	0	28	109	4089
	<1	15055	317	234	894	398	3841	20739
	1-2	287	25	0	394	0	313	1019
	2-5	0	0	0	0	0	48	48
	5-15	0	0	0	0	0	0	0
	>15	0	0	0	0	0	0	0
Загрязнено (свыше 1 Ки/км ²)		287	25	0	394	0	361	1067
<i>Мещовский район</i>								
Площадь обследования		63233	569	75	170	529		64576
Средневзвешенное значение ¹³⁷ Cs, Ки/км ²		0.25	0.21	0.31	0.33	0.34		0.25
Площадь (га) с плотностью загрязнения ¹³⁷ Cs, Ки/км ²	не выявлено	0	0	0	0	0	0	0
	<1	63116	569	75	170	529	0	60316
	1-2	117	0	0	0	0	0	117
	2-5	0	0	0	0	0	0	0
	5-15	0	0	0	0	0	0	0
	>15	0	0	0	0	0	0	0
Загрязнено (свыше 1 Ки/км ²)		117	0	0	0	0	0	117

Продолжение таблицы 13.

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Перемышльский район</i>							
Площадь обследования	36063	360	221	583	595	293	38115
Средневзвешенное значение ^{137}Cs , Ки/км ²	0.15	0.08	0.11	0.75	0.24	0.35	0.17
	не выявлено	12416	317	118	0	0	12851
	<1	23647	43	103	469	595	25150
Площадь (га) с плотностью загрязнения ^{137}Cs , Ки/км ²	1-2	0	0	0	114	0	114
	2-5	0	0	0	0	0	0
	5-15	0	0	0	0	0	0
	>15	0	0	0	0	0	0
Загрязнено (свыше 1 Ки/км ²)	0	0	0	114	0	0	114
<i>Ульяновский район</i>							
Площадь обследования	42136	0	13	322	554	13447	56472
Средневзвешенное значение ^{137}Cs , Ки/км ²	1.97		2.19	3.01	4.00	1.95	1.99
Площадь (га) с плотностью загрязнения ^{137}Cs , Ки/км ²	не выявлено	25	0	70	0	422	517
	<1	8612	4	70	53	3673	12412
	1-2	15415	0	0	114	4100	19629
	2-5	17270	9	54	68	4573	21974
	5-15	814	0	128	319	679	1940
>15	0	0	0	0	0	0	0
Загрязнено (свыше 1 Ки/км ²)	33499		9	182	501	9352	43543
<i>Хвастовичский район</i>							
Площадь обследования	39825	156	15	431	1134	12674	54235
Средневзвешенное значение ^{137}Cs , Ки/км ²	1.32	1.65	3.20	0.89	1.80	1.23	1.31
Площадь (га) с плотностью загрязнения ^{137}Cs , Ки/км ²	не выявлено	97	0	0	30	239	366
	<1	22807	76	0	305	672	31811
	1-2	5993	17	0	86	85	2055
	2-5	10740	63	15	40	218	2034
	5-15	188	0	0	0	129	395
>15	0	0	0	0	0	0	0
Загрязнено (свыше 1 Ки/км ²)	16921	80	15	126	432	4484	22058
<i>Калужская область</i>							
Площадь обследования	380915	1398	2813	8802	9207	60987	464122
Средневзвешенное значение ^{137}Cs , Ки/км ²	0.62	0.36	0.41	0.73	1.11	1.20	0.71
Площадь (га) с плотностью загрязнения ^{137}Cs , Ки/км ²	не выявлено	49181	544	254	549	560	52445
	<1	262417	749	2296	6687	6285	315067
	1-2	32877	42	192	969	770	11750
	2-5	35209	63	71	436	1002	9697
	5-15	1231	0	0	161	590	1550
>15	0	0	0	0	0	0	0
Загрязнено (свыше 1 Ки/км ²)	69317	105	263	1566	2362	22997	96610

На метеостанциях Жуковка и Брянск, которые находятся в 100-км зоне Смоленской АЭС и на метеостанции Красная Гора (зона радиоактивного загрязнения – 5-15 Ки/км²) ежедневно отбираются суточные пробы атмосферных выпадений. По данным НПО «Тайфун»

Росгидромета, уровни загрязнения на этих территориях на 1 января 2018 г. находились в пределах от 0.1 до 160.1 Ки/км². Среднемесячная плотность радиоактивных выпадений находилась в пределах 0.6-0.8 Бк/м² на метеостанции Жуковка, 0.6-0.9 Бк/м² на метеостанции Красная Гора, 0.6-0.8 Бк/м² на метеостанции Брянск. Высоких и экстремально высоких (>110 Бк/м²) значений суточных выпадений обнаружено не было (Левкина и др., 2019).

В августе 2018 г. проводились обследования по маршруту № 1, где в 4 населенных пунктах (Ущерпье и Мартьяновка Клинцовского района; п.г.т. Красная Гора Красногорского района; Творишино Гордеевского района) пострадавших в результате аварии на ЧАЭС, измерялась мощность экспозиционной дозы гамма-излучения в реперных точках. Значения мощности эквивалентной дозы (МЭД), измеренные в 2018 г. в реперных точках маршрута № 1, представлены в таблице 14.

Таблица 14. Значения мощности эквивалентной дозы в реперных точках (Росгидромет; Левкина и др., 2019, с. 112). **Table 14.** Equivalent dose rate values at the reference points (Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring of Russia; Левкина и др., 2019, p. 112).

Зона загрязнения (Ки/км ²)	Населенный пункт	Значения мощности эквивалентной дозы (мкР/час)		
		Репер 1	Репер 2	Репер 3
1-5	Мартьяновка	13	13	15
5-15	Красная Гора	15	16	15
	Творишино	24	23	24
15-40	Ущерпье	34	28	25

«С учётом данных отчётов государственного федерального статистического наблюдения в Единой государственной системе контроля и учёта доз облучения граждан составлен радиационно-гигиенический паспорт территории Брянской области, который позволил оценить основные показатели радиационной безопасности и воздействие радиационного фактора на жителей. Для оценки доз внешнего облучения населения проводились измерения МЭД гамма-излучения (естественного гамма-фона) в реперных точках Брянской области (с привязкой к географической системе координат), расположенных в г. Брянск, г. Дятьково, г. Злынка, г. Жуковка, г. Почеп, г. Карачев, г. Новозыбков, п.г.т. Красная Гора, п.г.т. Климово, п. Гордеевка, п. Комаричи и на территориях населённых пунктов, обследованных в рамках радиационно-гигиенического мониторинга. В 2018 году было проведено 5232 измерения МЭД гамма-излучения (гамма-фона). В 331 измерении МЭД гамма-излучения на территориях юго-западных районов (Злынковского, Гордеевского, Красногорского, Новозыбковского) Брянской области, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС, установлено превышение более 0.30 мкЗв/ч. Согласно результатам дозиметрических измерений в 2018 году наибольшие уровни гамма-фона отмечаются на открытой местности в н.п.: Заборье Красногорского района (0.79 мкЗв/час); Вышков Злынковского района (0.63 мкЗв/час); Рудня-Воробьевка Гордеевского района (0/66 мкЗв/час); Старый Вышков Новозыбковского района (0.59 мкЗв/час), Унеча (0.36 мкЗв/час) и Веприн Клинцовского района (0.36 мкЗв/час)» (Левкина и др., 2019, стр. 112).

Структура доз облучения жителей в Брянской области. Структура коллективной дозы населения Брянской области и ее юго-западных районов, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС, за период с 2015 по 2017 гг. представлена в таблице 15.

Согласно имеющимся данным по Брянской области за 2017 год (Левкина и др., 2019), вклад в эффективную коллективную дозу облучения населения области от всех видов

источников ионизирующего излучения составляет (табл. 16):

- 0.02% (0.77 человек-зиверт в год (чел.-Зв/год) от техногенных источников (для персонала);
- 7.25% (269.55 чел.-Зв/год) от техногенно-изменённого радиационного фона радиационных аварий (на ЧАЭС);
- 13.67% (509.25 чел.-Зв/год) от медицинских исследований;
- 79.06% (2945.10 чел.-Зв/год) от природных источников излучения.

Таблица 15. Структура годовой эффективной коллективной дозы облучения населения, чел.-Зв/год (Левкина и др., 2019, стр. 114). **Table 15.** The structure of the annual effective collective dose of the population, individual-Sv/year (Левкина и др., 2019, p. 114).

Территория	Годы	Природные источники			Техногенный фон		
		2015	2016	2017	2015	2016	2017
Брянская область		3106.07	2950.11	2945.10	340.76	269.86	269.55
Юго-западные районы		470.90	420.43	417.43	240.32	234.37	225.10
РФ		485499.0	479613.0	486310.0	1296.0	1243.0	1350.0
Территория	Годы	Медицинские источники			Предприятия с ИИИ*		
		2015	2016	2017	2015	2016	2017
Брянская область		516.68	573.55	509.25	0.66	0.65	0.77
Юго-западные районы		40.94	54.61	47.78	0.055	0.05	0.06
РФ		71768.0	71029.0	80270.0	293.0	301.0	292.0

Примечания к таблице 15-17: *ИИИ – ионизирующие источники излучения.

Таблица 16. Вклад различных источников в дозы облучения населения, % (Левкина и др., 2019, стр. 114). **Table 16.** Contribution of various sources to the dose of the population, % (Левкина и др., 2019, p. 114).

Терри- тория	Природные источники			Техногенный фон			Медицинские источники			Предприятия с ИИИ		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Брянская область	78.35	77.75	79.06	8.60	7.11	7.25	13.03	15.12	13.67	0.02	0.02	0.02
Юго- западные районы	62.61	59.26	60.46	31.95	33.03	32.61	5.44	7.69	6.92	0.02	0.02	0.01
РФ	86.87	86.08	85.58	0.23	0.24	0.24	12.84	13.63	14.13	0.06	0.05	0.05

Средние индивидуальные дозы облучения населения Брянской области от источников ионизирующего излучения за период 2015-2017 гг. в расчёте на 1 жителя представлены в таблице 17.

В радиационно-гигиеническом паспорте области по состоянию на 2017 год средняя дозовая нагрузка на 1 жителя от различных источников ионизирующего излучения составила 3.08 мЗв/год (на 1 жителя РФ – 3.87 мЗв/год). В том числе за счёт природных источников

излучения – 2.43 мЗв/год, медицинских рентгенорадиологических исследований – 0.42 мЗв/год, аварии на ЧАЭС – 0.22 мЗв/год, деятельности предприятий, использующих ионизирующие источники излучения, – 0.001 мЗв/год (Левкина и др., 2019).

Таблица 17. Средние индивидуальные дозы облучения населения от источников ионизирующего излучения в расчёте на одного жителя, мЗв/год (Левкина и др., 2019, стр. 115). **Table 17.** Average individual doses to the population from ionizing radiation sources per inhabitant, mSv/year (Левкина и др., 2019, p. 115).

Терри- тория	Природные источники			Техногенный фон			Медицинские источники			Предприятия с ИИИ		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Брянская область	2.534	2.416	2.432	0.278	0.221	0.218	0.421	0.470	0.420	0.001	0.001	0.001
Юго- западные районы	2.333	2.089	2.091	1.190	1.165	1.128	0.202	0.271	0.239	–	–	–
РФ	3.310	3.237	3.31	0.009	0.009	0.009	0.489	0.513	0.546	0.0020	0.0019	0.002

Из анализа трёхлетнего наблюдения (2015-2017 гг.) за индивидуальными дозами облучения жителей Брянской области можно сделать вывод, что радиационная обстановка на территории остается стабильной. Доза облучения жителя в 2017 году за счёт техногенного фона составляет 0.218 мЗв/год и существенно превышает данный общероссийский показатель – 0.009 мЗв/год, за счёт природных источников – 2.43 мЗв/год, что в 1.36 раза меньше общероссийского показателя – 3.31 мЗв/год.

Для оценки вклада внешнего облучения в суммарную годовую дозу были выбраны населённые пункты Брянской области, находящиеся в границах различных зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС и утверждённые Постановлением Правительства Российской Федерации от 08.10.2015 № 1074 (2015). Зона отселения: Новое, Новые Бобовичи; зона с правом на отселение: Гордеевка, Творишино, Михайловка, Черный Ручей, Каташин, Красная Гора, Шеломы, Старые Бобовичи, Клиницы, Новозыбков; зона с льготным социально-экономическим статусом: Лопатни, Кибирщина, Ларневск, Лотаки, Любовшо, Старый Кривец (табл. 18).

Для учёта степени экранирования гамма-излучения, обусловленной проживанием населения в разных типах домов, что влияет на величину годовой дозы, формируемой внешними источниками излучения, термолюминесцентные дозиметры в населённых пунктах выдавались с учётом данного фактора. Индивидуальные дозиметры были выданы жителям, проживающих в домах разного типа: в деревянных – 146 человек, кирпичных (панельных) – 229, из дерева/кирпича – 15 (Левкина и др., 2019).

Среди различных профессиональных и социально-демографических групп населения термолюминесцентные дозиметры были выданы рабочим и работникам сельского хозяйства – 129, служащим – 151, пенсионерам – 66, учащимся и студентам – 6, домохозяйкам, безработным и т.д. – 38.

Максимальная индивидуальная доза за период ношения термолюминесцентного дозиметра составила 0.021 мЗв (СГЭД – 0.25 мЗв/год) и была зафиксирована у участкового уполномоченного НП Новые Бобовичи, что объясняется самой высокой плотностью загрязнения данного места – 14.6 Ки/км² из всего числа подвергнутых индивидуальному дозиметрическому контролю, а также профессиональной деятельностью служащего. По предварительной оценке результатов индивидуального дозиметрического контроля

жителей 16 населённых пунктов Гордеевского, Клинцовского, Красногорского, Новозыбковского районов и гг. Клинцы и Новозыбков, годовая эффективная доза от внешнего облучения жителя более 1 мЗв/год не установлена (Левкина и др., 2019).

Таблица 18. Результаты контроля индивидуальных доз внешнего облучения жителей населённых пунктов (без вклада природных источников; Левкина и др., 2019, с. 116).

Table 18. The results of the control of individual doses of external exposure to residents of settlements (without the contribution of natural sources; Левкина и др., 2019, p. 116).

№ п/п	Администрация (поселение)	Наименование населённого пункта	Плотность загрязнения ^{137}Cs , Ки/км ²	Количество населения	Средняя доза жителей в НП за период ношения, мЗв	Макс. СГЭД ₉₀ , мЗв
Гордеевский район						
1	Гордеевское	Гордеевка	12.2	20	0.015	0.019
2	Творишенское	Черный Ручей	4.9	16	0.006	0.013
3	Творишенское	Михайловка	9.6	8	0.012	0.018
4		Творишино	10.3	16	0.012	0.017
Красногорский район						
5	Красногорское	Красная Гора	4.0	16	0.007	0.009
6	Любовшанское	Любовшо	2.8	1	0.006	0.006
7	Лотаковское	Кибирщина	3.4	1	0.005	0.005
8	Лотаковское	Ларневск	3.0	1	0.004	0.004
9		Лотаки	3.2	1	0.003	0.003
Клинцовский район						
10	Лопатенское	Лопатни	3.2	30	0.005	0.008
11		г. Клинцы	4.2	37	0.005	0.008
Новозыбковский район						
12	Старокривецкое	Каташин	5.3	25	0.006	0.010
13		Старый Кривец	3.7	25	0.004	0.006
14	Шеломовское	Новое Место	13.7	11	0.013	0.019
15		Шеломы	11.2	44	0.012	0.017
16	Старо-бобовичское	Новые Бобович	14.6	26	0.015	0.021
17		Старые Бобович	13.2	34	0.013	0.019
18		г. Новозыбков	9.8	78	0.009	0.014

Радиационный контроль пищевых продуктов. Показателями радиационной безопасности продуктов питания и продовольственного сырья в соответствии с действующими гигиеническими нормативами являются два техногенных радионуклида – ^{137}Cs и ^{90}Sr . В 2018 году по Брянской области было исследовано 4118 проб продовольственного сырья и пищевых продуктов на определение содержания этих радионуклидов. При осуществлении радиационно-гигиенического мониторинга пищевых продуктов из населённых пунктов, отнесённых к зонам радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС установлено, что превышение нормативов выявлено только для ^{137}Cs . Удельный вес количества проб с превышением нормативов ежегодно снижается и в 2018 году составил 3.6%,

что на 1.0% ниже, чем в 2017 году, и на 1.5% ниже, чем в 2016 году. Количество населённых пунктов, где выявлялись пробы местных продуктов питания с превышением гигиенических нормативов, в 2018 году сократилось до 70 (2017 г. – 88, 2016 г. – 93; Левкина и др., 2019).

Ежегодное снижение количества исследованных проб по области в целях мониторинга на 15-16% обусловлено неинформативными результатами (ниже предела измерения спектрометрического оборудования). В том числе из наиболее загрязнённых юго-западных районов области исследовано 1690 проб (2017 г. – 1858, 2016 г. – 2073), что также ежегодно сокращается на 9-10% в основном за счёт проб молока (так как сократилось количество коров в личном подсобном хозяйстве) и овощей (с результатами на уровне чувствительности спектрометров).

По юго-западным районам области также заметна тенденция по снижению удельного веса неудовлетворительных проб, который в 2018 году составил 8.9%, что на 2.9% (в 1.3 раза) ниже, чем в 2017 году, и на 3.5% (в 1.4 раза) ниже, чем в 2016 году.

Основной объём продукции, не отвечающей гигиеническим нормативам, регистрируется в группе грибов и лесных ягод. Норматив по содержанию ^{137}Cs в грибах – 500 Бк/кг, в сухих грибах – 2500 Бк/кг, в лесных ягодах – 160 Бк/кг. Максимальные уровни содержания ^{137}Cs зарегистрированы в грибах Новозыбковского района – 11100 Бк/кг, в сухих грибах Злынковского района – 29820 Бк/кг, в лесных ягодах (чернике) Климовского района – 2315 Бк/кг (Левкина и др., 2019).

В 2018 году зарегистрировано превышение допустимых уровней в 6 пробах молока из личного подсобного хозяйства. За период 2016-2018 гг. ежегодно сокращается количество неудовлетворительных проб молока, а также их удельный вес от общего количества неудовлетворительных проб – с 6.6% в 2016 году до 4.0% в 2018 году.

Среднее значение удельной активности ^{137}Cs в молоке из личного подсобного хозяйства осталось практически на уровне прошлого года как в целом по области, так и по ее юго-западным районам, и составило 14.5 и 16.1 Бк/л, соответственно. Максимальная удельная активность ^{137}Cs в образцах молока юго-западных районов составила 161.4 Бк/л в 2018 году, 242.0 Бк/л в 2017 году.

Радиационный контроль питьевой воды. Контроль качества воды на радиационную безопасность проводился по определению показателей безопасности (удельной суммарной альфа- и бета-активности и содержанию отдельных радионуклидов) на соответствие требований гигиенических нормативов. В 2018 году было изучено 1112 проб, проведено 3299 исследований. Радиохимические исследования по определению отдельных радионуклидов проводились только по результатам предварительной оценки качества воды в случаях несоответствия гигиеническим нормативам по суммарной альфа- и бета-активности и в целях социально-гигиенического мониторинга.

Зарегистрированы случаи превышения контрольных уровней первичной оценки питьевой воды. Доля проб из источников централизованного водоснабжения, превышающих контрольные уровни по суммарной альфа-активности (0.2 Бк/кг), составила 8.0% в 2016 г., 5.5% в 2017 г., 7.4% в 2018 г. (Левкина и др., 2019).

Несоответствия по суммарной альфа-активности выявлялись в подземных источниках централизованного водоснабжения г. Брянска, а также Брянского, Выгоничского, Дятьковского, Карачевского, Навлинского, Брасовского, Комаричского, Трубчевского, Жуковского и Почепского районов Брянской области.

Среднее значение содержания суммарной альфа-активности в пробах питьевой воды за период 2016-2018 гг. на территории области находится в пределах 0.08-0.11 Бк/кг, максимальное – 0.38-0.39 Бк/кг. По содержанию удельной суммарной бета-активности исследованные образцы питьевой воды соответствовали требованию гигиенического норматива – 1.0 Бк/кг. Среднее значение суммарной бета-активности находится в пределах

0.30-0.34 Бк/кг, максимальное – 0.59-0.82 Бк/кг. Среднее значение содержания ^{222}Rn находится ниже уровня минимальной детектируемой активности спектрометрического оборудования – 8.0 Бк/кг. Максимальное содержание ^{222}Rn – 33.1 Бк/кг (Левкина и др., 2019).

В рамках социально-гигиенического мониторинга проводились исследования проб из поверхностных водоёмов на содержание отдельных радионуклидов. Число исследованных проб по суммарной альфа- и бета-активности составило 42 в 2016 г., 47 в 2017 г., 41 в 2018 г. Удельная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr и естественных радионуклидов значительно ниже уровней вмешательства для питьевой воды (Левкина и др., 2019).

Радиационный контроль почв сельскохозяйственных угодий. Мониторинг радиационной обстановки на почвах сельскохозяйственных угодий показал наличие 355.5 тыс. га, относящихся к разряду загрязнённых (свыше 37 кБк/м²), в т.ч. 233.0 тыс. га приходится на пашни и 122.5 тыс. га на кормовые угодья. Имеются территории, где почвы нуждаются в защитных реабилитационных мероприятиях (плотность загрязнения выше 185 кБк/м²), они занимают 121.1 тыс. га, что составляет 7.3% от всех сельскохозяйственных угодий области: 63.4 тыс. га – пашни, 57.7 тыс. га – кормовые угодья.

Практически все угодья свыше 185 кБк/м² находятся в юго-западных районах, которые с 1986 года значатся как наиболее пострадавшие в результате аварии на ЧАЭС. Анализ полученных результатов радиологического обследования показывает, что очищение почв (переход) из разряда загрязнённых (свыше 37 кБк/м²) в «чистые» (до 37 кБк/м²) составляет всего 254.1 тыс. га (18.7%), в т.ч. 101.4 тыс. га (22.0%) по юго-западным районам (Левкина и др., 2019).

Изменение средневзвешенного показателя плотности загрязнения почв говорит о том, что радиационная ситуация в целом стабилизируется, т.е. снижение уровня загрязнения наблюдается в основном за счет естественного распада и в малой мере за счет вертикальной и горизонтальной миграции. Исследования показали, что уровень гамма-фона сильно варьирует по районам Брянской области – от 9.0 мкР/ч в Суражском районе до 21.3 мкР/ч в Гордеевском, Климовском, Новозыбковском районах. Гамма-фон на территории всех районов Брянской области не превышает допустимой нормы.

Наиболее высокий уровень содержания ^{137}Cs в почве (плотность загрязнения) зафиксирован в Новозыбковском районе – 344.3 кБк/м² (Левкина и др., 2019).

Методика оценки защищенности и уязвимости подземных вод к загрязнению

К настоящему времени отечественные и зарубежные специалисты разработали целый ряд весьма отличных друг от друга методик оценки условий защищенности подземных вод от загрязнения и тесно связанных с ними схем составления соответствующих карт. Эти методики, в большинстве своем имеющие прикладной характер, позволяют иногда достаточно успешно решать некоторые конкретные задачи, но в то же время не могут быть признаны вполне удовлетворительными и универсальными.

После аварии на ЧАЭС одним из авторов разработана оригинальная авторская методика для оценки и картирования защищенности и уязвимости подземных вод от загрязнения различными веществами, включая радионуклиды. Она была опробованная на различных объектах и опубликована в работах А.П. Белоусовой с соавторами (Белоусова, 2001, 2005, 2012; Белоусова, Галактионова, 1994; Белоусова и др., 2006, 2019). Таким образом, при оценке загрязнения и уязвимости грунтовых вод к загрязнению радионуклидами на территории Калужской области, пострадавшей от аварии на ЧАЭС, используется разработанная нами методика, которая позволяет оценивать защищенность вод количественными методами, путем определения времени миграции любого загрязняющего вещества через защитную зону в подземные (грунтовые) воды, что позволяет давать

предварительные прогнозные оценки развития процессов загрязнения подземных вод.

Характеристика объекта исследований

Географическое положение. Объектом исследования является часть территории Калужской области, пострадавшая от аварии на Чернобыльской атомной станции (находится в зоне радиоактивного следа). Границы этой территории с учетом удобства задания граничных условий при моделировании установлены по речной сети: по рекам Болва – Овсорок – Огарь (на западе и юго-западе территории); по р. Рессета (на юге и юго-востоке); по рр. Жиздра и Драгожань (на северо-востоке) и р. Перетесна (на севере). Часть западной и южной границы объекта совпадает с административной границей области (рис. 9).

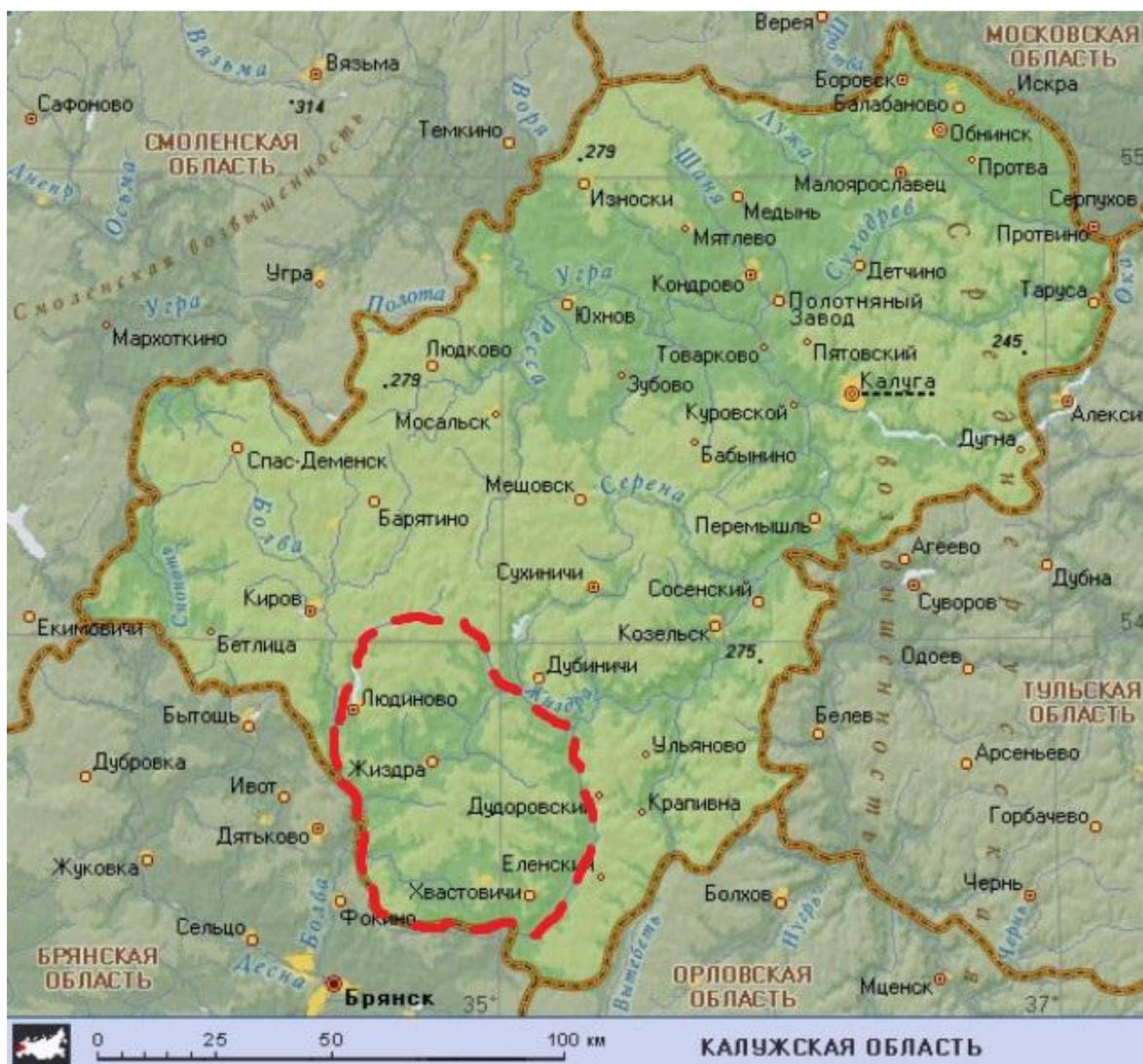


Рис. 9. Физическая карта Калужской области (красным контуром обозначен объект оценки).

Fig. 9. Physical map of Kaluga Region (red marks the object of our assessment).

Гидрогеологические условия. Характеристика составлена по материалам опубликованных работ гидрогеологического обследования масштабом 1:500000 (Мельникова и др., 1982; Объяснительная записка ..., 1979), материалам гидрогеологических съемок масштаба

1:200000 (Малюгина, Кулешова, 1981) с использованием отчета Института водных проблем АН СССР (Зекцер, Белоусова, 1990).

«Водоносный горизонт современных аллювиальных отложений ($a1Q_{IV}$) развит по всем речным долинам, крупным балкам и оврагам в отложениях надпойменных и пойменных террас и русел. Водосодержащие пески в верхней части разреза чаще мелкозернистые, книзу, как правило, с включениями гравия, гальки и щебенки, иногда в подошве залегает прослой гравия и галечника. Пески чередуются с невыдержанными по простираению маломощными прослоями и линзами глин, суглинков и супесей. Мощность водосодержащей толщи колеблется от 1-2 м в балках и оврагах до 6 м (реже до 10) по долинам мелких рек и до 10-20 м в долине Оки. Водоносные пески не имеют выдержанного водоупорного ложа и залегают на различных стратиграфических горизонтах четвертичных и дочетвертичных отложений. Так, в долине р. Оки – нижнемеловые и юрские глины, а также суглинки днепровской морены. Водоупорного перекрытия воды современных аллювиальных отложений обычно не имеют и являются типичными грунтовыми водами. Воды вскрываются большей частью на глубине 1-3 м, а в долинах небольших рек – до 1.5 м; в прибрежных частях пойм крупных рек (Оки). Положение зеркала грунтовых вод тесно связано с уровнем воды в реке. Поток грунтовых вод обычно направлен к руслу, величина уклона незначительна. Воды современных аллювиальных отложений весьма различны по качеству, но преимущественно они мягкие, пресные; преобладают гидрокарбонатные кальциевые воды, сравнительно часто встречаются и магниевые.

Водоносный комплекс древнеаллювиальных отложений ($a1Q_{II-III}$). Воды (объединенных) древнеаллювиальных отложений приурочены к песчаным толщам высоких надпойменных террас, протягивающихся вдоль крупных рек и их наиболее крупных притоков. Особенно широко они развиты по левобережью р. Оки, где прослеживается четыре надпойменных террасы. Водовмещающими породами древнеаллювиальных отложений являются пески с прослоями супесей, суглинков и глин. Пески обычно мелко- и среднезернистые; к подошве слоя пески разномзернистые, иногда они переходят в гравийно-галечные слои. Общая мощность отложений в сводном разрезе колеблется от 15 до 55 м. Мощность обводненной толщи песков древнего аллювия составляет от 1.2 до 1.5 м. водоносный комплекс всюду является первым от дневной поверхности и водоупорного перекрытия, как правило, не имеет. Водоупорным ложем являются иловатые аллювиальные глины того же возраста или моренные суглинки. Воды древнеаллювиальных отложений большей частью залегают на глубине 0-4 м, а в областях развития покровных суглинков на глубине 20-16 м. Воды древнеаллювиальных отложений характеризуются слабой минерализацией, они преимущественно гидрокарбонатного, реже сульфатно-гидрокарбонатного кальциевого типа. Общая минерализация их не превышает 0.7 г/л, изредка достигая 1 г/л, обычно изменяется в пределах от 0.1 до 0.4 г/л. Питание комплекса происходит как за счет атмосферных осадков, так и за счет подтока вод из дочетвертичных пород девона, карбона, мела.

Валдайско-московский водоносный горизонт водно-ледниковых отложений ($fgl, lgl Q_{III-IV}$) приурочен к валдайско-московским межморенным и московским надморенным флювиогляциальным и озерно-ледниковым отложениям. Не большей площади к западу и северо-западу от Калуги и до границы валдайского оледенения широко распространены флювиогляциальные и озерно-ледниковые отложения, залегающие на московской морене. Они не имеют водоупорного перекрытия, и приуроченные к ним воды являются грунтовыми. Водовмещающими породами здесь служат разномзернистые пески – от тонкозернистых, даже пылеватых, до грубозернистых и гравийных песков с прослоями галечников и валунов. Мощность толщи непостоянна и обычно изменяется от 3-4 до 10-12 м, изредка достигая 20-45 м. Глубина залегания зеркала грунтовых вод изменяется в различные сезоны года, т.к. зависит от количества атмосферных осадков. Тип воды преимущественно гидрокарбонатный

магниево-кальциевый или сульфатно-гидрокарбонатный кальциево-магниевый.

Воды спорадического распространения московской морены ($glQ_{II}m$). В большей части морена представлена плотными валунными суглинками и служит водоупором для выше- и нижележащих водоносных горизонтов. Воды приурочены к песчаным линзам, гнездам и прослоям песков и супесей, залегающих среди суглинков, реже они содержатся в отторженцах⁵ коренных пород. Пески преимущественно мелко- и среднезернистые с гравием и галькой, линзы и прослои песков не выдержаны как по мощности, так и по простиранию. Воды, приуроченные к линзам и прослоям песка, нередко являются напорными, величина напора составляет от 1-2 до 7-10 м. Состав воды преимущественно гидрокарбонатный, реже сульфатно-гидрокарбонатный, по составу катионов магниево-кальциевый и натриево-кальциевый. Питание подземных вод морены происходит путем инфильтрации атмосферных осадков на участках, где песчаные линзы сообщаются с дневной поверхностью или залегают вблизи нее.

Московско-днепровский водоносный горизонт водно-ледниковых отложений ($fgl, lgQ_{dn}m$). приурочен к московско-днепровский межморенным и днепровским недморенным флювиогляциальным и озерно-ледниковым отложениям. Подземные воды, связанные с этими отложениями, образуют единый водоносный горизонт – напорный – в области развития московского оледенения или грунтовый, безнапорный – вне области московского оледенения, преимущественно на водораздельных участках (бассейн Оки, Жиздры). Воды приурочены к толще разнозернистых песков с гравием и галькой, иногда с гравийными прослоями, с подчиненными прослоями суглинков и глин. Общая мощность песков весьма изменчива, чаще она составляет 10-12 м, изредка увеличивается до 25-36 м или сокращается до 1-2 м, иногда пески замещаются суглинками. Глубина залегания кровли водоносного горизонта колеблется от 2-3 до 20-30 м, редко более. Глубина залегания уровня воды изменяется обычно от 3 до 5-7 м. Московско-днепровский водоносный горизонт питается главным образом атмосферными осадками, а также подтоком вод из выше- и нижележащих водоносных горизонтов. Общая минерализация воды горизонта изменяется от 0.04 до 0.6 г/л, чаще 0.1-0.4 г/л и лишь иногда повышается до 0.7-0.8 г/л.

Воды спорадического распространения днепровской морены ($glQ_{I}dn$). Морена днепровского оледенения развита почти повсеместно. Она сложена плотными неоднородными суглинками, реже супесями с гравием, галькой и валунами, с редкими прослоями, линзами и гнездами песков и отторженцев коренных пород. Мощность морены обычно составляет 10-15 м, увеличиваясь в погребенных долинах. Плотные валунные суглинки днепровской морены в основном, являются водоупором, отделяющим вышеописанный московско-днепровский горизонт от нижележащих водоносных горизонтов. Днепровская морена залегают на днепровско-окских и подоокских песках и на дочетвертичных порогах. Подземные воды содержатся в опесчаненных разностях моренных суглинков, в линзах, гнездах и прослоях песков и супесей, мощность которых обычно от 0.2 до 2 м, редко 5-8 м и более; они встречается также в отторженцах дочетвертичных пород, заключенных в толще валунных суглинков. Пески преимущественно мелко- и среднезернистые с гравием и галькой. Условия залегания, режим, притоки и качество воды днепровской морены, аналогичны водам московской морены. Общая минерализация воды составляет обычно от 0.1 до 0.8 г/л, общая жесткость от 0.7 до 9.6 мг-экв/л. Внутриморенные воды питаются путем инфильтрации атмосферных осадков, а также, по-видимому, за счет подтока вод из выше- и нижележащих водоносных горизонтов.

Верхнечетвертичный аллювиальный водоносный горизонт (aQ_{III}) приурочен

⁵ Отторженец – глыба горных пород, размером от нескольких метров до сотен метров, перенесенная ледником на расстояние до нескольких сотен километров.

к отложениям первой и второй надпойменных террас. Водовмещающие породы – разномерные пески, в основном мелкозернистые, иногда глинистые, с прослоями супесей. Мощность обводненной толщи колеблется от долей метра до 13 м. Уровень грунтовых вод залегает на глубине от 0.5 до 5 м (123-217 м н.у.м. БС). Горизонт подстилают обводненные и водоупорные отложения четвертичного, мезозойского и каменноугольного возраста. Водообильность горизонта незначительная. Воды преимущественно гидрокарбонатные кальциевые, с минерализацией 0.2-0.9 г/л, с общей жесткостью 2.4-9.4 мг-экв/л. Реакция воды слабокислая и щелочная (рН=5.6-7.2).

Верхнемосковский конечно-моренный водоносный горизонт (glQ_{IIms_3}) развит на обширных участках распространения крупных гряд – Спас-Деменской, Занозненско-Ерзуковской. Водоносны разномерные пески с большим содержанием гравия, гальки и валунов (30-50%), с прослоями суглинков. Мощность обводненной толщи изменяется от 5 до 20, преобладает 5- 10 м. Зеркало воды залегает на глубине до 15 м, на абсолютных высотах от 134 до 260 м. Водообильность описываемых отложений невысокая. Водосодержащие породы характеризуются коэффициентом фильтрации от 1.54 до 4.75 м/сутки. Воды гидрокарбонатные кальциевые, с минерализацией 0.2- 0.5 г/л, общей жесткостью 4.1-8.3 мг-экв/л, величиной рН – 7.1-8.2. Питание водоносного горизонта происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков.

Верхнемосковская ледниковая спорадически обводненная толща (gQ_{IIms_3}) содержит воду в линзах, гнездах и невыдержанных прослоях песков и супесей среди валунных суглинков. Распространена она в северной половине территории. Обводненные участки морены мощностью от долей метра до 4 м залегают до глубины 17 м. Воды гидрокарбонатные кальциевые и гидрокарбонатно-хлоридные кальциевые с минерализацией 0.5-1.4, преимущественно 0.5-0.6 г/л, с общей жесткостью 3.08-19.75 мг-экв/л и величиной рН – 7.0-7.3. Воды морены получают инфильтрационное питание.

Нижне-верхнемосковский водно-ледниковый водоносный горизонт ($f, lgQ_{IIms_{1-3}}$) приурочен к аллювиальным и водно-ледниковым отложениям, водоносны пески разномерные, иногда средне- и мелкозернистые (более грубозернистые с гравием в пределах древних долин), с линзами и прослоями суглинков и алевритистых глин. Мощность обводненной толщи изменяется от долей метра на водоразделах до 32 м в древних долинах. Глубина залегания кровли горизонта изменяется от долей метра до 25 м, абсолютные высоты ее снижаются от 237 на водоразделах до 166 м в долинах рек. Уровень воды устанавливается на глубине до 24 м, 173-241 м н.у.м. БС. Воды преимущественно гидрокарбонатные кальциевые, с минерализацией 0.3-0.5, реже до 1.1 г/л, с общей жесткостью 3.44-15.51 мг-экв/л, величиной рН – 6.4-7.5. Водоносный горизонт питается за счет инфильтрации атмосферных осадков и подтока вод из выше- и нижележащих водоносных горизонтов.

Воды спорадического распространения в нижнемосковской морене (gQ_{IIms_1}) развитой в северной половине территории и в целом являющейся относительным водоупором, приурочены к песчаным разностям суглинков, к линзам, гнездам и прослоям песков мощностью до 18 м. Общая мощность морены равна 29 м. Воды в основном гидрокарбонатные натриево-кальциевые, с минерализацией 0.3-0.4 г/л, общей жесткостью 3.6-7.12 мг-экв/л и величиной рН – 6.8. Питание водоносных линз морены происходит за счет перетока вод из верхне- и нижнемосковского водоносного горизонта, реже из обводненных линз верхнемосковской морены, а в пределах погребенных долин за счет подтока вод из нижележащих отложений.

Днепровско-окский аллювиально-флювиогляциальный водоносный горизонт ($a, fQ_{I-II ok-dn}$) развит в пределах наиболее глубоких погребенных четвертичных долин и древних впадин и приурочен к флювиогляциальным, аллювиальным и озерно-болотным отложениям, залегающим под мореной днепровского оледенения. Водовмещающие породы

преимущественно представлены песками разномерными, иногда глинистыми, с гравием и галькой (с коэффициентом фильтрации от 0.1 до 1.2 м/сутки), реже алевритами с прослоями глин. Мощность горизонта колеблется от долей метра до 36 м, чаще до 20 м. Глубина залегания кровли горизонта изменяется от 6 до 65 м, абсолютные высоты ее составляют от 93 до 195 м. Глубина залегания уровня воды изменяется от 0.7 до 18.0 м, абсолютные высоты его составляют 220-118 м. Воды преимущественно гидрокарбонатные кальциевые, с минерализацией 0.2-0.4 г/л, общей жесткостью 3.4-7.2 мг-экв/л и щелочной средой.

Сантон-туронский водоносный комплекс (K_{2t-st}) развит на участках высоких водоразделов. Водовмещающие породы, приуроченные к низам нерасчлененных турон-сантонских отложений, представлены трещиноватыми опоками, трепелами, с прослоями глин, мелом, мергелями, алевритами. Обводненная мощность горизонта не превышает 20 м. Глубина залегания кровли горизонта изменяется от долей метра до 25 м, абсолютные высоты кровли составляют 255-220 м. В кровле горизонта залегают водоупорные суглинки днепровской и московской морен, иногда обводненные нижне- и верхнемосковские пески, в подошве – обводненные сеноман-альбские пески, редко тарусско-окские известняки, с водами которых он гидравлически связан. Воды гидрокарбонатные кальциевые, с минерализацией 0.2-0.7 г/л, с общей жесткостью 2.98-12.18 мг-экв/л и величиной рН – 5.7-7.6. Питание водоносного горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, разгрузке – в эрозионных врезках.

Сеноман-альбский водоносный горизонт (Kal-st) развит на высоких водораздельных участках в южной части территории и почти всюду является первым от поверхности. Выходы на дневную поверхность отмечаются по рекам Серене, Ужетке (приток Рессы) и левым притоком Брыни. Водовмещающие альб-сеноманские тонко- и мелкозернистые кварцево-глауконитовые пески с конкрециями фосфоритов и прослоями глин имеют мощность от долей метра до 20 м, их коэффициент фильтрации колеблется от 0.05 до 10.4, чаще составляя 0.05-1.8 м/сутки. Глубина залегания кровли горизонта изменяется от 0-2 в долинах рек до 28 м на водоразделах, абсолютные высоты ее колеблются от 196 до 223 м. Максимальная глубина залегания уровня воды – 34, чаще 8-10 м. В местах размыва меловых отложений четвертичными долинами появляется напор до 13 м. Абсолютные высоты уровня горизонта от 192 до 232 м. Воды горизонта преимущественно гидрокарбонатные кальциевые, с минерализацией 0.2-0.8 г/л, общей жесткостью 2.3-12.8, чаще 2.3-7.0 мг-экв/л и щелочной средой. Питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков через толщу моренных суглинков.

Апт-неокомский водоносный горизонт (K_{1nc-ap}) имеет прерывистое распространение и залегает преимущественно на водораздельных пространствах. В большинстве случаев он является первым от поверхности водоносным горизонтом и вскрывается долинами Серены и Птары. Водовмещающие породы представлены песчано-глинистой толщей неокома и апта, мощностью от долей метра до 23 м. Пески тонко- и мелкозернистые, иногда глинистые и пылеватые, местами сцементированные до песчаников, глины (в основном готерив-барремские) песчанистые к алевритистые. Коэффициент фильтрации песков колеблется от 0.01 до 13.0, чаще 0.01-2.4 м/сутки. Глубина залегания кровли горизонта изменяется от 0-2 в долинах рек до 41 м на водоразделах, абсолютные высоты ее от 169 до 214 м. Воды горизонта преимущественно гидрокарбонатные кальциевые, с минерализацией от 0.2 до 0.8 г/л, общей жесткостью 5.9-12.8 мг-экв/л и щелочной средой. Питание горизонта осуществляется на водораздельных пространствах за счет инфильтрации атмосферных осадков через четвертичные, реже альб-сеноманские отложения, разгрузка происходит в местах выклинивания горизонта в долинах рек. Апт-неокомский горизонт эксплуатируется колодцами, буровыми скважинами и каптированными родниками.

Верхнеюрский водоупор (J₃) распространен на северо-востоке, востоке, юго-западе

территории и приурочен к глинистым бат-келловейским и келловейским отложениям. Водоупорные породы представлены плотными жирными глинами с редкими включениями глинистых песков и алевроитов. Мощность водоупора изменяется от долей метра в местах выклинивания до 20 м в пределах долин. Кровля вскрывается на глубине до 50 м, на абсолютных высотах от 180 до 200 м. Водоупор разделяет водоносные горизонты мезозойских (реже четвертичных) и палеозойских отложений. Он обуславливает напорность вод нижележащих отложений, надежно защищает их от поверхностного загрязнения в пределах площади своего распространения.

Келловей-батский водоносный горизонт ($Jbt-cl$) распространен в двух погребенных долинах в северной половине территории. Он приурочен к нижней песчаной пачке прибрежно-континентальных отложений батского и низам келловейского ярусов юры. Водовмещающие пески мелкозернистые, кварцевые, часто глинистые (коэффициент фильтрации от 0.04 до 3.7 м/сутки), с прослоями глин и алевроитов. Мощность песков изменяется от 0 до 14, а местами до 30 м. В кровле горизонта, прослеживающейся на глубинах от 29 до 69 м (абсолютные высоты от 140 до 115 м), залегают бат-келловейские глины, на незначительных участках – обводненные четвертичные образования. Горизонт напорный, высота напора над кровлей колеблется от 23 до 61 м. Уровень воды устанавливается на глубине 9-11 м, на абсолютных высотах 163-176 м. Воды гидрокарбонатные кальциевые, с минерализацией 0.3-0.4 г/л, общей жесткостью 6.6-7.6 мг-экв/л и щелочной средой. Питание горизонта осуществляется за счет подтока вод из окско-тарусских и тульских отложений.

Тарусско-окский водоносный горизонт (C_{1ok-tr}) распространен на большей части территории за исключением древних четвертичных и бат-келловейских долин на севере, в пределах Барятинского и Серпейского поднятия и современных долин Брыни и Жиздры на юге. В центральной, южной и северо-восточной частях района он является первым от поверхности водоносным горизонтом; выходы его на дневную поверхность отмечены в бассейнах рек Рессы, Течи, Выссы, Локни, Птари, Серены, Пополты, Ковылинки, Дегны, Песочни, Болвы, Неполоди, Которянки и Брыни. Водовмещающие породы представлены трещиноватыми, нередко закарстованными известняками с подчиненными прослоями глин, алевроитов и песков тарусского, веневского, михайловского и алексинского горизонтов нижнего карбона. Мощность водоносного горизонта изменяется от 1 до 60 м. Коэффициент фильтрации известняков изменяется от 0.3 до 97.0, преимущественно составляя 2-25 м/сутки. Глубина залегания кровли изменяется от 0-20 в юго-западной, южной и восточной частях территории до 59-69 м в северо-восточной. Абсолютные высоты кровли убывают от 111 до 228 м. Воды горизонта преимущественно гидрокарбонатные кальциевые, с минерализацией от 0.1 до 0.8, чаще 0.3-0.4 г/л, общей жесткостью 0.68-17.06 мг-экв/л, величиной рН – 5.8-8.6. Питание горизонта осуществляется на междуречных пространствах за счет инфильтрации атмосферных осадков через четвертичные и мезозойские отложения. Горизонт широко используется для водоснабжения.

Воды спорадического распространения в верхнетульских отложениях ($C_1 tl_2$) развиты на большей части территории, исключая четвертичные палеодолины на северо-востоке, долины Брыни и Жиздры на юге и центральную часть Барятинского поднятия. Воды приурочены к прослоям и линзам песков, известняков, алевроитов и углей, содержащихся в глинистых отложениях нижней части алексинского и верхней части тульского горизонтов (общая мощность отложений от долей метра до 70 м) нижнего карбона. Коэффициент фильтрации песков от 0.01 до 17.5, а известняков – от 0.01 до 77 м/сутки. Мощность водоносных прослоев песков варьируется от 0.5-2.5 до 13.0 м, известняков – от 1-4 до 6, чаще 1-2 м. Воды водоносных линз и прослоев преимущественно гидрокарбонатные кальциевые, с минерализацией 0.2-0.42 г/л, общей жесткостью 2.0-7.9 мг-экв/л и щелочной средой.

Значение вод верхнетульских отложений для централизованного водоснабжения весьма ограничено в силу невыдержанности водоносных прослоев и небольших запасов воды.

Нижнетульский водоносный горизонт (C_{1tl}) распространен почти повсеместно, отсутствуя лишь на участках Якшуновского, Сухиничского и Козельского поднятий. Он приурочен к нижней песчаной пачке тульского горизонта нижнего карбона (пески с прослоями глин и алевритов); на дневную поверхность отложения горизонта выходят по правым притокам Угры и Жиздры. Водовмещающие пески преимущественно тонко- и мелкозернистые, иногда глинистые, имеют мощность от долей метра до 50 м. Коэффициент фильтрации песков изменяется от 0.01 до 15.9, чаще составляя 0.01-3.4 м/сутки. Глубина залегания кровли горизонта возрастает от 0-20 до 80-141 м. Абсолютные высоты кровли уменьшаются от 212-180 м на юго-западе территории до 81-100 м на северо-востоке. Воды горизонта гидрокарбонатные кальциевые и гидрокарбонатные кальциево-магниевые, с минерализацией 0.1-0.6, чаще 0.2-0.4 г/л, общей жесткостью 3.8-8.3 мг-экв/л и щелочной средой.

Воды спорадического распространения в бобриковских отложениях ($C_{1вв}$) широко развиты на территории, отсутствуя лишь в пределах глубоких древнечетвертичных долин. Мощность глинистых отложений изменяется от долей метра в местах выклинивания до 55 м в глубоких частях яснополянских палеодолин, мощность обводненных прослоев алевритов и мелкозернистых глинистых песков изменяется от 0.5 до 15.0-30.0, углей – от 0.9 до 4.5 м. Коэффициент фильтрации песков составляет 0.01-6.0, углей – 0.01-0.5 м/сутки. Глубина залегания кровли толщи изменяется от 0 до 174 м; абсолютные высоты ее – от 49 до 212 м. Воды преимущественно гидрокарбонатные кальциевые и гидрокарбонатные кальциево-магниевые, с минерализацией 0.3-0.5 г/л, общей жесткостью 4.9-7.9 мг-экв/л и щелочной средой.

Чернышинский водоносный горизонт ($C_{1сн}$) развит на отдельных небольших участках на юго-западе в районе р. Брынь и пос. Середейский и юго-востоке в районе д. Клыково. Водовмещающие трещиноватые, иногда закарстованные известняки чернышинской толщи черепетского горизонта нижнего карбона имеют мощность от долей метра до 13 м; коэффициент фильтрации их 7.8-130.0 м/сутки и более. Абсолютные высоты уровня горизонта изменяются от 138 до 183 м, при глубине его залегания от 0 до 20 м. Воды горизонта гидрокарбонатные кальциевые, с минерализацией 0.4 г/л, общей жесткостью 5.5-6.2 мг-экв/л и щелочной средой.

Упинский водоносный горизонт ($C_{1уп}$) широко распространен на описываемой территории и отсутствует лишь местами в северной половине ее, в днищах наиболее глубоких яснополянских долин, и на крайнем юго-востоке в долине Жиздры. Он приурочен к трещиноватым, иногда закарстованным известнякам упинского горизонта нижнего карбона с подчиненными прослоями глин и мергелей, общей мощностью от долей метра до 33, при средней мощности 18-25 м. Коэффициент фильтрации известняков изменяется от 0.03 до 52.5, в среднем составляя 0.03-5.0 м/сутки. Воды упинского горизонта напорные. Величина напора колеблется от 52 до 123 м. Уровень воды устанавливается на глубине от 3-5 в долинах рек до 20-40 м на водоразделах, на абсолютных высотах от 174 до 223 м. Воды гидрокарбонатные кальциевые, с минерализацией 0.2-0.9 г/л, общей жесткостью 3.5-13.9 мг-экв/л и величиной рН – 7.3-7.7.

Малевский водоупор ($C_{1мл}$) распространен почти повсеместно, отсутствуя лишь местами в северной половине площади в днищах наиболее глубоких яснополянских долин и на крайнем юго-востоке ее в долине Жиздры. Слагающие водоупор глины малевского горизонта нижнего карбона имеют мощность от долей метра до 12 м и включают подчиненные прослои известняков и мергелей. Кровля его вскрывается на глубинах от 0 до 187 м, на абсолютных высотах от 156 до 20 м. Малевский водоупор отделяет упинский водоносный горизонт, а на незначительных участках (в пределах глубоких яснополянских долин) спорадически обводненные бобриковские отложения от заволжского горизонта.

Водоудерживающая способность водоупора ослаблена на участках тектонических поднятий.

Заволжский водоносный горизонт ($C_1 zv$) распространен повсеместно и приурочен к одноименным отложениям нижнего карбона. Водовмещающие породы представлены трещиноватыми, загипсованными, иногда закарстованными доломитами, переслаивающимися с мергелями и глинами, общей мощностью от 42 до 54 м, с коэффициентом фильтрации 0.02-24.1, чаще 0.02-1.8 м/сутки. Глубина залегания кровли изменяется от 0 на юго-востоке до 190 м на северо-востоке; абсолютные высоты кровли уменьшаются от 16 до 146 м. Глубина залегания уровня воды изменяется от 0 до 109 м. Абсолютные высоты уровня горизонта на водораздельных участках составляют 155-186 м. Воды горизонта имеют минерализацию от 0.2 до 3.7 г/л. В западной, северо-восточной и южной частях территории воды пресные. На западе и северо-востоке они гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-магниевые, с минерализацией 0.6-0.8 г/л и общей жесткостью 9.5-13.2 мг-экв/л, на юге – гидрокарбонатные кальциевые и кальциево-магниевые, а минерализацией 0.2-0.5 г/л и общей жесткостью 3.1-8.4 мг-экв/л. Заволжский водоносный горизонт является одним из наиболее перспективных при дальнейшем расширении водоснабжения. Наиболее благоприятными для заложения скважин на воду являются участки в пределах Барятинского поднятия.

Фаменский водоносный комплекс (D_3fm) распространен повсеместно. Водовмещающие породы фаменского яруса верхнего девона представлены трещиноватыми доломитами (коэффициент фильтрации их 0.2-0.7 м/сутки) с прослоями иногда загипсованных мергелей и глин, с включением гипса и ангидрита, в основании с песчаниками. Мощность водоносных отложений 120-153 м. Глубина залегания кровли изменяется от 92 до 240 м. В кровле залегают обводненные заволжские доломиты, в подошве доломиты и известняки франского водоносного комплекса. Воды комплекса напорные. Величина напора изменяется от 113 на юго-западе до 177 м на северо-востоке территории. Абсолютные высоты пьезометрического уровня снижаются в северном направлении от 148 до 218 м. Водообильность пород низкая. Удельные дебиты скважин изменяются от 0.01-0.9 л/сек. Воды комплекса изменяются от пресных до солоноватых.

Франский водоносный, комплекс (D_3fr) имеет широкое распространение. Комплекс сложен известняками, мергелями, глинами, алевролитами и песками франского яруса верхнего девона. Общая мощность водоносного комплекса составляет около 280 м. Глубина залегания кровли изменяется от 248 до 390 м, абсолютные высоты кровли от «минус» 40 до «минус» 160 м. Комплекс повсеместно гидравлически связан с вышележащим фаменским. Можно предположить, что воды комплекса солоноватые, с общей минерализацией до 10 г/л, сульфатно-хлоридного, хлоридно-сульфатного и хлоридного типа.

Живетский водоносный комплекс ($D_2 gv$) распространен повсеместно и приурочен к одноименным отложениям среднего девона. Породы комплекса представлены песчаниками, песками, алевролитами, глинами, аргиллитами, гипсами и мергелями, общей мощностью 321 м. Глубина залегания кровли комплекса 525 м, абсолютная высота ее минус 597 м. Можно предположить, что в живетских отложениях содержатся соленые воды и рассолы общей минерализацией от 10 до 50 г/л. В районе Калужского поднятия воды комплекса на глубине 870-875 м соленые, имеют хлоридно-натриевый состав с минерализацией 25 г/л.

Вендский водоносный комплекс (PR_{3v})₂ приуроченный к отложениям валдайской серии верхнего протерозоя, распространен на северо-востоке. Породы комплекса представлены здесь аргиллитами с прослоями песчаников и алевроитов. Мощность их 177 м, глубина залегания кровли 846 м, абсолютная высота ее минус 718 м. Воды комплекса напорные (величина напора более 828 м). По химическому составу воды комплекса представляют собой рассолы хлоридно-натриевого состава, с общей минерализацией 91.6 г/л и температурой 25°C.

Водоносная зона трещиноватости кристаллического фундамента ($AR-PR_1$) приурочена к гранито-гнейсам протерозойско-архейского возраста. Вскрытая мощность водоносной зоны

равна 14 м. Гидрогеологического опробования не проводилось. Можно полагать, что в верхней трещиноватой зоне фундамента приурочены рассолы, аналогичные по химическому составу водам вендского комплекса» (Мельникова и др., 1982, стр. 13-16; Малюгина Л.Н., Кулешова Р.И. 1981, листы 36-IV, XII; 37-VII, I; Зекцер, Белоусова, 1990, стр. 21-30).

Условия и характеристика загрязнения водоносных горизонтов приведены в таблице 19.

Как видно из характеристики гидрогеологических условий, они отличаются большим разнообразием водоносных горизонтов как безнапорных, так и напорных, а в целом гидрогеологическое строение территории представляет собой «слоеный пирог». Безнапорные горизонты включают в себя воды четвертичных (аллювиальных, гляциальных, флювиогляциальных, болотных, пролювиальных горизонтов), меловых и юрских отложений. Все горизонты связаны между собой и не имеют выдержанных водоупоров внутри толщи (комплекса).

Напорные водоносные горизонты пресных подземных вод включают в себя множество связанных между собой водоносных горизонтов каменноугольного возраста. Между двумя толщами (водоносными комплексами) залегает выдержанный по площади верхнеюрский водоупор. Ниже каменноугольных горизонтов залегают водоносные горизонты девонского, протерозойского и архейского возраста, содержащие соленые подземные воды и рассолы.

Основной алгоритм оценки защищенности и уязвимости подземных (грунтовых) вод к загрязнению

Защищенность подземных и особенно грунтовых вод, выступающих предметом нашего изучения, от загрязнения сейчас является актуальной проблемой, что подтверждают многочисленные методы для оценки этой проблемы в нашей стране и за рубежом.

Основные положения, которые следует учитывать при оценке и картировании защищенности грунтовых вод, сформулированы в ряде работ (Белоусова, 2001, 2005, 2012; Белоусова, Галактионова, 1994; Белоусова и др., 2006, 2019).

Основные понятия и оцениваемые показатели

Рассмотрим основные понятия и алгоритм выполнения методики оценки защищенности и уязвимости подземных (грунтовых вод) к загрязнению.

1. Приведем определения основных оцениваемых показателей.

Защитная зона – это зона, отделяющая подземные воды от поверхностного загрязнения и имеющая двухуровневое строение: почвы и породы зоны аэрации. *Защищенность* – способность защитной зоны препятствовать проникновению загрязнения в подземные воды в течение определенного времени. Отношение реальной техногенной нагрузки изучаемой территории к естественной защищенности подземных вод называется их *уязвимостью* к загрязнению. Вещество считается загрязняющим, если его концентрации превышают фоновые значения. Следовательно, при оценке защищенности будем учитывать особенности строения защитной зоны, отделяющей грунтовые воды от поверхностного загрязнения, и процессы, происходящие в ней под влиянием загрязнения.

2. В защитной (ненасыщенной) зоне движение влаги, а с ней и загрязняющих веществ, как правило, носит вертикальный одномерный характер, что упрощает и математический аппарат для оценки защищенности, и картирование. В грунтовых водах, в первом от поверхности водоносном горизонте и следующих за ним напорных горизонтах движение потоков подземных вод и загрязняющих веществ имеют трехмерный характер, что усложняет математический аппарат, описывающий эти процессы, и делает нецелесообразным их учет при построении карт защищенности вод и построение карт защищенности горизонтов.

Таблица 19. Характеристика загрязнения водоносных горизонтов. **Table 19.** Characterization of pollution of aquifers.

Названия водоносных горизонтов	Загрязняющее вещество	Количество (мг/л)	ПДК (мг/л)	Коэффициент распределения, K_d (мг/л)
Водоносный горизонт современных аллювиальных отложений	SO_4^{2-}		500	0.36(П)
	Cl		350	
	NO_3^-	2.7-60.0	45	
Валдайско-московский водоносный горизонт водно-ледниковых отложений	Cl		0.3-0.5	
Воды спорадического распространения московской морены	NO_3^-	до 68.6	45	
Московско-днепровский водоносный горизонт водно-ледниковых отложений	Cl		350	
	SO_4^{2-}		500	0.36(П)
	Na		200	
Воды спорадического распространения днепровской морены	NO_3^-		45	
Воды современных болотных образований	Fe		0.3-1.0	28(Сг), 40(Сп), 20(П)
	NH_3		2.0 (по азоту)	
Верхнечетвертичный аллювиальный водоносный горизонт	F	0.08-0.38	1.5	
	Ba	0.01-0.32	0.1	3.43-6.36(Г)
	Br	0.19-0.27	0.2	
	Cl	до 147.1	350	
	SO_4^{2-}	до 116.5	500	0.36(П)
	Нитрат-ион	до 229.0	3.0	
	Zn	0.006-0.3	5.0	400(Сг), 200(Сп), 30(П)
Sr	0.01-1.8	7.0	97(Сг), 7.5(Сп), 1.75(П)	
Верховодка в верхнечетвертичных перигляциальных и делювиальных образованиях	Cl	до 112.7	350	
	Азотистые соединения	до 92.8		
	NO_3^-	2.1-174	45	
Верхнемосковский конечно-моренный водоносный горизонт	F	до 0.25	1.5	
	Ba	до 0.16	0.1	3.43-6.36(Г)
	Cl	до 100.7	350	
	NO_3^-	до 37.1	45	
Верхнемосковская ледниковая спорадически обводненная толща	F	до 0.5	1.5	
	Ba	до 0.12	0.1	3.43-6.36(Г)
	I	до 0.22	0.125	
	Cl-	до 346.5	350	

Продолжение таблицы 19.

Названия водоносных горизонтов	Загрязняющее вещество	Количество (мг/л)	ПДК (мг/л)	Коэффициент распределения, Kd (мг/л)
	SO_4^{2-}	до 235.8	500	0.36(П)
	NO_3^-	до 180.0	45	
	Zn	0.006-0.6	5.0	400(Сг), 200(Сп), 30(П)
	Sr	0.01-0.15	7.0	97(Сг), 7.5(Сп), 1.75(П)
Нижне-верхнемосковский водно-ледниковый водоносный горизонт	F	до 0.42	1.5	
	Ba	до 0.34	0.1	3.43-6.36(Г)
	I	до 0.13	0.125	
	Li	0.041	0.03	
	Cl^-	до 232.6	350	
	NO_3^-	до 264.0	45	
Днепровско-окский аллювиально-флювиогляциальный водоносный горизонт	Zn	0.01-0.03	5.0	400(Сг), 200(Сп), 30(П)
	Sr	0.03-0.08	7.0	97(Сг), 7.5(Сп), 1.75(П)
	Ba	0.01	0.1	3.43-6.36(Г)
Миоценовый водоносный горизонт	NO_3^-	90.6-184.0	45	
Сантон-туронский водоносный комплекс	Cl^-	до 188.9	350	
	NO_3^-	до 74.3	45	
Сеноман-альбский водоносный горизонт	Cl^-	до 129.8	350	
	Zn	0.15-2.0	5.0	400(Сг), 200(Сп), 30(П)
	Sr	0.01-1.0	7.0	97(Сг), 7.5(Сп), 1.75(П)
	NO_3^-	79.7-124	45	
	Ba	0.01-0.04	0.1	3.43-6.36(Г)
Апт-неокомский водоносный горизонт	Cl^-	до 209.2-232.0	350	
	NO_3^-	до 210-232	45	
	Zn	0.01-0.04	5.0	400(Сг), 200(Сп), 30(П)
	F	0.13-0.38	1.5	
Келловей-батский водоносный горизонт	Zn	0.01-0.08	5.0	400(Сг), 200(Сп), 30(П)
	Sr	0.03	7.0	97(Сг), 7.5(Сп), 1.75(П)
Тарусско-окский водоносный горизонт	F	до 0.5	1.5	
	Ba	0.2	0.1	3.43-6.36(Г)
	Br	0.51	0.2	
	I	0.47	0.125	
	Cl^-	до 117.9	350	
	NO_3^-	до 190	45	
	Fe	до 8.2	0.3-1.0	28(Сг), 40(Сп), 20(П)
	Zn	0.006-3.0	5.0	400(Сг), 200(Сп), 30(П)
	Sr	0.01-0.8	7.0	97(Сг), 7.5(Сп), 1.75(П)

Продолжение таблицы 19.

Названия водоносных горизонтов	Загрязняющее вещество	Количество (мг/л)	ПДК (мг/л)	Коэффициент распределения, K_d , (мг/л)
Воды спорадического распространения в верхнетульских отложениях	Zn	0.02-0.03	5.0	400(Сг), 200(Сп), 30(П)
	Sr	0.05-0.1	7.0	97(Сг), 7.5(Сп), 1.75(П)
	Ba	0.03	0.1	3.43-6.36(Г)
Нижнетульский водоносный горизонт	Sr	0.06-0.3	7.0	97(Сг), 7.5(Сп), 1.75(П)
	Ba	0.01	0.1	3.43-6.36(Г)
	F	0.13	1.5	
Упинский водоносный горизонт	NO_3^-	до 32	45	
	F	0.08-1.75	1.5	
	Ba	0.05-0.74	0.1	3.43-6.36(Г)
Заволжский водоносный горизонт	Sr	1.4-18.7	7.0	97(Сг), 7.5(Сп), 1.75(П)
	Zn	0.002-0.03	5.0	400(Сг), 200(Сп), 30(П)
	Sr	3.1-14.4	7.0	97(Сг), 7.5(Сп), 1.75(П)
	Ba	0.03-2.32	0.1	3.43-6.36(Г)
	Li	0.03-0.65	0.03	
	F	0.1-0.86	1.5	
Фаменский водоносный комплекс	NO_3^-	до 104	45	
	F	0.13-1.5	1.5	
	Sr	0.6-5	7.0	97(Сг), 7.5(Сп), 1.75(П)
	Ba	0.08-0.62	0.1	3.43-6.36(Г)

Примечания к таблице 19: П – пески, Г – глины, Сп – супеси, Сг – суглинки.

3. Карты защищенности в такой постановке имеет смысл строить только для грунтовых вод. Карты носят оценочный (приближенный характер), что также подтверждает положение, приведенное в пункте 2. В связи с этим названные карты могут быть использованы для приближенной оценки развития ситуации и принятия предварительных инженерных решений, а также стать основой для проектирования исследований более крупного масштаба и построения геофильтрационной и геомиграционной моделей защитной зоны для дальнейших прогнозных расчетов изменения загрязнения в ней и грунтовых водах.

4. В связи с тем что оценка защищенности, как правило, имеет картографическое выражение, необходимо в первую очередь установить масштаб этой оценки, затем выполнить все требования (кондиции) к исходному материалу (содержание, качество, количество) для данного масштаба исследований. Кроме этого необходимо соблюсти следующие требования: карты должны быть просты в построении и легко читаемые при использовании.

Карты защищенности целесообразно строить в среднем масштабе (1:200000 и 1:100000), как наиболее отвечающем возможностям осуществить оценку защищенности на качественном и количественном уровнях. Для мелкомасштабных построений в крупных регионах следует использовать только качественные оценки природного защитного потенциала защитной зоны без учета физико-химических процессов, протекающих в ней. Построение крупномасштабных карт для локальных и точечных объектов теряет смысл, если исходить из требований к исходным материалам для такого масштаба, которому необходимы не только данные о геологическом и гидрогеологическом строении территории, но и параметры процессов движения влаги (потоков) и загрязняющих веществ.

При наличии этих данных нет необходимости строить приближенные карты, а есть

смысл, используя точные математические методы, провести моделирование процессов загрязнения и затем построить любые прогнозные карты, характеризующиеся высокой достоверностью.

5. Для построения карты необходимо располагать следующими сведениями о защитной зоне и грунтовых водах: рельеф местности, его уклоны, характер гидрографической сети; метеорологические данные – величину атмосферных осадков; литологическое строение защитной зоны; фильтрационные свойства пород, слагающих защитную зону; ее мощность или глубину залегания грунтовых вод; величины поверхностного и подземного стоков и их соотношения; величину инфильтрационного питания грунтовых вод и их режим.

В связи с этим необходимо иметь следующие данные о загрязняющих веществах: тип источника загрязнения (точечный, площадной – диффузный); тип вещества (воздушный – аэрозольный, жидкий, твердый); объем выброса загрязняющих веществ; их химический состав; время воздействия загрязняющего вещества на окружающую среду; миграционные свойства как фильтрационной среды, так и загрязняющих веществ; физико-химические процессы, сопровождающие миграцию загрязняющих веществ; основные параметры процесса, оказывающего наибольшее влияние на взаимодействие в системе порода – вода.

6. Следующим важным аспектом является установление критериев оценки защищенности. «Главный фактор для выбора критериев оценки защищенности – степень токсичности загрязняющего вещества, имеющая следующие градации:

I категория – чрезвычайно опасные химические элементы, содержание которых в подземных водах не может превышать 1.0 мг/л;

II категория – высокоопасные и умеренно опасные химические элементы, содержание которых в подземных водах может изменяться от 1.0 до 10.0 мг/л;

III категория – малоопасные химические элементы, содержание которых в подземных водах может превышать 10 мг/л» (Белюсова, 2012, стр. 12).

Следовательно, категории оценки защищенности грунтовых вод должны устанавливаться с учетом категорий токсичности загрязняющих веществ. Большинство из нормируемых в нашей стране элементов относится к категории чрезвычайно опасных загрязняющих веществ. Для них следует применить самый жесткий подход при выборе категории оценки защищенности грунтовых вод от них. Для этого случая примем концепцию о беспороговой концентрации этих химических элементов в грунтовых водах. Наиболее подходящей оценкой защищенности грунтовых вод от загрязнения чрезвычайно опасными загрязняющими веществами является время проникновения (t_3) загрязняющего вещества через защитную зону в грунтовые воды.

Для оценки защищенности грунтовых вод от загрязнения высоко и умеренно опасными загрязняющими веществами целесообразно использовать менее жесткую оценку: если поверхностное загрязнение этими веществами очень сильное (более 5 ПДК), то защищенность грунтовых вод следует оценивать как для чрезвычайно опасных загрязняющих веществ, а если поверхностное загрязнение не более 5 ПДК, то оценивать защищенность можно как для малоопасных загрязняющих веществ.

Для оценки защищенности грунтовых вод от загрязнения малоопасными веществами используем самую мягкую оценку – время достижения загрязняющим веществом в инфильтрующемся потоке на границе с грунтовыми водами ПДК.

Анализ радиационной обстановки после аварии на ЧАЭС показал наличие загрязнения в грунтовых водах радионуклидами на территориях Российской Федерации, пострадавших от Чернобыльской аварии, только уровень этого реального загрязнения не превышает предельный уровень (ПУ) и ПДК. Поэтому рассмотрим на примере радиоактивного загрязнения (как наиболее проявившегося на изучаемой территории) методику оценки защищенности и уязвимости грунтовых вод к этому типу загрязнения.

Среднемасштабная оценка защищенности грунтовых вод от загрязнения чрезвычайно опасными загрязняющими веществами, включая радионуклиды

Оценка защищенности грунтовых вод осуществляется для предельных условий, когда предполагается, что загрязнение данными загрязняющими веществами распространяется на всю исследуемую территорию вне зависимости от его интенсивности.

Оценка защищенности и уязвимости грунтовых вод к радиоактивному загрязнению специфична. В общепринятом у гидрогеологов смысле защитная зона, отделяющая грунтовые воды от поверхностного загрязнения, – зона аэрации. В случае попадания радионуклидов на поверхность земли защитной зоной (буфером) более высокого порядка являются почвы, способные связать большое количество радионуклидов. Зона, защищающая подземные воды от радиоактивного загрязнения, имеет двухуровневое строение: первый уровень – почвы, второй – породы зоны аэрации. Для построения карт защищенности и уязвимости грунтовых вод к загрязнению необходимо иметь комплект карт, последовательность построения которых отражена ниже. Составление карт ведется в среднем масштабе (1:200 000).

Построение карты защитной зоны. При построении такой карты (Белоусова, 2001, 2003; Белоусова и др., 2006) первый уровень защитной зоны отражается на почвенной карте (за основу принята «Государственная почвенная карта СССР» (1953)), на которой показывается тип почв и их механический состав. Строение второго уровня защитной зоны характеризуется двумя картами: глубин залегания грунтовых вод и литологического строения зоны аэрации. Карта глубин залегания грунтовых вод строится по общепринятой в практике гидрогеологических исследований методике со следующими градациями глубин залегания: 0-3, 3-5 м (отражают условия усиленной миграции радионуклидов и условия подтопления территории); 5-10 м (глубина проникновения радионуклидов за год), последняя может достигать 0.6 м для ^{90}Sr и 0.45 м для ^{137}Cs . Тогда за период T (период полураспада ~ 30 лет), называемый средней продолжительностью жизни радионуклида, он может проникнуть на глубину 10 м до распада (эти данные носят единичный характер, в основных работах почвоведов скорость проникновения радионуклидов в почвенный слой в несколько раз меньше, но в специфических природных условиях она может значительно увеличиваться). Последующие градации выбираются в зависимости от значений максимальных глубин залегания ГВ на изучаемой территории с шагом через 5 или 10 м (в нашем случае 10-20 и более 20 м), для построения карты глубины залегания грунтовых вод использовались гидрогеологические карты (Государственная ..., 1972-1976). Для характеристики второго уровня защитной зоны использовались карты четвертичных отложений (Государственная ..., 1976-1980), на которых обобщены сведения о литологии, водно-физических и фильтрационных свойствах пород зоны аэрации по всем генерализованным литолого-генетическим комплексам. По характеру сложения защитной зоны в ее разрезе выделяется три типа литологического строения: одно-, двух- и трехслойное.

Карта защитной зоны получается путем наложения почвенной карты, отображающей строение ее первого уровня, и карт, характеризующих строение второго уровня защитной зоны (глубин залегания и литологического строения зоны аэрации). На карте выделяются типовые участки, характеризующиеся определенным строением первого и второго уровней защитной зоны и глубиной залегания грунтовых вод, описание этих типовых участков приведено в легенде к карте.

Обобщенная информация о свойствах почв и пород зоны аэрации: физико-механических (количество пылеватых и глинистых частиц), водно-физических (объемная масса, объемная масса скелета грунта, пористость, естественная влажность, полная влагоемкость); агрохимических (количество гумуса); о параметрах процесса фильтрации (коэффициент

фильтрации, величина инфильтрационного питания). Коэффициент фильтрации обычно устанавливается по данным гидрогеологических и инженерно-геологических исследований. Величина инфильтрационного питания может быть получена по данным наблюдений за режимом грунтовых вод, а также по результатам специальных исследований, связанных с изучением влагопереноса. Она определяет интенсивность миграционных процессов радионуклидов в защитной зоне, скорость их продвижения к грунтовым водам, что и вызывает необходимость более точного ее определения для каждого типа строения защитной зоны.

Следующий этап построения карты защитной зоны – установление категорий для характеристики природного потенциала защитной зоны и ее способности защитить грунтовые воды от загрязнения любого типа (радионуклидами, тяжелыми металлами, нитратами и др.). Защищенных подземных вод в природе в настоящее время практически нет, о чем свидетельствует наличие нитратного загрязнения в глубоких водоносных горизонтах, а также существование «быстрых» путей миграции естественного и техногенного происхождения. При выделении категорий учитывается следующее:

1) наличие или отсутствие защитных свойств у почвенного покрова (если почвы сложены суглинками и глиной, защитные свойства присутствуют, если песками и супесями – отсутствуют);

2) наличие или отсутствие защитных свойств пород зоны аэрации:

– при однослойном строении зоны аэрации выбор производится аналогично пункту 1;

– при многослойном строении важно установить в разрезе зоны аэрации чередование проницаемых и слабопроницаемых прослоев, что влияет на характер влагопереноса и миграцию загрязняющих веществ;

– все выделенные типы строения зоны аэрации располагаются в порядке ухудшения проницаемости пород: пески – супеси – переслаивание пород (в начале располагаются разрезы, в которых проницаемые отложения залегают первыми от поверхности, затем разрезы со слабопроницаемыми верхними слоями и последними следуют разрезы с обратной слоистостью) – суглинки – глины;

3) глубина залегания грунтовых вод, определяющая мощность зоны аэрации и время достижения фронтом инфильтрующихся загрязненных вод грунтового водоносного горизонта.

По соотношению литологического строения первого и второго уровней защитной зоны и глубине залегания грунтовых вод на качественном уровне были установлены следующие категории защитного потенциала защитной зоны (Белоусова, 2012):

– чрезвычайно слабый защитный потенциал;

– слабый защитный потенциал;

– средний защитный потенциал;

– высокий защитный потенциал.

Наличие в разрезе защитной зоны (в двух ее уровнях) проницаемых пород при малой глубине залегания грунтовых вод обуславливает плохие защитные свойства защитной зоны; по мере увеличения глубины залегания грунтовых вод и появления в разрезе слабопроницаемых пород защитный потенциал этой зоны усиливается и продвижение загрязняющих веществ через нее замедляется.

Карта защитной зоны является базовой для построения карт защищенности и уязвимости грунтовых вод к любым загрязняющим веществам.

Построение карты защищенности грунтовых вод от загрязнения радионуклидами. При оценке возможности загрязнения грунтовых вод радионуклидами учитываются: сорбционные свойства, обеспечивающие задержание радионуклидов почвами и породами зоны аэрации, ограничение интенсивности продвижения (вплоть до полного задержания) с инфильтрационным потоком до грунтовых вод; миграционные свойства почв и пород зоны

аэрации, зависящие от физико-механических, водно-физических, фильтрационных свойств, их минералогического состава и характеризующие интенсивность продвижения фронта загрязненных инфильтрующихся вод в глубь зоны аэрации до грунтовых вод; путь фильтрации (инфильтрации), то есть мощность зоны аэрации или глубина залегания грунтовых вод; период полураспада радионуклидов; форма миграции радионуклидов (ионная, комплексная и др.); интенсивность процесса разбавления загрязненного инфильтрационного потока грунтовых вод; наличие «быстрых» путей миграции (трещины, крупные поры, ходы корней, кротовины и другие естественные нарушения, содержащиеся в почвах и породах зоны аэрации, а также колодцы, скважины и другие инженерные сооружения, вскрывающие подземные воды и в случае пристенной⁶ фильтрации являющиеся источниками загрязнения).

Особенности миграции радионуклидов. Параметры переноса радионуклидов зависят от разных факторов. В работах А.В. Коноплева с соавторами (1988) и Б.С. Пристера с соавторами (1990) отмечается зависимость коэффициента диффузии радионуклидов от влажности почв. Многими исследователями (Изотопы в гидросфере, 1989) получен ряд подвижности радионуклидов в почвах в порядке увеличения их миграционной способности и скорости поступления в грунтовые и поверхностные воды: ^{144}Ce , ^{95}Nb , ^{95}Zr , ^{106}Ru , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{90}Sr . Принято обобщенно оценивать сорбционную способность почв с помощью коэффициента распределения K_p , равного отношению концентрации радионуклидов в единичном объеме грунта к равновесному содержанию его в водном растворе, находящемся в контакте с данным образцом породы (Семенютин и др., 1989; Яковлев, 1988).

Поглощение долгоживущих радионуклидов (например, ^{137}Cs , ^{90}Sr) песчано-глинистыми грунтами увеличивается с уменьшением крупности минеральных частиц и ростом содержания пылеватого и глинистого материала (Семенютин и др., 1989; Колобов, Хитров, 1990). При этом наибольшей миграционной способностью обладает ^{90}Sr , для которого минимальное значение K_p равно 10, что значительно меньше значения $K_p \sim (10 \cdot 10^3)$ для ^{137}Cs . Вертикальная миграция радионуклидов возрастает в более легких по механическому составу почвах, а также в почвах, содержащих меньшее количество органического вещества. Экспериментально установлено, что процесс миграции радионуклидов в горизонте почв 0-5 см развивается медленнее, чем в горизонте 5-20 см в первые два года после аварии, а затем скорости процессов выравниваются (Пристер и др., 1990; Семенютин и др., 1989).

На миграцию радионуклидов, находящихся в растворенном состоянии и на коллоидных частицах, помимо состава почвы и метеорологических условий существенно влияют физико-химические свойства радиоактивных изотопов (^{90}Sr в отличие от ^{137}Cs , ^{106}Ru , ^{144}Ce мигрирует главным образом в виде обменных форм с инфильтрационным потоком). Обменные формы мигрируют быстрее необменных, поэтому с ростом глубины в вертикальной миграции радионуклидов должен увеличиваться перенос обменных форм и проявляться в большей степени влияние индивидуальных специфических химических свойств радионуклидов. Миграция ^{137}Cs и других подобных ему радионуклидов, преобладающих в верхнем слое почвы, может происходить и за счет засыпания (лессиваж) частиц в трещины и биоперемешивания (Пристер и др., 1990). Доля обменного ^{90}Sr в почве составляет 5-36% валового его содержания, а 82-99% валового содержания ^{137}Cs в почве находится в необменном состоянии (Коноплев, 1988). В работе Б.С. Пристера с соавторами (1990) отмечено, что скорость миграции ^{90}Sr близка к скорости конвективного переноса. Исследования, проведенные в Средней Азии, показали, что скорость миграции ^{90}Sr достигает 60-70 см/год при периодическом орошении, и 120-150 см/год при регулярном. Скорость

⁶ Пристенная фильтрация – это ускоренный путь миграции вдоль ствола скважины в случае недостаточной герметичности.

миграции ^{137}Cs также увеличивается (Алексахин, 1992; Круглов и др., 1990).

Существенна роль растительного покрова в вертикальной миграции радионуклидов. При густом растительном покрове сорбируется ~80% выпавших радионуклидов, при редком – 40%. В лесу основное количество выпавших радионуклидов задерживается подстилкой, под подстилку проникает около 10% радионуклидов (Проблемы ..., 1992).

В ряде научных публикаций (Оценка и прогноз ..., 2001; Проблемы ..., 1992; Павлоцкая, 1992) обозначен факт того, что радионуклиды в почвах содержатся в водорастворимой (катионной, анионной и нейтральной), легкорастворимой (подвижной), кислоторастворимой и аморфной формах. Выявлено также, что ^{90}Sr в основном находится в хорошо растворимых органических веществах и их соединениях с химическими элементами, в первую очередь с железом и алюминием. Обнаружение анионной формы ^{90}Sr в водорастворимом состоянии и в гумусовых кислотах свидетельствует о нахождении его в комплексных соединениях. К общему характеру поведения радионуклидов относятся их повышенное содержание на дне балок, у подножия склонов, притеррасных понижениях и поймах рек, в болотах на водосборных территориях, являющихся местным геохимическим барьером на пути выноса химических элементов. Их минимальное количество наблюдается на склонах и сильно обводненных почвах, а также на хорошо дренируемых и аэрируемых песчаных почвах водоразделов. Следует отметить двойную роль органического вещества, гумусовых кислот в миграции радионуклидов. С одной стороны, они содействуют увеличению поглощения и прочности связи радионуклидов с почвами, с другой – переходу радионуклидов в подвижное состояние.

В ряде работ (Оценка и прогноз ..., 2001; Семенютин и др., 1989; Павлоцкая, 1992) показано, что своеобразной аномалией (характеризующейся наибольшей подвижностью радионуклидов) являются районы Украинского и Белорусского полесий, а также ряд областей России. Распространение в этих районах малопродуктивных дерново-подзолистых и торфянистых почв легкого (песчаного и супесчаного гранулометрического состава) гидроморфного типа приводит к тому, что подвижность ^{137}Cs , ^{90}Sr в этих почвах заметно выше, чем в почвах более тяжелого механического состава, обогащенных гумусом, кальцием и другими обменными основаниями, с более высоким рН.

В работе А.И. Бурнадяна (1990) анализируется состояние радиоактивного следа в районе комбината «Маяк», Челябинская область. Показано, что ^{90}Sr в верхнем слое почвы содержится в обменной форме (72-95%) и что его значительная часть находится в комплексе с органическим веществом почвы (с фульвокислотами). За 10 лет наблюдений установлен ряд почв по степени увеличения накопления радионуклидов в слое 5-30 см: чернозем > серая лесная > солончак > торфяно-болотная > дерново-подзолистая > солодь луговая, что свидетельствует о том, солодь луговая обладает самыми высокими миграционными свойствами. Данные показывают, что наблюдается медленный переход радиоактивных изотопов в нижние слои почвы из верхнего 5-см слоя со скоростью 2-5% в год. Однако основная доля радиоактивных изотопов (60-80%) во всех типах целинных почв через 12 лет после выпадения находится в верхнем корнеобитаемом слое.

В работе Г.И. Антоненко с соавторами (1994) подтверждается тот факт, что на дерново-подзолистой почве скорость взаимодействия ^{137}Cs с почвой выше, чем на черноземе и аллювиально-слоистой почве.

В публикациях (Кудельский и др., 1997) приводится информация о том, что с 1987 по 1994 гг. наблюдалось уменьшение загрязнения речных вод, которое не связано с естественным распадом радионуклидов. Данные показали, что помимо радиоактивного распада на концентрацию радионуклидов влияет перераспределение радиоактивных продуктов по вертикальному профилю почв водосборных территорий, которое приводит к снижению уровня загрязнения приповерхностного почвенного слоя и, как следствие, к

уменьшению поверхностного смыва радионуклидов.

Известно, что радионуклид ^{137}Cs , как правило, присутствует в необменной форме и мигрирует диффузионным путем, а ^{90}Sr в основном находится в обменной форме и соответственно мигрирует в десятки раз интенсивнее ^{137}Cs , механизм его движения в большей степени отвечает условиям конвективного переноса. При перемещении фронта загрязнения возникает дисперсия скоростей потока. С позиций математического моделирования массопереноса в нашем понимании (Белоусова, 2001) для переноса радионуклидов можно выделить диффузионную модель для ^{137}Cs и дисперсионную модель для ^{90}Sr , в зависимости от строения фильтрационной среды она имеет две модификации: микродисперсию для гомогенной среды с двойной пористостью и макродисперсию для гетерогенной среды (гетерогенно-блоковой и среды с упорядоченной неоднородностью). Диффузия характеризуется коэффициентом молекулярной диффузии, дисперсия – коэффициентом дисперсии для каждого радионуклида и структурным параметром среды, определяемыми по нейтральному ингредиенту.

Миграция радионуклидов сопровождается физико-химическими процессами. К таким процессам могут быть отнесены: ионный обмен, сорбция – десорбция, растворение – осаждение, выщелачивание, радиоактивный распад, осмос, комплексообразование и другие. Сорбция радионуклидов почвами более изучена по сравнению с сорбцией породами зоны аэрации, остальные процессы практически не изучены. Основным параметром, характеризующий сорбцию, – коэффициент распределения радионуклида.

В связи с тем что на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в пределах России, экспериментально параметры массопереноса радионуклидов не определялись, был проанализирован и обобщен опыт наблюдений отечественных и зарубежных специалистов за поведением радионуклидов чернобыльского происхождения на Украине и в Белоруссии и представлены результаты исследований по глобальным выпадениям радионуклидов на территории бывшего СССР (начиная с 50-х годов), данные экспериментальных и натуральных наблюдений, проведенных за рубежом.

По результатам обобщения литературных и опытных данных (Белоусова, 2001) был сделан ряд выводов.

По интенсивности миграции ^{90}Sr значительно опережает ^{137}Cs (первому соответствует конвективный, а второму – диффузионный механизм переноса, что выражается в различии, в основном на два порядка, коэффициентов дисперсии и диффузии);

« ^{90}Sr меньше сорбируется почвами и породами зоны аэрации, чем ^{137}Cs . Наибольшими сорбционными способностями обладает чернозем $K_p=490-1150$ (^{90}Sr) и $1200-10000$ мл/г (^{137}Cs). Для серых лесных почв $K_p=6-180$ (^{90}Sr) и $36-6100$ мл/г (^{137}Cs). Для подзолистых почв $K_p=3-700$ (^{90}Sr) и $40-1500$ мл/г (^{137}Cs) (супесчаные и суглинистые почвы). Для аллювиальных и подзолистых песчаных почв $K_p=5-10$ (^{90}Sr) и $20-400$ мл/г (^{137}Cs). Для пород зоны аэрации характерны следующие значения: пески $K_p=1-100$ (^{90}Sr) и $10-300$ мл/г (^{137}Cs); суглинки (глины) $K_p=6-200$ (^{90}Sr) и $26-1000$ мл/г (^{137}Cs).

Неоднозначными сорбционными свойствами обладают торфяники. По данным одних исследователей они имеют наименьшую сорбционную способность $K_p=2-10$ (^{90}Sr) и $5-190$ мл/г (^{137}Cs), а по данным других исследователей – наибольшую сорбционную способность $K_p=400-700$ (^{90}Sr) и $2000-5000$ мл/г (^{137}Cs)» (Круглов и др., 1990; Прохоров, 1981). Это, по-видимому, связано со сложными условиями строения и формирования болот: от типа болот (верховые, низинные, переходные), от степени их проточности, от степени разложения торфов, от состава гумусовых, фульво- и низкомолекулярных кислот, от состава комплексных соединений металлов и др., что требует детального изучения болот.

Почвы обладают наибольшей удерживающей способностью по отношению к радионуклидам, что и определяет их как буфер более высокого порядка, чем породы зоны

аэрации. При оценке защищенности подземных вод их необходимо учитывать.

Следующий этап построения карты – установление категорий защищенности грунтовых вод от загрязнения. Выделяются пять категорий защищенности грунтовых вод от загрязнения: незащищенные, слабо защищенные, средне защищенные и условно защищенные и защищенные. Самые токсичные из долгоживущих радионуклидов – ^{90}Sr и ^{137}Cs , поэтому оценка защищенности должна проводиться отдельно по каждому радионуклиду.

Защищенность грунтовых вод от любого загрязняющего вещества зависит от времени достижения фронтом загрязненных инфильтрационных вод водоносного горизонта (t_3). Время прохождения растворенным в воде радионуклидом толщи почв и пород зоны аэрации мощностью M с заполнением их сорбционной емкости и последующим достижением грунтовых вод можно определить по формуле 1 (Белоусова, 2005):

$$t_3 = \frac{M \theta_i}{v} + \frac{M \theta \delta K_p}{W} \quad (1),$$

где K_p , л/кг – коэффициент распределения; δ , кг/дм³ – объемная масса скелета грунта, θn – полная влагоемкость (в долях единицы); v , м/сут. – скорость просачивания инфильтрационного потока, который рассчитывается по формуле 2 (Биндеман, 1963):

$$v = \frac{1}{\theta} \sqrt[3]{W^2 k_\phi} \quad (2),$$

где θ – естественная влажность пород (в долях единицы), W – инфильтрационное питание (м/сут); k_ϕ – коэффициент фильтрации (м/сут).

Первое слагаемое в формуле 1 характеризует движение влаги в ненасыщенной зоне (или движение нейтрального загрязняющего вещества), второе – физико-химическое взаимодействие (сорбцию) в системе порода – вода (или задержку вещества породой). В случае, когда коэффициент распределения значительно превышает единицу (как это характерно для радионуклидов), первым слагаемым в формуле 1 можно пренебречь, также как и вторым, когда коэффициент распределения значительно меньше единицы.

Шкала категорий естественной защищенности грунтовых вод от загрязнения была построена с учётом T – периода полураспада радионуклида. Поскольку период полураспада радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr близка к 30 годам, то выделены следующие категории:

- незащищенные грунтовые воды: 30 лет $>t_3 < T$;
- слабо защищенные: $T < t_3 < 2T$ и 30 лет $< t < 60$ лет;
- средне защищенные: $2T < t_3 < 3T$ и 60 лет $< t < 100$ лет;
- условно защищенные: 100 лет $> t_3 > 3T$ и 100 лет $< t < 300$ лет;
- защищенные: 300 лет $< t_3 > 10T$.

Выделение категорий по времени продвижения загрязняющего вещества через защитную зону по существу является приближенной прогнозной оценкой процесса загрязнения грунтовых вод в данном случае радионуклидами.

Карты естественной защищенности грунтовых вод от загрязнения ^{90}Sr и ^{137}Cs строятся на основе карты защитной зоны. Сравнение карт показывает, что наиболее опасен для грунтовых вод ^{90}Sr , так как загрязнение им может охватить в короткий период (меньше 5 лет) большие участки водоносного горизонта.

Обсуждение результатов среднемасштабной (1:200000) оценки защищенности грунтовых вод от загрязнения радионуклидами

Основными радионуклидами в выпадениях в зоне радиоактивного следа на территории Калужской области являются ^{137}Cs и ^{90}Sr . За прошедшие 30 лет после аварии активность этих

радионуклидов в поверхностных выпадениях должна снизиться вдвое против начальной, сразу после аварии, так как период полураспада их составляет около 30 лет.

Для построения карт защищенности грунтовых вод от загрязнения необходимо иметь комплект карт.

Карта защитной зоны. В связи со сложным литологическим строением защитной зоны (до четырехслойного) для установления потенциала защитной зоны был использован «весовой»⁷ метод оценки всех ее составляющих с присвоением им весовых значений от самых малых для характеристики слабых защитных свойств (например: песчаные почвы, пески зоны аэрации, малые глубины залегания грунтовых вод) до высоких защитных свойств (почвы с высоким содержанием гумуса, глины и большие глубины залегания грунтовых вод) с последующим суммированием всех взвешенных показателей (строения почв, послойным строением зоны аэрации и глубины залегания грунтовых вод) для всех типовых участков (табл. 19). Потенциал защитной зоны установлен по следующим весовым интервалам: слабый – 4-8, средний – 9-13, высокий – 14-17.

На карте защитной зоны (рис. 10) площади со слабым защитным потенциалом приурочены к долинам рек в зоне радиоактивного следа на территории Калужской области, водораздельные пространства характеризуются средним защитным потенциалом, и только локальные участки на юго-западе, западе и северо-западе отличаются сильным защитным потенциалом.

Карты защищенности грунтовых вод от загрязнения радионуклидами. Оценка защищенности грунтовых вод от загрязнения радионуклидами была составлена по методике, изложенной в ряде работ (Белоусова, 2001, 2005, 2012), отдельно для таких радионуклидов как ^{90}Sr и ^{137}Cs с применением ГИС-технологий. Для каждого из 81 выделенного типового участка на карте защитной зоны (рис. 10) по формуле 1 с учетом строения каждого участка (табл. 20) и особенностей строения защитной зоны и параметров сорбции (табл. 21) рассчитывалось время миграции радионуклидов через защитную зону в грунтовые воды (табл. 22).

На построенной карте защищенности грунтовых вод от загрязнения ^{90}Sr видно (рис. 11), что около 50% территории относятся к незащищенным от загрязнения ^{90}Sr , 20% слабо защищены, еще 20% условно защищены, в основном на севере, и по 5% средне защищенные и защищенные грунтовые воды.

Из-за разницы миграционных свойств рассматриваемых радионуклидов, при загрязнении ^{137}Cs складывается иная ситуация (рис. 12): незащищенные грунтовые воды расположены только к узкой полосе вдоль русел рек, слабо защищенные приурочены к долинам нескольких малых рек на северо-западе, средне защищенные – к высоким надпойменным террасам рек, условно защищенные примыкают к водоразделам, преобладают условно защищенные и защищенные грунтовые воды.

Таким образом, определение времени продвижения радионуклидов через защитную зону позволяет дать приближенную прогнозную оценку процесса загрязнения грунтовых вод этим чрезвычайно опасным загрязняющим веществом.

Методика оценки уязвимости грунтовых вод к загрязнению чрезвычайно опасными загрязняющими веществами (радионуклидами)

Отношение реальной техногенной нагрузки изучаемой территории к защищенности грунтовых вод мы будем называть уязвимостью грунтовых вод к загрязнению. Исследования

⁷ Весовые показатели – безразмерные величины, цифровое значение которых изменялось от 0 до величины, соответствующей количеству показателей конкретного параметра и по увеличению степени его негативного влияния на окружающую среду, чтобы затем путем простых арифметических действий можно было оценить суммарное воздействие всех параметров на изучаемый процесс.

проводятся в среднем масштабе.

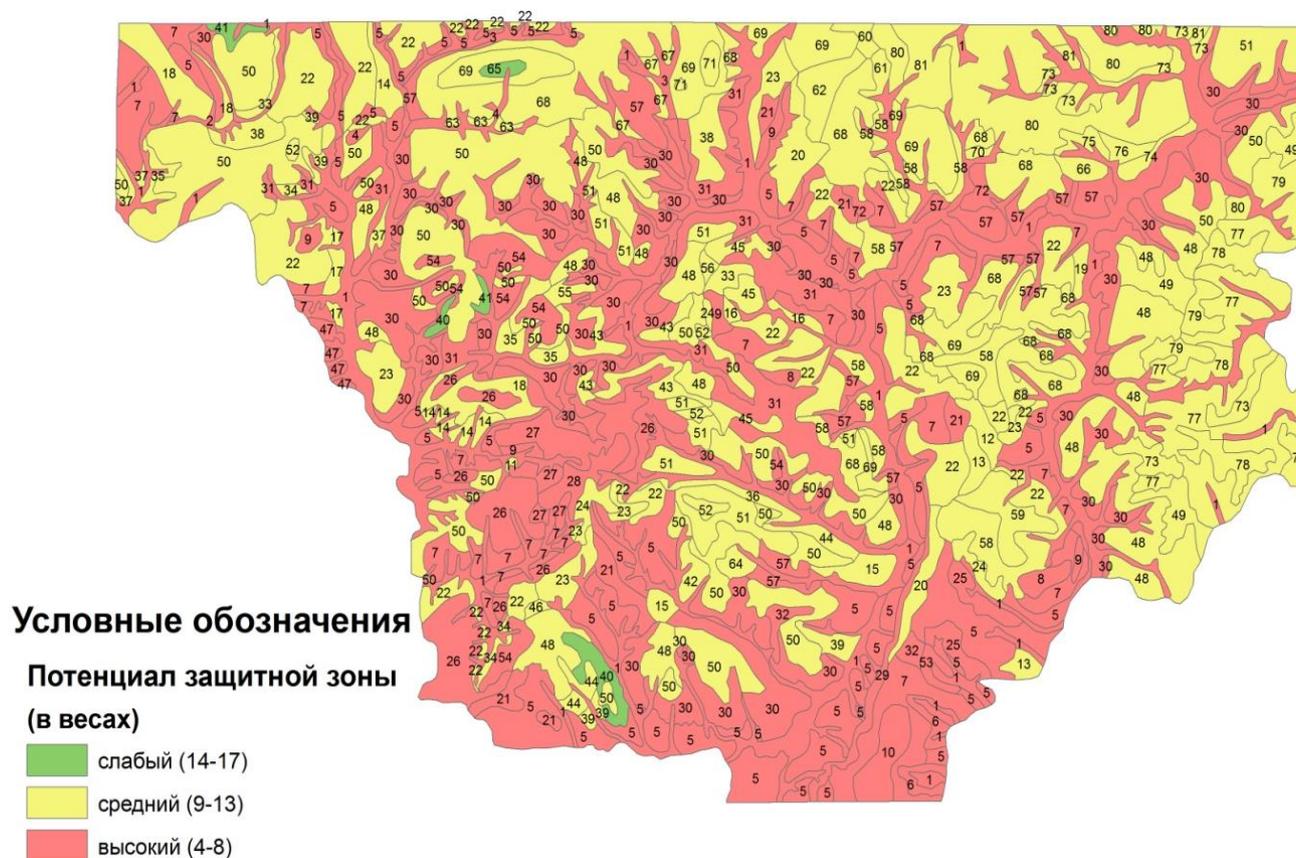


Рис. 10. Карта защитной зоны юга Калужской области (цифрами на карте обозначены номера типовых участков). **Fig. 10.** Map of the protected zone in the south of Kaluga Region (numbers indicate the typical sites).

Карта уязвимости грунтовых вод по ^{137}Cs строится на основе карты техногенной нагрузки по ^{137}Cs (распределение загрязнения поверхности земли ^{137}Cs) и карты защищенности грунтовых вод ^{137}Cs .

Районы, подверженные радиоактивному загрязнению, отражены на картах техногенной нагрузки по каждому радионуклиду. Карта техногенной радиоактивной нагрузки по Калужской области, построенная по материалам Росгидромета (Карта радиоактивного ..., 1995), показывает интенсивность загрязнения только по радионуклиду ^{137}Cs (данных по другим радионуклидам нет).

При установлении предельных уровней и фоновых концентраций по поверхностному загрязнению ^{137}Cs использованы данные, представленные в публикации «Критерии выбора площадок для строительства новых населенных пунктов для переселения людей в соответствии с государственной программой ликвидации в Белорусской ССР последствий аварии на Чернобыльской АЭС» (Материалы Чернобыльского форума ..., 2005). В качестве фоновой концентрации ^{137}Cs было принято значение $\leq 0.2 \text{ Ки/км}^2$, ПУ $\leq 1 \text{ Ки/км}^2$.

В связи с тем что в настоящее время не изучено влияние малых (меньше предельного уровня) концентраций радионуклидов на состояние окружающей среды, техногенная нагрузка (степень поверхностного радиоактивного загрязнения) рассматривалась только по отношению к предельному уровню.

Таблица 20. Экспликация к карте защитной зоны (Белоусова и др., 2018, с. 53).
Table 20. Explication to the map of the protective zone (Белоусова и др., 2018, p. 53).

Тип и литологическое строение почв (вес)					Глубина залегания грунтовых вод (вес)
Аллювиальные, переслаивание песков, супесей, суглинков	Подзолистые			Лесные суглинистые	
	Песчаные	Супесчаные	Суглинки		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
1-2-4			47-4-8		0-1 (1)
2-2/4-8					
3-4/2-8					
4-4-6					
	5-2-6	35-2/4-11	57-2-8	73-2-9	1-3 (2)
	6-2-6	36-2/4-11	60-2/3-11	74-3-10	
	7-2-7	32-2/4-12	58-2-9	75-3-11	3-5 (3)
	8-2-7	37-2/4-12	59-2-9	76-3-11	
	9-2-8	33-2-9	62-2/3-13		5-10 (4)
	10-2-8				
	11-2/3-9	48-4-9	63-2/4-12	77-4-11	1-3 (2)
	12-2/4-10	49-4-9	64-2/4/1-12	77a-4-10	
	13-2/4-11	38-2/4-12	31-2/3-12	78-4-11	3-5 (3)
	14-2/4-13	45-2/5-13	66-3-10	79-4-12	
	15-2/5-11	39-2/4/2-13	67-4/2-12		1-3 (2)
	16-2/5-12	40-2/4/2-14		80-4-12	3-5 (3)
	17-4/2-10	41-2/4/2/1-14			1-3 (2)
	18-4/2-11	46-4/3-13	68-4-11	81-1-10	3-5 (3)
	19-4/2-11	50-4-10			
	20-4/3-13	51-4-11	69-4-12		5-10 (4)
	21-4-8	42-2/1/2-10			1-3 (2)
	22-4-9	54-1-7			3-5 (3)
	23-4-10		70-4-12		5-10 (4)
	24-4-11				10-25 (6)
	25-1-5	43-2/5-12			1-3 (2)
	26-1-6	56-5-11			3-5 (3)
	27-1-7				5-10 (4)
	28-1-8	34-2-10	71-4-13		10-15 (5)
	29-1-6				3-5 (3)
	30-2-5	44-2/5-12	72-1-7		1-3 (2)
	31-2-7				3-5 (3)
		52-4-12			10-15 (5)
		53-1-6			1-3 (1)
		55-5-10			1-3 (1)
			65-2/4/1-17		>15 (6)

Примечания к таблице 20: 21-4-8 – первая цифра обозначает номер типового участка, вторая – литологическое строение зоны аэрации (однослойные, суглинки), третья –

суммарное значение весов (баллов), состоящая из трех составляющих: тип и литологический состав почв, глубина залегания грунтовых вод и литологическое строение зоны аэрации; 39-2/4/2-13 – второе цифровое значение представляет трехслойное строение зоны аэрации (пески, суглинки, пески); есть и двухслойное и четырехслойное); весовые значения литологических разностей пород зоны аэрации: трепел, опоки, мел известняки – (1), пески – (2), супеси – (3), суглинки – (4), глины – (5); потенциал защитной зоны: слабый (4-8), средний (9-13), высокий (14-17).

Таблица 21. Характеристика пород и почв зон аэрации (Белоусова и др., 2018, с. 54).

Table 21. Characteristics of rocks and soils of aeration zones (Белоусова и др., 2018, p. 54).

Литологическое строение	Параметры					Инфильтрационное питание, W (м/сут)
	Коэффициент фильтрации, K_f (м/сут)	Естественная влажность, θ	Объемная масса скелета грунта, δ (кг/дм ³)	Коэффициент распределения, K_p (л/кг)		
				⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	
Почва						
Аллювиальная, переслаивание песков, супесей, суглинков	1.5	0.18	1.43	5	20	0.00027
Подзолистая + песчаная	1	0.18	1.53	3	20	
Подзолистая + супесчаная	0.1	0.18	1.6	3	30	
Подзолистая + суглинистая	$1.4 \cdot 10^{-3}$	0.2	1.6	3	30	
Лесная суглинистая	$3.9 \cdot 10^{-4}$	0.2	1.75	6	36	
Зона аэрации						
Пески	10	0.25	1.43	1	10	0.00027
Супеси	0.6	0.26	1.6	1	20	
Суглинки	0.007	0.26	1.63	6	26	
Глины	0.003	0.26	1.86	10	30	
Трепел и опоки	15	0.5	1.12	15	36	
Мел	15	0.5	1.12	15	36	

Выделены следующие категории уязвимости грунтовых вод по ¹³⁷Cs: катастрофически уязвимые, очень сильно уязвимые, сильно уязвимые, уязвимые, слабо уязвимые, условно неуязвимые, неуязвимые. Выделение последней категории условно, т.к. за счет движения фильтрационного потока из областей, где распространены уязвимые грунтовые воды, загрязнение может достигнуть и областей с первоначально неуязвимыми водами.

Достижение водоносного горизонта загрязненными инфильтрационными водами является важным показателем при оценке защищенности в случае, когда их концентрация в грунтовых водах превышает фоновую. Наличие техногенных радионуклидов в водоносном горизонте в количестве, превышающем фоновые концентрации, а в критических ситуациях и достигающие предельного уровня, подтверждает незащищенность грунтовых вод от

загрязнения данным радионуклидом. Интенсивность дальнейшего загрязнения водоносного горизонта будет зависеть от исходной концентрации радионуклида на поверхности почвы и времени его полного распада.

Таблица 22. Время проникновения радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs в грунтовые воды.
Table 22. The penetration time of ^{90}Sr and ^{137}Cs radionuclides into groundwater.

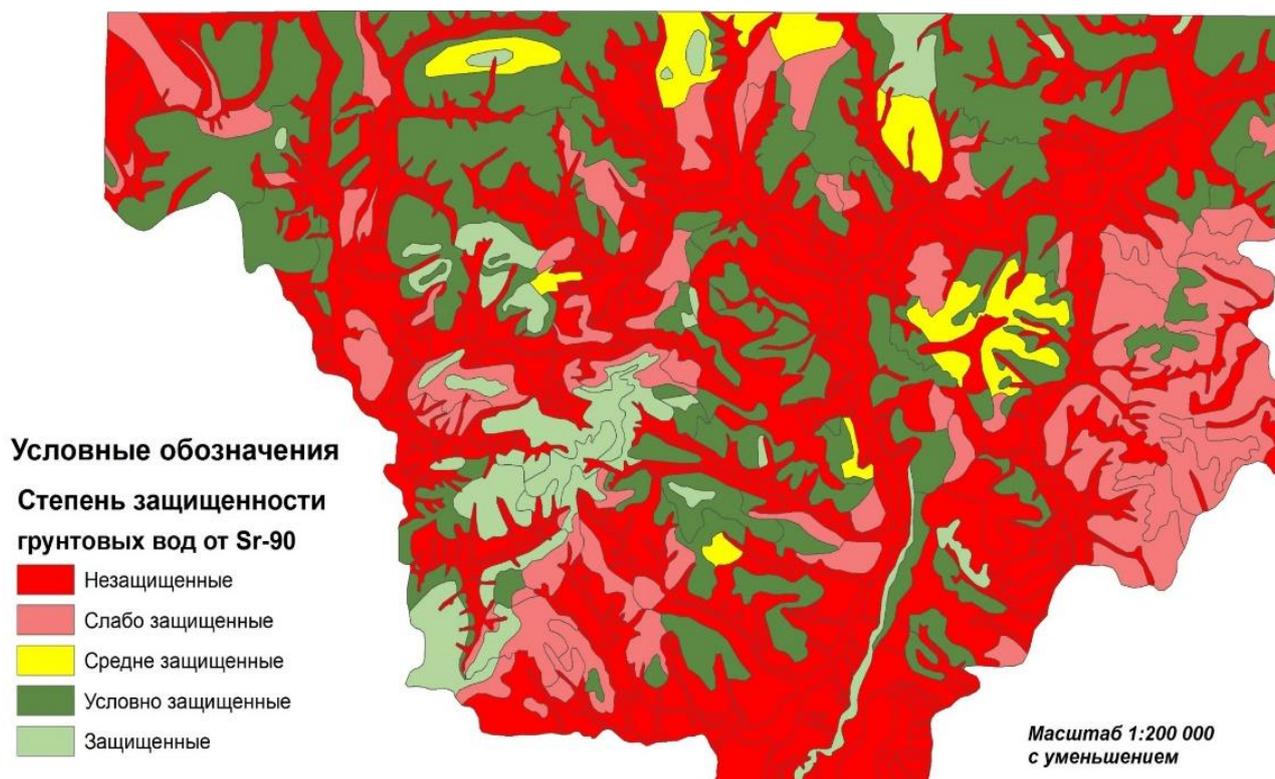
№ участка	Время t_3				
	t_3 (нейтр.) ЗВ (год)	Радионуклиды			
		t_3 ^{90}Sr (год)	Σt_3 $^{90}\text{Sr} + t_3$ (нейтр.) (год)	t_3 ^{137}Cs (год)	Σt_3 $^{137}\text{Cs} + t_3$ (нейтр.) (год)
1	0.01	3.70	3.71	21.30	21.31
2	0.05	8.50	8.55	40.10	40.15
3	0.05	8.49	8.54	40.06	40.11
4	0.07	10.35	10.42	43.99	44.06
5	0.40	8.21	8.61	76.50	76.90
6	0.40	8.21	8.61	76.50	76.90
7	0.07	15.51	15.58	149.01	149.08
8	0.07	15.51	15.58	149.01	149.08
9	0.14	28.16	28.30	275.99	276.13
10	0.14	28.16	28.30	275.99	276.13
11	0.07	8.74	8.81	119.81	119.88
12	0.23	28.20	28.43	144.45	144.68
13	0.48	57.60	58.08	292.50	292.98
14	0.27	34.70	34.97	195.50	195.77
15	0.34	49.10	49.44	176.30	176.64
16	0.72	101.80	102.52	359.80	360.52
17	0.23	102.29	102.52	144.45	144.68
18	0.48	33.10	33.58	292.50	292.98
19	0.48	33.10	33.58	292.50	292.98
20	0.27	109.76	110.03	717.62	717.89
21	0.42	48.10	48.52	212.43	212.85
22	0.87	99.70	100.58	436.05	436.93
23	0.30	35.22	35.52	156.53	156.83
24	3.98	420.67	424.65	1826.81	1830.79
25	0.12	155.10	155.22	379.40	379.52
26	0.25	325.60	788.5	325.85	788.75
27	0.48	623.90	624.38	1504.51	1504.99
28	1.13	1476.23	1477.39	3550.20	3551.33
29	0.25	325.60	325.85	788.50	788.75
30	0.04	8.21	8.25	76.50	76.55
31	0.08	15.50	15.58	149.00	149.08
32	0.08	15.54	15.62	155.40	155.48
33	0.15	28.23	28.38	282.34	282.49

Продолжение таблицы 22.

№ участка	Время t_3				
	t_3 (нейтр.) ЗВ (год)	Радионуклиды			
		t_3 ^{90}Sr (год)	Σt_3 $^{90}\text{Sr} + t_3$ (нейтр.) (год)	t_3 ^{137}Cs (год)	Σt_3 $^{137}\text{Cs} + t_3$ (нейтр.) (год)
34	0.24	46.40	46.64	463.73	463.97
35	0.23	28.24	28.47	150.81	151.04
36	0.23	28.24	28.47	150.81	151.04
37	0.48	57.70	58.18	298.90	299.38
38	0.48	57.70	58.18	298.90	299.38
39	0.17	21.60	21.77	128.15	128.32
40	0.36	44.70	45.06	257.20	257.56
41	0.1	29.76	29.86	138.85	138.95
42	0.07	57.20	57.27	183.8	183.87
43	0.3	49.11	49.41	176.32	176.62
44	0.3	49.20	49.50	182.70	183.00
45	0.63	101.90	102.53	366.2	366.83
46	0.55	58.80	59.35	390.4	390.95
47	0.20	22.40	22.60	106.98	107.18
48	0.40	48.20	48.60	218.80	219.2
49	0.40	48.20	48.60	218.80	219.2
50	0.88	99.80	100.68	442.40	443.28
51	1.70	190.11	191.81	833.74	835.44
52	2.80	319.10	321.90	1392.8	1395.6
53	0.13	155.20	155.33	385.75	385.88
54	0.26	325.65	325.91	794.9	795.16
55	0.6	90.10	90.70	282.52	283.12
56	1.20	188.20	189.40	210585.00	210586.20
57	0.08	8.60	8.68	86.00	86.08
58	0.12	15.85	15.97	158.55	158.67
59	0.12	15.85	15.97	158.55	158.67
60	0.12	9.13	9.25	129.30	129.42
61	0.19	16.98	17.17	250.03	250.22
62	0.31	30.30	30.61	455.22	455.53
63	0.27	28.56	28.89	153.98	154.25
64	0.24	70.87	71.11	232.20	232.54
65	1.62	573.33	574.95	1783.96	1785.58
66	0.26	18.11	18.37	341.50	341.76
67	0.27	28.56	28.89	153.98	154.25
68	0.92	100.12	101.04	445.6	446.52
69	0.58	61.40	61.98	277.9	277.48
70	1.72	190.40	192.12	836.91	838.63
71	2.90	319.44	322.34	1395.95	1398.24

Продолжение таблицы 22.

№ участка	Время t_3				
	t_3 (нейтр.) ЗВ (год)	Радионуклиды			
		t_3 ^{90}Sr (год)	Σt_3 $^{90}\text{Sr} + t_3$ (нейтр.) (год)	t_3 ^{137}Cs (год)	Σt_3 $^{137}\text{Cs} + t_3$ (нейтр.) (год)
72	0.165	155.5	155.665	388.92	389.09
73	0.11	10.80	10.91	90.90	91.01
74	0.17	11.90	12.07	177.50	177.67
75	0.28	20.30	20.58	346.4	346.68
76	0.39	28.70	29.09	515.2	515.59
77	0.49	50.70	51.19	226.8	227.19
77a	0.46	48.44	48.9	221.95	222.41
78	0.49	50.7	51.19	226.8	227.19
79	0.95	102.3	103.25	450.45	451.35
80	0.95	102.3	103.25	450.45	451.35
81	0.55	626.5	627.05	920.54	921.09

Рис. 11. Карта защищенности грунтовых вод от ^{90}Sr юга Калужской области.Fig. 11. Map of groundwater protection from ^{90}Sr in the south of Kaluga Region.

Рассмотренный подход к построению карт естественной защищенности грунтовых вод от радиоактивного загрязнения может быть использован при составлении аналогичных карт по оценке загрязнения высокотоксичными загрязняющими веществами.

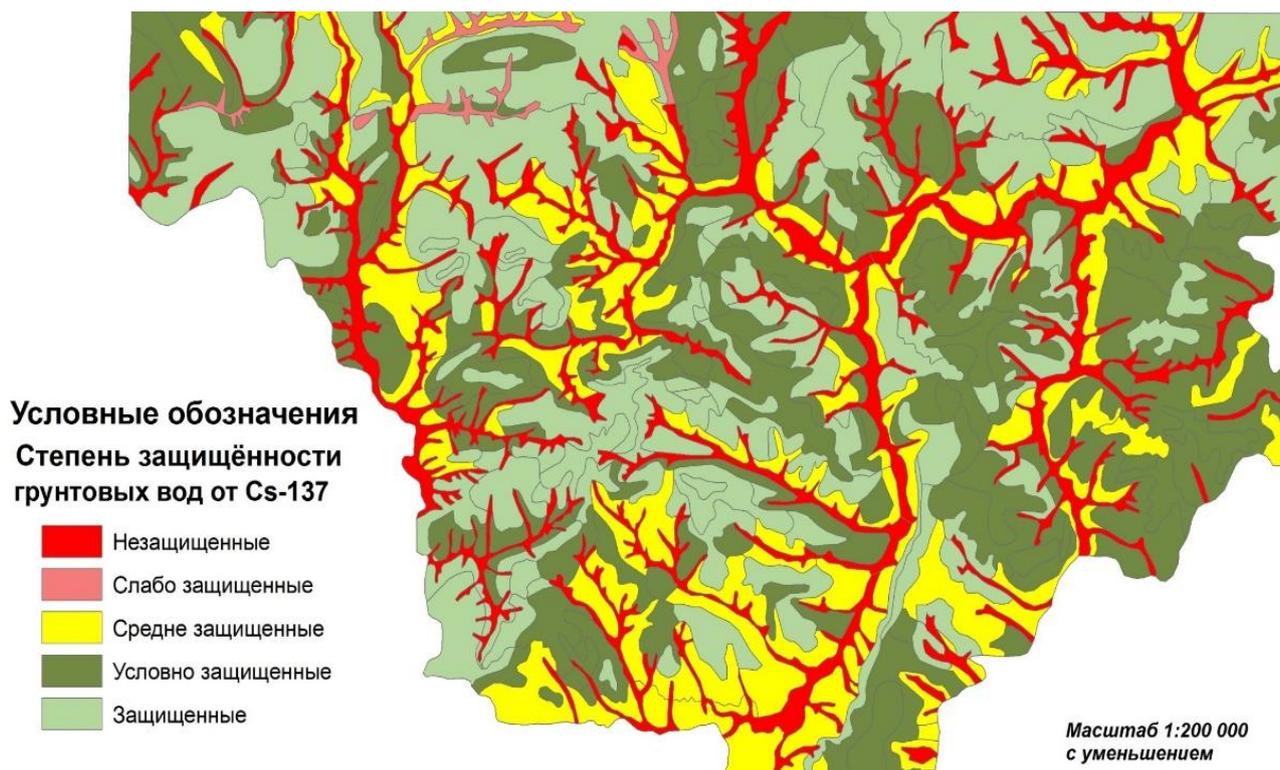


Рис. 12. Карта защищенности грунтовых вод от ^{137}Cs юга Калужской области.

Fig. 12. Map of the groundwater protection from ^{137}Cs in the south of Kaluga Region.

Результаты оценки уязвимости грунтовых вод к загрязнению радионуклидами на территории Калужской области

Карта уязвимости грунтовых вод к загрязнению ^{137}Cs после аварии на ЧАЭС. Для характеристики уязвимости грунтовых вод к загрязнению ^{137}Cs была разработана категоризация степени уязвимости по соотношению техногенной нагрузки по ^{137}Cs к защищенности грунтовых вод от загрязнения (табл. 23, 24).

На рисунке 13 показана техногенная нагрузка (плотность поверхностного выпадения ^{137}Cs) после аварии. На рисунке 14 показана степень уязвимости грунтовых вод к загрязнению ^{137}Cs в зоне радиоактивного следа сразу после аварии: очень сильно уязвимые сосредоточены на отдельных участках в среднем течении р. Рессета, сильно уязвимые – в долинах рек в центральной части следа, средне уязвимые – по долинам рек, притоков, оврагов и на востоке у р. Вытебеть, слабо уязвимые – по водоразделам рек, очень слабо уязвимые – по периферии следа, неуязвимые – на высоких террасах и частично на водоразделах рек.

Карта уязвимости грунтовых вод к загрязнению ^{137}Cs спустя 30 лет после аварии на ЧАЭС. Для оценки уязвимости активность поверхностных выпадений ^{137}Cs была уменьшена вдвое на карте техногенной нагрузки (рис. 15, табл. 25), т.к. один период полураспада уже миновал.

На карте уязвимости (рис. 16) на этот срок показано, что в зоне следа очень сильно уязвимых грунтовых вод уже нет, сильно уязвимые сохранились узкими полосами в долинах рек и вдоль русел, средне уязвимые – на низких террасах рек и значительно уменьшились по площади, площади слабо уязвимых, как и очень слабо уязвимых, увеличились, площади условно уязвимых и неуязвимых не изменились.

Таблица 23. Степень уязвимости грунтовых вод к загрязнению ^{137}Cs после аварии на ЧАЭС (2-10 – весовые значения степени уязвимости; Белоусова, Руденко, 2019, с. 45).

Table 23. The degree of groundwater vulnerability to ^{137}Cs pollution after the Chernobyl Accident (2-10 are the weight values of the vulnerability rate; Белоусова, Руденко, 2019, p. 45).

Защищённость (вес)	Техногенная нагрузка Концентрация Cs^{137} (Ки/км ²) на поверхности земли (вес)						
	>10 (6)	8-10 (5)	6-8 (4)	4-6 (3)	2-4 (2)	1-2 (1)	<1 (0)
(4) Незащищённые $T_3 < 30$ лет	10	9	8	7	6	5	Условно уязвимые
(3) Слабо защищённые $30 < T_3 < 60$ лет	9	8	7	6	5	4	
(2) Средне защищённые $60 < T_3 < 100$ лет	8	7	6	5	4	3	
(1) Условно защищённые $100 < T_3 < 300$ лет	7	6	5	4	3	2	
(0) Защищённые $T_3 > 300$ лет	Неуязвимые						

Примечание к таблицам 23-27: степень уязвимости: неуязвимые – $T_3 > 300$ лет, условно уязвимые – <1 (вес), очень слабо уязвимые – 1-2, слабо уязвимые – 3-4, средне уязвимые – 5-6, сильно уязвимые – 7-8, очень сильно уязвимые – 9-10.

Таблица 24. Степени уязвимости грунтовых вод к загрязнению ^{137}Cs .

Table 24. Degree of groundwater vulnerability to ^{137}Cs contamination.

Степень уязвимости	Вес	Цвет
Незагрязнённые		
Неуязвимые	$T_3 > 300$ лет	
Условно уязвимые	<1	
Очень слабо уязвимые	2-1	
Слабо уязвимые	4-3	
Средне уязвимые	6-5	
Сильно уязвимые	8-7	
Очень сильно уязвимые	10-9	

Карта уязвимости грунтовых вод к загрязнению ^{137}Cs спустя 60 лет после аварии на ЧАЭС. Для оценки уязвимости активность поверхностных выпадений ^{137}Cs была уменьшена вдвое (рис. 17, табл. 26) по сравнению с техногенной нагрузкой спустя 30 лет после аварии, поскольку прошел ещё один период полураспада.

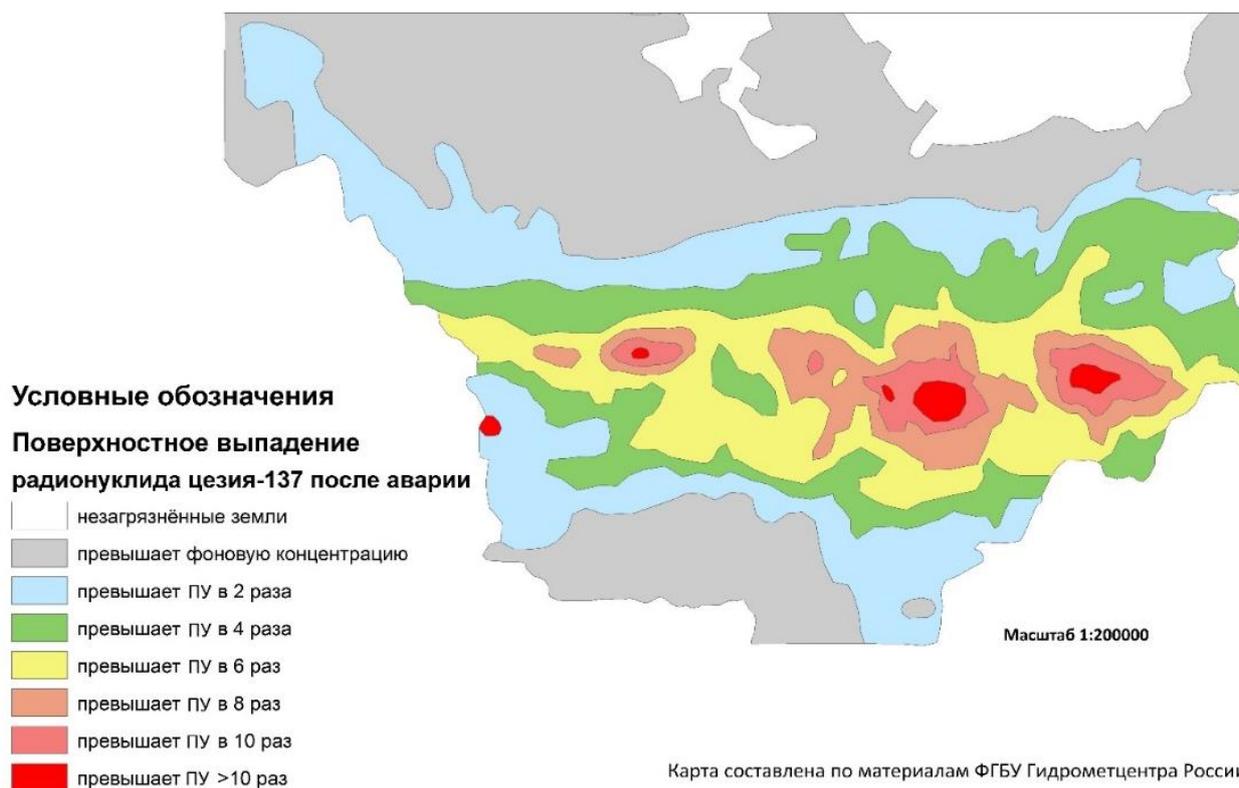


Рис. 13. Карта техногенной нагрузки (плотность поверхностного выпадения ^{137}Cs) после аварии на ЧАЭС. **Fig. 13.** Map of the technogenic load (density of surface ^{137}Cs deposition) after the Chernobyl Accident.

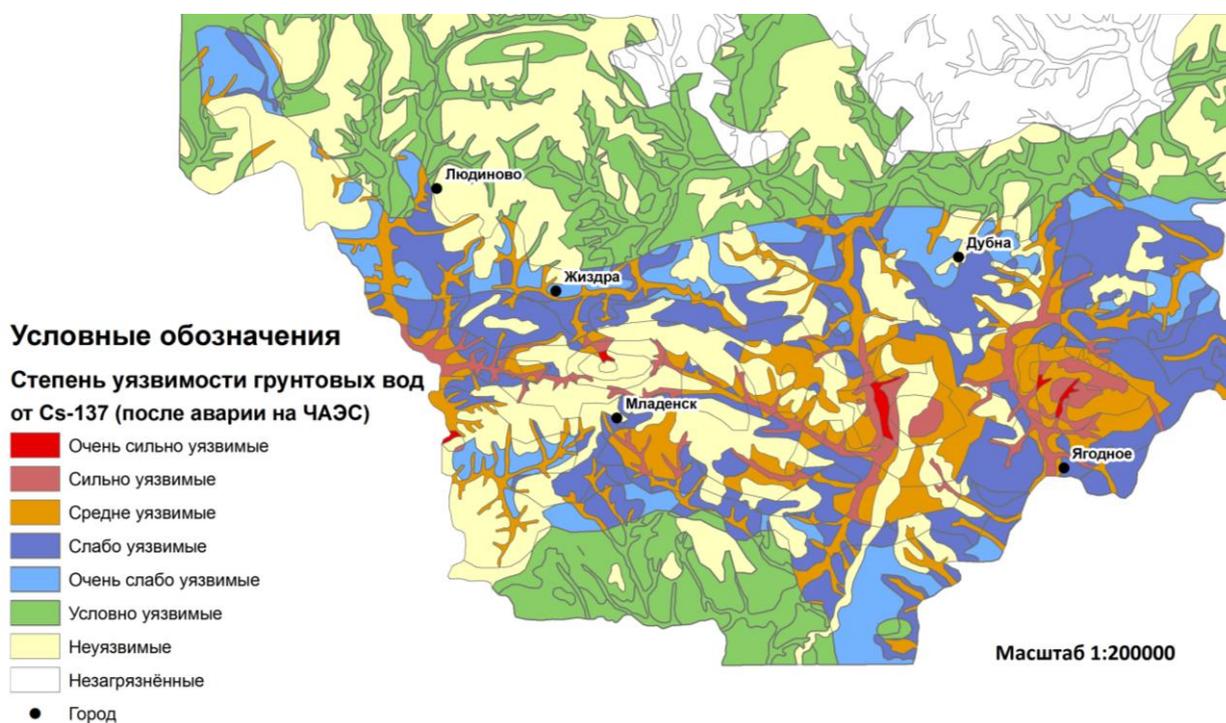


Рис. 14. Карта уязвимости грунтовых вод к загрязнению ^{137}Cs после аварии на ЧАЭС. **Fig. 14.** Map of groundwater vulnerability to ^{137}Cs pollution after the Chernobyl Accident.

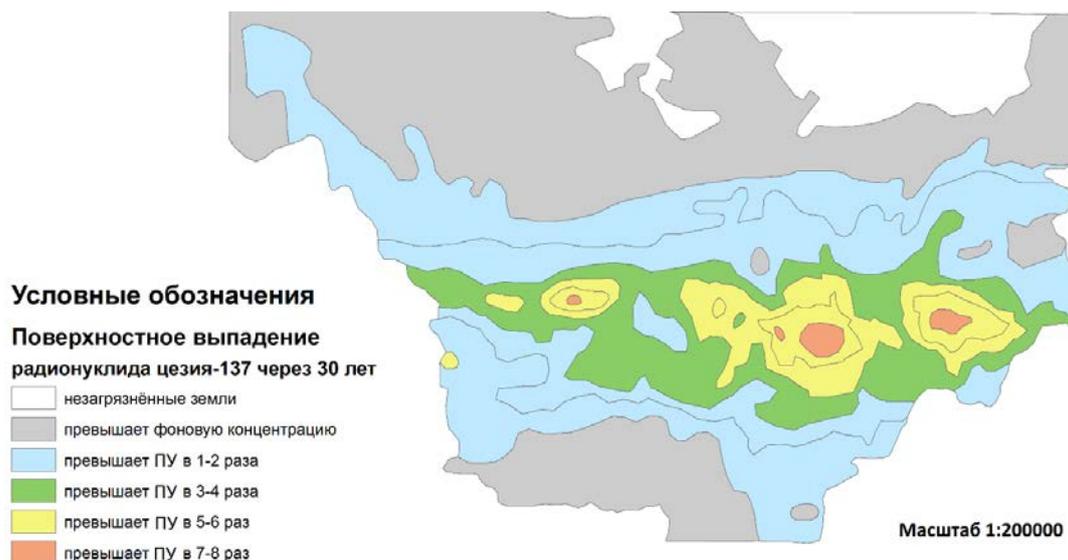


Рис. 15. Карта техногенной нагрузки (плотность поверхностного выпадения ¹³⁷Cs) спустя 30 лет после аварии на ЧАЭС. **Fig. 15.** Map of technogenic load (density of surface ¹³⁷Cs deposition) 30 years after the Chernobyl Accident.

Таблица 25. Степень уязвимости грунтовых вод к загрязнению ¹³⁷Cs спустя 30 лет после аварии на ЧАЭС (2-8 – весовые значения уязвимости; Белоусова, Руденко, 2019, с. 47).

Table 25. The degree of groundwater vulnerability to ¹³⁷Cs pollution 30 years after the Chernobyl Accident (2-8 are the weight values of vulnerability; Белоусова, Руденко, 2019, p. 47).

Защищённость (вес)	Техногенная нагрузка Концентрация Cs ¹³⁷ (Ки/км ²) на поверхности земли (вес)						
	>5 (4)	4-5 (4)	3-4 (3)	2-3 (2)	1-2 (1)	0.5-1	<1
(4) Незащищённые T ₃ <30 лет	8	8	7	6	5	Условно уязвимые	
(3) Слабо защищённые 30<T ₃ <60 лет	7	7	6	5	4		
(2) Средне защищённые 60<T ₃ <100 лет	6	6	5	4	3		
(1) Условно защищённые 100<T ₃ <300 лет	5	5	4	3	2		
(0) Защищённые T ₃ >300 лет	Неуязвимые						

Техногенная нагрузка распределяется следующим образом (рис. 17): в центральной части следа на трех участках будет превышать ПУ в 2-4 раза, по краям следа – в 1-2 раза, на остальной территории будет превышать фоновую.

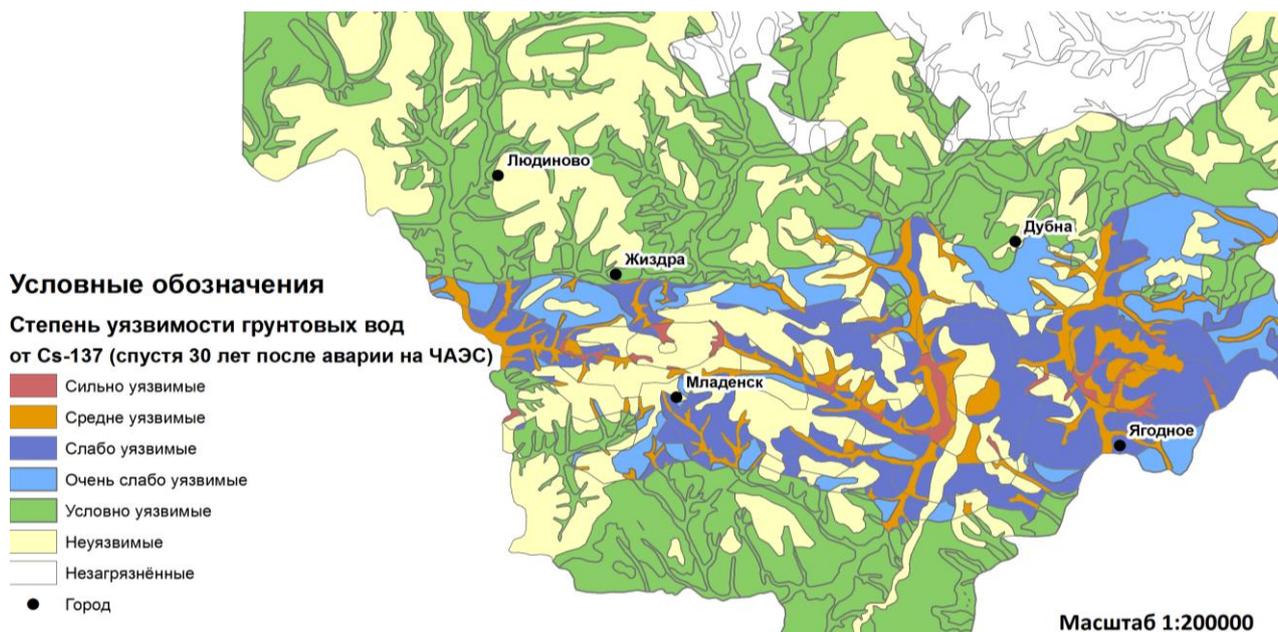


Рис. 16. Карта уязвимости грунтовых вод к загрязнению ^{137}Cs спустя 30 лет после аварии на ЧАЭС. **Fig. 16.** Map of groundwater vulnerability to ^{137}Cs pollution 30 years after the Chernobyl Accident.

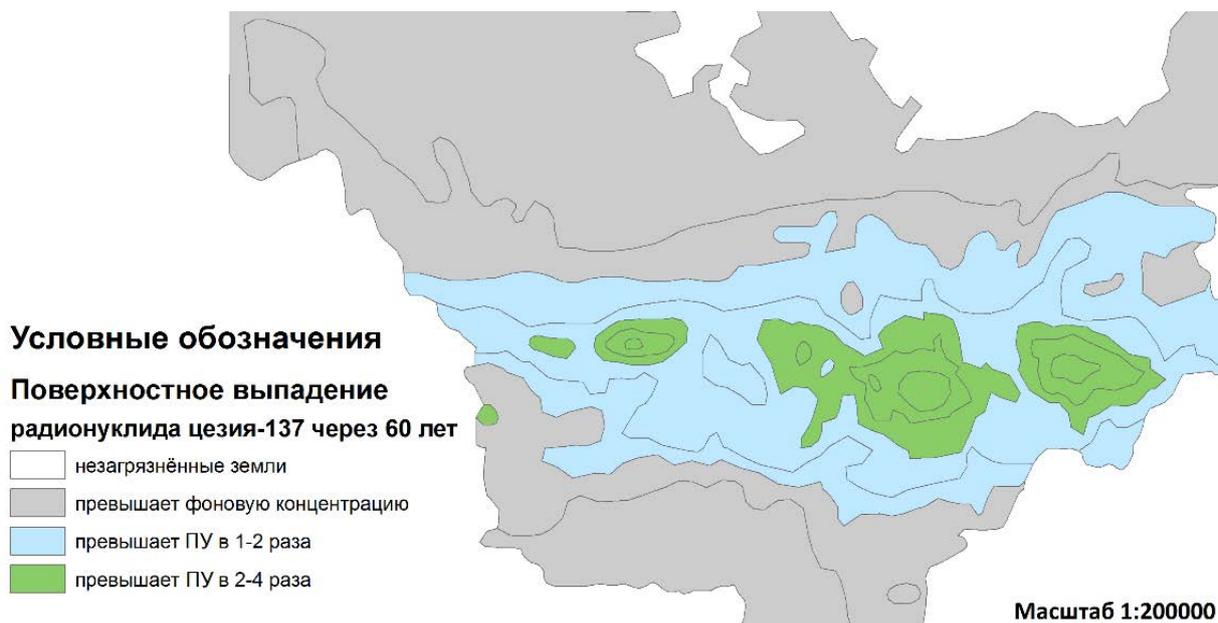


Рис. 17. Карта техногенной нагрузки (плотность поверхностного выпадения ^{137}Cs) спустя 60 лет после аварии на ЧАЭС. **Fig. 17.** Map of anthropogenic load (density of surface ^{137}Cs deposition) 60 years after the Chernobyl Accident.

Уязвимость грунтовых вод (рис. 18) к загрязнению ^{137}Cs изменяется следующим образом: сильно уязвимых и средне уязвимых уже не будет, слабо уязвимые сохранятся по долинам рек и притоков, очень слабо уязвимые – на водоразделах рек, на периферии следа в долинах рек будут присутствовать условно уязвимые грунтовые воды.

Таблица 26. Степень уязвимости грунтовых вод к загрязнению ^{137}Cs спустя 60 лет после аварии на ЧАЭС (2-8 – весовые значения уязвимости). **Table 26.** The degree of groundwater vulnerability to ^{137}Cs pollution 60 years after the Chernobyl Accident (2-8 are the weight values of vulnerability).

Защищённость (вес)	Техногенная нагрузка Концентрация Cs^{137} ($\text{Ки}/\text{км}^2$) на поверхности земли (вес)						
	>2.5 (3)	2-2.5 (2)	1.5-2 (1)	1-1.5 (1)	0.5-1 (0)	0.25-0.5 (0)	<0.5 (0)
(4) Незащищённые $T_3 < 30$ лет	7	6	5	5	Условно уязвимые		
(3) Слабо защищённые $30 < T_3 < 60$ лет	6	5	4	4			
(2) Средне защищённые $60 < T_3 < 100$ лет	5	4	3	3			
(1) Условно защищённые $100 < T_3 < 300$ лет	4	3	2	2			
(0) Защищённые $T_3 > 300$ лет	Неуязвимые						

Карта уязвимости грунтовых вод к загрязнению ^{137}Cs спустя 90 лет после аварии на ЧАЭС. Для оценки уязвимости грунтовых вод спустя 3 периода полураспада активность поверхностных выпадений ^{137}Cs была уменьшена вдвое по сравнению с техногенной нагрузкой, которая наблюдалась через 60 лет после аварии (рис. 19, табл. 27).

Через 90 лет будет наблюдаться иная картина:

– техногенная нагрузка (рис. 19), превышающая ПУ в 1-2 раза, будет сосредоточена только на трех участках в центре радиоактивного следа, на остальной территории она превышает фоновые значения;

– уязвимость грунтовых вод (рис. 20) резко сократилась: в долинах рек она будет очень слабая, на водоразделах – условно уязвимая, на остальной территории – неуязвимая.

Такая тенденция изменения степени уязвимости грунтовых вод подтверждается также и данными мониторинга НПО «Тайфун» (Карта радиоактивного ..., 1995). На изучаемой территории, в состав которой входят Людиновский, Жиздринский, Хвастовичский и частично Думиничский и Ульяновский районы, на 2013 г. участки с загрязнением почв, превышающим 15 ПДК, отсутствуют, а участки с загрязнением от 5-15 ПДК присутствуют на территориях Жиздринского, Хвастовичского и Ульяновского районов.

Учитывая спрогнозированные изменения техногенной нагрузки на территории радиоактивного следа, можно говорить о том, что в интервале 100-120 лет активность первоначальных поверхностных выпадений ^{137}Cs снизится до значений ниже ПУ, но будет еще превышать фоновые значения, а полностью исчезнет через 300 лет после аварии.

В течение 100-120 лет после аварии на ЧАЭС в зоне радиоактивного следа могут быть обнаружены участки, на которых загрязнение грунтовых вод ^{137}Cs может превышать

фоновые концентрации.

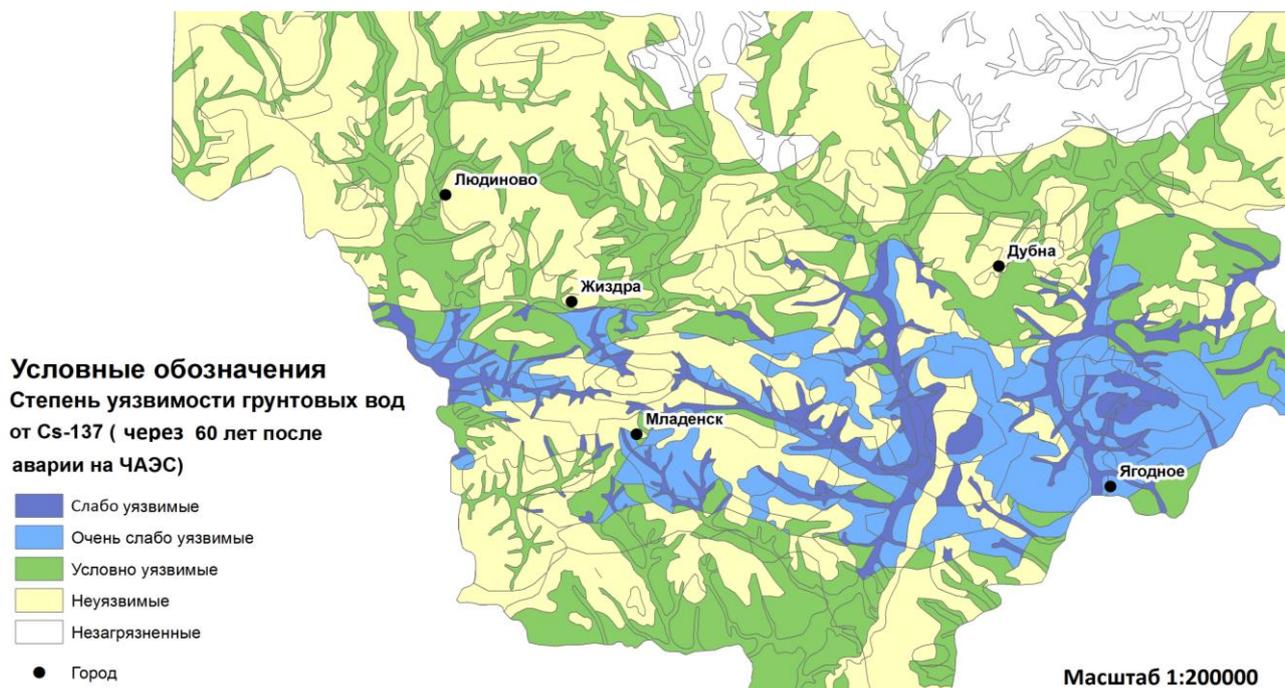


Рис. 18. Карта уязвимости грунтовых вод к загрязнению ^{137}Cs спустя 60 лет после аварии на ЧАЭС. **Fig. 18.** Map of groundwater vulnerability to ^{137}Cs pollution 60 years after the Chernobyl Accident.



Рис. 19. Карта техногенной нагрузки (плотность поверхностного выпадения ^{137}Cs) спустя 90 лет после аварии на ЧАЭС. **Fig. 19.** Map of anthropogenic load (density of surface ^{137}Cs deposition) 90 years after the Chernobyl Accident.

Таблица 27. Степень уязвимости грунтовых вод к загрязнению ^{137}Cs спустя 90 лет после аварии на ЧАЭС (2-8 – весовые значения уязвимости). **Table 27.** The degree of groundwater vulnerability to ^{137}Cs pollution 90 years after the Chernobyl Accident (2-8 are the weight values of vulnerability).

Защищённость (вес)	Техногенная нагрузка Концентрация Cs^{137} (Ки/км ²) на поверхности земли (вес)					
	>1.25 (1)	1-1.25 (1)	0.75-1 (0)	0.5-0.75 (0)	0.25-0.5 (0)	0.125-0.25 (0)
(4) Незащищённые $T_3 < 30$ лет	5	5	Условно уязвимые			
(3) Слабо защищённые $30 < T_3 < 60$ лет	4	4				
(2) Средне защищённые $60 < T_3 < 100$ лет	3	3				
(1) Условно защищённые $100 < T_3 < 300$ лет	2	2				
(0) Защищённые $T_3 > 300$ лет	Неуязвимые					

Выводы

Вопреки многочисленным новостям о снижении атомных мощностей, в странах Европы и Северной Америки намечается тенденция развития атомной промышленности, о чем свидетельствуют доклады на многочисленных конференциях. Сторонники этой идеи указывают на важность роли, которую атомная энергетика играет в решении проблемы изменения климата. По имеющимся на конец 2019 года данным, в 31 стране работают 192 АЭС с общим числом энергоблоков равным 438. Взамен существующим энергоблокам, ресурс которых скоро будет исчерпан, строятся новые энергоблоки с усовершенствованными типами реакторов и системами безопасности. На данный момент у 55 блоков в мире имеется статус «строящихся». Такие данные приводятся в базе PRIS (Power Reactor Information System, 2020), поддерживаемой МАГАТЭ. Теперь в России база PRIS учитывает 36 действующих блоков (пятый показатель в мире) и шесть строящихся.

Длительный мониторинг работы существующих атомных станций показал, что с экологической и экономической точек зрения при квалифицированном обслуживании, работая в штатном режиме, атомная станция практически не оказывает негативного воздействия на окружающую среду, позволяет снабжать необходимой энергией регионы долгие годы без дополнительных затрат на топливо, способствует экономическому росту и научному развитию региона.

Следует понимать, что в окружающей среде существуют радионуклиды природного происхождения, обуславливающие естественный радиационный фон, а деятельность АЭС и иных предприятий, использующих энергию делящихся атомов, приносит дополнительное

количество изотопов, порой отсутствующих в природе. В ходе деятельности предприятий РОСАТОМа в окружающую среду в виде выбросов попадают более 50 различных радиоактивных изотопов, а в виде сбросов сточных вод – более 20, период полураспада которых варьирует от нескольких минут или часов ($T_{1/2}^{132}\text{I}=2.3$ ч) до нескольких миллионов или миллиардов лет ($T_{1/2}^{238}\text{U}=4.47 \cdot 10^9$ лет, $T_{1/2}^{239}\text{Pu}=2.41 \cdot 10^4$).

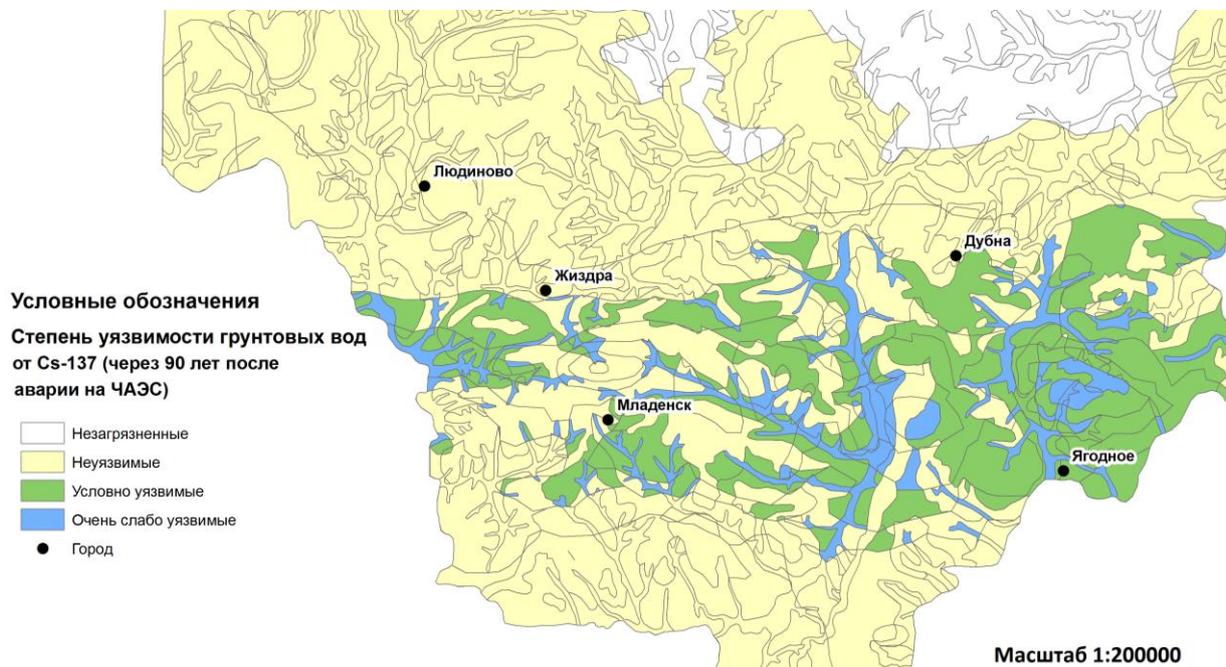


Рис. 20. Карта уязвимости грунтовых вод к загрязнению ^{137}Cs спустя 90 лет после аварии на ЧАЭС. **Fig. 20.** Map of groundwater vulnerability to ^{137}Cs pollution 90 years after the Chernobyl Accident.

В рамках реализации радиационного мониторинга каждой АЭС на территории России в зоне наблюдения и санитарно-защитной зоне ежегодно отбираются пробы для определения объемной активности аэрозолей, активности радиоактивных выпадений, содержания радионуклидов в воде открытых водоемов, донных отложениях и рыбе открытых водоемов, объемной активности радионуклидов в воде контрольных скважин, содержания радионуклидов в почве, продуктах питания местного производства, мощность AMBIENTного эквивалента дозы внешнего γ -излучения на контрольных пунктах. Современные системы контроля позволяют своевременно регистрировать поступающие в окружающую среду радионуклиды. По данным многолетних наблюдений, суммарная активность газоаэрозольных выбросов и сбросов невелика. Многоуровневые системы очистки позволяют добиться показателей ниже допустимых нормативами, а местами и ниже пределов обнаружения. Анализ влияния деятельности АЭС показывает, что на период работы их в штатном режиме не представляет опасности для здоровья населения. Наибольший вклад в суммарную активность выбросов на проанализированных АЭС вносят тритий и инертные радиоактивные газы, а сбросов – тритий, однако зарегистрированные значения ниже допустимых нормативов. В сравнении с 2017 годом наблюдаются небольшие изменения в контролируемых величинах, как в сторону увеличения, так и уменьшения.

Помимо АЭС в регионах присутствует ряд радиационно опасных объектов промышленного, инженерно-конструкторского и научно-исследовательского характера. Часто они становятся источниками выбросов радионуклидов, и по причине их нахождения

непосредственно в городах они могут оказывать негативное влияние на население. Например, присутствие радиоактивного йода в приземном слое атмосферы г. Обнинска обусловлено работой научно-исследовательского института, расположенного в городе – филиалом НИФХИ. В 2018 году в приземном слое атмосферы г. Обнинска было зарегистрировано 130 случаев появления ^{131}I , что является самым большим количеством случаев за все время наблюдения. В Калужской области отдельные РОО оказывают влияние на загрязнение атмосферы ^{137}Cs , ^{90}Sr и изотопами плутония, суммарные показатели активностей которых оказываются выше фоновых. Однако, как показывают данные, регистрируемое радиоактивное загрязнение окружающей среды техногенными радионуклидами не превышает установленных нормативов.

Говоря о сравнительно небольшом количестве отходов атомной энергетики по сравнению с иными областями энергетики, следует помнить о потенциальной опасности, которая заключается в возможности выброса огромного количества чрезвычайно опасных компонентов во время технического сбоя или аварии. Каждая авария или инцидент на РОО привносит в окружающую среду ряд радионуклидов, опасность которых будет сохраняться достаточно длительное время. Последствия аварии на ЧАЭС в 1986 г. привели к крупномасштабному радиоактивному загрязнению многих субъектов ЦФО на территориях Белгородской, Брянской, Воронежской, Калужской, Курской, Липецкой, Орловской, Рязанской и Тульской областей. До сих пор в этих регионах остаются территории, которые носят различный социальный статус: зона отчуждения, зона отселения, зона с правом на отселение, зона с льготным социально-экономическим статусом. Загрязнение окружающей среды проявляется в повышенной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr , отдельные почвы нуждаются в проведении защитных реабилитационных мероприятий. Например, в Брянской области до настоящего времени сохраняются территории с уровнями загрязнения почвы ^{137}Cs более 40 Ки/км². Самый высокий уровень содержания ^{137}Cs в почве (плотность загрязнения) зафиксирован в Новозыбковском районе, где он составляет 344.3 кБк/м².

Анализ полученных результатов радиологического обследования показывает, что очищение почв (перевод) из разряда загрязненных (свыше 37 кБк/м²) в «чистые» (до 37 кБк/м²) на территории ЦФО составляет всего 254.1 тыс. га (18.7%), в том числе по юго-западным районам – 101.4 тыс. га (22.0%).

Ежегодные исследования территорий, расположенных в зоне радиоактивного следа выявляют превышения гигиенических нормативов в местной сельскохозяйственной продукции, лесных ягодах, грибах, молоке. Норматив по содержанию ^{137}Cs в грибах – 500 Бк/кг, сухих грибах – 2500 Бк/кг, в лесных ягодах – 160 Бк/кг. Например, в Калужской области в 2018 году было обнаружено превышение гигиенических нормативов в 1 пробе – в ягодах черники, собранных вблизи д. Акимовка Жиздринского района. Наибольшие максимальные уровни содержания ^{137}Cs зарегистрированы в Брянской области в грибах в Новозыбковском районе – 11100 Бк/кг, в сухих грибах в Злынковском районе – 29820 Бк/кг, в лесных ягодах (чернике) в Климовском районе – 2315 Бк/кг. Однако удельный вес количества проб (данные по Брянской области) с превышением гигиенических нормативов ежегодно снижается и в 2018 году составил 3.6%, что ниже на 1.0%, чем в 2017 году, и на 1.5% ниже, чем в 2016 году. В 2018 году в Брянской области зарегистрировано превышение допустимых уровней в 6 пробах молока из личного подсобного хозяйства.

В рамках подготовки данной статьи был проведен анализ многочисленных работ ученых и научных коллективов, занимающихся проблемами радиационного мониторинга, учтен опыт авторов публикации за период более чем 30 лет, что позволило по усовершенствованной авторской методике произвести оценку и картографирование защищенности грунтовых вод от радиоактивного загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr и уязвимости к загрязнению ^{137}Cs территории, попавшей в зону радиоактивного следа. В ходе анализа и

обработки данных ряда карт (почвенной, глубин залегания грунтовых вод и литологического строения зоны аэрации) были использованы специально разработанные градации для каждого из компонентов, которые позволили прийти к безразмерным величинам и получить сопоставимые результаты.

Как показали исследования, наиболее опасным для загрязнения грунтовых вод является ^{90}Sr , который более интенсивно мигрирует в них с поверхности земли. Карты защищенности грунтовых вод от загрязнения радионуклидами позволяют давать предварительную прогнозную оценку развития ситуации на многие годы вперед.

Проведена оценка и картографирование уязвимости грунтовых вод к радиоактивному загрязнению ^{137}Cs на момент аварии на ЧАЭС и спустя 30, 60 и 90 лет после аварии. В зоне радиоактивного следа сразу после аварии на ЧАЭС очень сильно уязвимые грунтовые воды были сосредоточены на отдельных участках в среднем течении реки Ресета, сильно уязвимые – в долинах рек в центральной части следа, средне уязвимые – по долинам рек, притоков, оврагов и на востоке у реки Вытебеть, слабо уязвимые – по водоразделам рек, очень слабо уязвимые – по периферии следа, неуязвимые – на высоких террасах рек и частично на водоразделах рек.

Спустя 30 лет очень сильно уязвимых грунтовых вод в зоне следа уже не осталось, сильно уязвимые сохранились узкими полосами в долинах рек и вдоль русел, средне уязвимые – на низких террасах и значительно уменьшились по площади, площади слабо уязвимых грунтовых вод увеличились, как и очень слабо уязвимых, площади условно уязвимых и неуязвимых не изменились.

Уязвимость грунтовых вод через 60 лет изменялась следующим образом: сильно уязвимых и средне уязвимых грунтовых вод к загрязнению ^{137}Cs не осталось, сохранились слабо уязвимые по долинам рек и притоков, очень слабо уязвимые – на водоразделах, а условно уязвимые присутствуют на периферии следа в долинах рек.

Через 90 лет после аварии уязвимость грунтовых вод резко сократилась: в долинах рек она сильно ослабела, уязвимые наблюдаются на водоразделах условно, на остальной территории остались только неуязвимые грунтовые воды.

Таким образом, прослеживая в целом тенденцию изменения техногенной нагрузки на территории радиоактивного следа, можно сделать вывод, что в интервале 100-120 лет активность первоначальных поверхностных выпадений ^{137}Cs снизится до значений ниже предельного уровня, но будет еще превышать фоновые значения, а полностью исчезнет через 300 лет после аварии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексахин Р.М.* 1992. Миграция радионуклидов в агроценозах // Проблемы радиохимии и космохимии. С. 179-205.
- Антоненко Г.И., Моисеев И.Т., Рерих Л.А., Тихомиров Ф.А.* 1994. Радиозэкологические аспекты почвенной химии и агрохимии ^{137}Cs // Экология регионов атомных станций / Ред. Ю.А. Егоров. № 1. М. С. 255-261.
- Водный кодекс Российской Федерации (с изменениями на 2 августа 2019 года; ред. от 1 января 2020 года). 2006 [Электронный ресурс <http://docs.cntd.ru/document/901982862> (дата обращения 17.01.2020)].
- Белоусова А.П.* 2001. Качество подземных вод. Современные подходы к оценке. М.: Наука. 340 с.
- Белоусова А.П.* 2003. Основные принципы и рекомендации по оценке и картированию защищенности подземных вод от загрязнения // Водные ресурсы. Т. 30. № 6. С. 677-677.
- Белоусова А.П.* 2005. Ресурсы подземных вод и их защищенность от загрязнения в бассейне реки Днепр и отдельных его областях: Российская территория. М.: ЛЕНАНД. 168 с.
- Белоусова А.П.* 2012. Оценка защищенности подземных вод от загрязнения радионуклидами.

- // Вода: химия, экология. № 5. С. 11-17.
- Белоусова А.П. 2015. Мониторинг подземных вод в районах расположения АЭС // Разведка и охрана недр. № 4. С. 65-71.
- Белоусова А.П. 2017. Особенности мониторинга подземных вод в районах расположения АЭС // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. № 3 (111). С. 64-77.
- Белоусова А.П., Гавич И.К., Лисенков А.Б., Попов Е.В. 2006. Экологическая гидрогеология. М.: ИКЦ «Академкнига». С. 397.
- Белоусова А.П., Галактионова О.В. 1994. К методике оценки естественной защищенности подземных вод от радиоактивного загрязнения // Водные ресурсы. Т. 21. № 3. С. 340-345.
- Белоусова А.П., Захарова Т.В., Швец В.М. 1992. Мониторинг гидросферы в районах расположения АЭС // Водные ресурсы. № 3. С. 127-134.
- Белоусова А.П., Миняева Ю.В., Руденко Е.Э. 2019. Методы оценки защищенности и уязвимости подземных вод к загрязнению в регионах со сложной экологической ситуацией // Экосистемы: экология и динамика. Т. 3. № 2. С. 99-128.
- Белоусова А.П., Руденко Е.Э. 2019. Эколого-гидрогеологические исследования на территориях европейской части России, пострадавших от аварии на ЧАЭС // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. № 4 (136). С. 38-56.
- Белоусова А.П., Руденко Е.Э., Миняева Ю.В. 2018. Опыт усовершенствования методики оценки защищенности подземных вод от загрязнения // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. № 4 (124). С. 42-56.
- Биндеман Н.Н. 1963. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. М.: Госгеотехиздат. 203 с.
- Бурнадян А.И. 1990. Итоги изучения и опыт ликвидации последствий аварийного загрязнения территории продуктами деления урана. М.: Атомэнергиздат. 81 с.
- Государственная геологическая карта СССР (четвертичных отложений). 1976-1980. Серия Московская. Масштаб 1:200000. М.: Министерство геологии СССР. Лист N-36-XXIV.
- Государственная гидрогеологическая карта СССР. 1972-1976. Серия Московская. Масштаб 1:200000. Л.: Министерство геологии СССР. Лист N-36-XXIV.
- Государственная почвенная карта СССР. 1953. Масштаб 1:1000000. М.: АН СССР, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Главное управление геодезии и картографии МВД СССР. Листы N-36, N-37.
- Доклад о состоянии природных ресурсов и охране окружающей среды на территории Калужской области в 2018 году. 2019. Официальный портал органов власти Калужской области. Калуга. 292 с. [Электронный ресурс <https://admoblkaluga.ru/sub/ecology/OOC/> (дата обращения 12.01.2020)].
- Зекцер И.С., Белоусова А.П. 1990. Отчет об оценке естественной защищенности грунтовых вод и зоны аэрации от радиоактивного загрязнения в Калужской области и общие рекомендации по организации мониторинга. М.: АН СССР, Институт водных проблем. 205 с.
- Изотопы в гидросфере. 1989 // Тезисы докладов III Всесоюзного симпозиума. Каунас, 29 мая – 1 июня 1989 г. М. С. 336.
- Карта радиоактивного загрязнения Европейской части и Уральского региона России цезием-137 по состоянию на январь 1993 года. 1995. Масштаб 1:500000 / Ред. Ю.А. Израэль, И.М. Назаров, Ш.Д. Фридман. М.: Росгидромет, ИГКЭ, ИПГ, НПО «Тайфун», ВНИСХМ, ГМП «Рамон», ГНТП «Аэрогеофизика», Невскгеология, ГПП «Севзапгеология», ПГО «Казгеофизика». 22 с.
- Колобов Е.М., Хитров Л.М. 1990. Ландшафтно-геохимические исследования миграции радионуклидом Чернобыльского происхождения // Геохимия. № 10. С. 1379-1519.
- Коноплев А.В., Борзилов В.А., Бобовникова Ц.И. 1988. Распределение радионуклидов, выпавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС в системе «почва-вода» // Метеорология и гидрология. № 12. С. 63-74.

- Корпорация CNNC приняла участие в 62-ой сессии генеральной конференции МАГАТЭ в Вене, 2018, SinoAtom. 2018 [Электронный ресурс <http://sinoatom.ru/?p=939> (дата обращения 17.10.2019)].
- Круглов С.В., Алексахин Р.М., Васильева Н.А., Куринов А.Д., Ратников А.Н.* 1990. О формировании радионуклидного состава почв в зоне аварии Чернобыльской АЭС // Почвоведение. №10. С. 26-34.
- Крышев И.И., Сазыкина Т.Г., Крышев А.И., Каткова М.Н., Санина К.Д., Скакунова М.А., Вережанская К.В.* 2014. Методика оценки радиационных рисков на основе данных мониторинга радиационной обстановки. Росгидромет: Рекомендации Р.52.18.787-2013. Обнинск. 108 с.
- Кудельский А.В., Пашкевич В.И., Петрович А.А., Жукова О.М.* 1997. Радионуклиды чернобыльского происхождения в речном стоке Беларуси // Водные ресурсы. Т. 24. № 3. С. 304-310.
- Кудияров С.* 2018. Атомный экспорт, специальный доклад // Эксперт-Online. № 39 (1090) [Электронный ресурс <https://expert.ru/expert/2018/39/atomnyij-eksport> (дата обращения 22.02.2020)].
- Левинзон С.В.* 2018. Энергоресурсы: прогнозы и реальность. М.: Академия Естествознания. 408 с. [Электронный ресурс <https://monographies.ru/ru/book/view?id=778> (дата обращения 20.12.2019)].
- Левкина Г.В., Иванченкова О.А., Луцевич А.А.* 2019. Годовой доклад об экологической ситуации в Брянской области в 2018 году «Природные ресурсы и окружающая среда Брянской области» / Ред. С.В. Мотылев. 266 с.
- Малюгина Л.Н., Кулешова Р.И.* 1981. Государственная гидрогеологическая карта СССР. Масштаб 1:200000. Серия Московская. Материалы отчета ПГО «Центргеология». Листы 36-IV, XII; 37-VII, I.
- Материалы Чернобыльского форума «Наследие Чернобыля: медицинские, экологические и социально-экономические последствия и рекомендации правительствам Беларуси, Российской Федерации и Украины». 2005 // Радиация и риск. Специальный выпуск 2 [Электронный ресурс <https://cyberleninka.ru/article/n/nasledie-chernobylya-meditsinskie-ekologicheskie-i-sotsialno-ekonomicheskie-posledstviya-i-rekomendatsii-pravitelstvami-belarusi/viewer> (дата обращения 18.12.2019)].
- Мельникова Л.П., Ильина О.И.* 1982. Гидрогеологические и инженерно-геологические карты южной части Московской синеклизы масштаба 1:500000. Отчет ПГО «Центргеология». 170 с.
- Мотыляев А.* 2014. Уран: факты и фактики // Химия и жизнь. № 8 [Электронный ресурс https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/432441/Uran_fakty_i_faktiki (дата обращения 12.01.2020)].
- Общая информация о Курской АЭС. 2019. Росэнергоатом [Электронный ресурс https://rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-kurskoj-aes/ (дата обращения 20.02.2020)].
- Объяснительная записка к гидрогеологической и инженерно-геологической картам западной части Московской синеклизы масштаба 1:500000. 1979. Отчет ПГО «Центргеология». 15 с.
- Оценка и прогноз качества воды в районах, пораженных в результате Чернобыльской аварии (Брянская область) (1997-2001 гг.). 2001. Окончательный отчет по проекту. М.: ПРООН. 123 с.
- Павлоцкая Ф.И.* 1992. Геомиграция искусственных радионуклидов // Проблемы радиогеохимии и космохимии. М.: Наука. С. 148-171.
- Постановление Правительства Российской Федерации от 08.10.2015 № 1074 «Об утверждении перечня населённых пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС». 2015 [Электронный ресурс <http://docs.cntd.ru/document/420307886> (дата обращения 17.12.2019)].

- Пристер Б.С., Омельченко И.П., Перепелятникова А.В.* 1990. Миграция радионуклидов в почве и переход их в растения в зоне аварии Чернобыльской АЭС // Почвоведение. № 10. С. 51-60.
- Проблемы радиогеохимии и космохимии. 1992 / Ред. Ю.А. Шуколюков. М.: Наука. 320 с.
- Прохоров В.М.* 1981. Миграция радиоактивных загрязнений в почвах. Физико-химические механизмы и моделирование. М.: Энергоиздат. 98 с.
- Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2018 году. 2019. Обнинск: ФГБУ НПО «Тайфун». 324 с.
- СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. 2009 [Электронный ресурс <http://docs.cntd.ru/document/902170553> (дата обращения 30.11.2019)].
- СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. 2001 [Электронный ресурс <http://docs.cntd.ru/document/901806306> (дата обращения 30.11.2019)].
- Семенютин А.И., Пристер Б.С., Перепелятникова А.В.* 1989. Особенности вертикального распределения цезия-137 в почвах зоны Чернобыльской АЭС. Тезисы Всесоюзного совещания. Суздаль, 13-17 ноября 1989 г. М. С. 84-85.
- Сколько атомных станций работает в мире и в России? Атомэнергомаш. 2006 [Электронный ресурс <http://www.aem-group.ru/mediacenter/informatoriya/skolko-atomnyix-stanczij-rabotaet-v-mire-i-v-rossii.html> (дата обращения 18.02.2020)].
- СТО 1.1.1.04.001.0143-2015. Положение о годовых отчетах по оценке состояния безопасной эксплуатации энергоблоков атомных станций. 2015 [Электронный ресурс <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293733/4293733549.pdf> (дата обращения 21.01.2020)].
- Яковлев Е.А.* 1988. Радиоизотопный контроль за состоянием подземных вод в районах размещения атомноэнергетических объектов // Исследование гидрогеологических и инженерно-геологических объектов геофизическими и изотопными методами. Киев: Мингео УССР. С. 237-242.
- Яхрюшин В.Н.* 2018. Данные по радиоактивному загрязнению территории населённых пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90 и плутонием-239+240/ Ред. С.М. Вакуловский. Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун». 238 с.
- Федеральный закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ. Статья 1. 2002 [Электронный ресурс http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения 15.10.2019)].
- 1400 метров под землей. Как работает полигон глубинного захоронения Калининской АЭС. 2018. Атомная энергия 2.0 [Электронный ресурс <https://www.atomic-energy.ru/interviews/2018/02/02/82976> (дата обращения 18.02.2020)].
- FORATOM Announces Priorities for 2019: Climate Change, Sustainability and Jobs. FORATOM. 2019 [Электронный ресурс <https://www.foratom.org/press-release/foratom-announces-priorities-for-2019-climate-change-sustainability-and-jobs/> (дата обращения 17.10.2019)].
- Power Reactor Information System. 2020 [Электронный ресурс <https://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx> (дата обращения 09.11.2019)].

UDC: 556.383/388:504(571.1)

TRANSFORMATION OF VULNERABILITY OF GROUNDWATER TO RADIOACTIVE POLLUTION IN THE CHERNOBYL TRACK ZONE IN THE TERRITORY OF KALUGA REGION

© 2020. A.P. Belousova, E.E. Rudenko

*Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences
Russia, 119333, Moscow, Gubkina Str. 3. E-mail: anabel@iwp.ru, belanna47@mail.ru*

Received February 03, 2019. Revised February 27, 2019. Accepted March 01, 2019.

We took the annual data on radiation monitoring, provided by the “Tayfun” Science and Production Association (Радиационная обстановка ..., 2019), and regional state reports (Левкина и др., 2019; Доклад о состоянии ..., 2019) to make a detailed analysis of the radiation situation in Russia and some of its regions. As part of the analysis we assessed the problems and prospects of nuclear energy in the country and abroad. We analyzed the monitoring of the radiation situation in the said territory by the example of the Central Federal District. It included the monitoring structure of the nuclear plants (by the example of the Kalinin, Kursk, Smolensk and Novovonezh stations) and monitoring of the radiation situation in the territories located in the radioactive trail from the Chernobyl Accident in Kaluga and Bryansk Regions.

In 2018 the impact of nuclear power plants on the radioactivity of environmental objects was low. It is under strict control and was expressed in an increased tritium content, increased regional level of ^{137}Cs volume activity, and the presence of technogenic radionuclides, such as ^{54}Mn , ^{59}Fe , ^{60}Co , ^{95}Zr , ^{95}Nb , and ^{131}I in the environment, which are absent in the global background radiation. Volumetric activities of the controlled radionuclides are significantly lower than the admissible values of the radiation standards NRB-99/2009 (СанПиН ..., 2009) and do not threaten public health. However, the consequences of technogenic contamination of the environment with radionuclides after the Chernobyl Accident are still severe. It is manifested in the increased total radioactivity of surface and underground waters, soils and vegetation. And some territories require rehabilitation measures. Therefore, the monitoring researches in the area of the Chernobyl radioactive trail are relevant and necessary for a more accurate understanding of changes in groundwater radiation pollution.

The characteristics of the hydrogeological conditions showed that they are distinguished by a wide variety of aquifers, both pressure and non-pressure. Generally, the hydrogeological structure of the territory reminds a “layered cake”. The non-pressure aquifers include the waters of the Quaternary (alluvial, glacial, fluvio-glacial, marsh, and proluvial horizons), Cretaceous and Jurassic sediments. All those aquifers are related and do not have sustained water confines within their stratum, or complex. The pressure groundwater aquifers of fresh groundwater include many related Carboniferous aquifers. The Upper Jurassic confining area lies between those two strata, separating them. The aquifers of the Devonian, Proterozoic and Archean ages contain saline groundwater and brines and lie below the Carboniferous aquifers.

To assess groundwater protection and vulnerability to pollution, we used our original methodology. Its key definitions are as follows.

A protection zone separates groundwater from the surface pollution, and has a two-level structure: soils and rocks of the aeration zone.

Security is an ability of the protection zone to prevent pollution from penetrating the groundwater for a certain period of time.

Groundwater *vulnerability* to pollution is the ratio between the real technogenic load of the study area and the natural protection of groundwater. A substance is considered a pollutant if its concentrations exceed the background values. Therefore, when assessing security, we took into account the structural features of the protection zone separating groundwater from surface pollution, and the processes occurring under the influence of pollution.

When assessing security, we built a set of medium-scale maps (1:200000), for them to be the most appropriate for the possibilities of qualitative and quantitative assessments.

The map of the protection zone was obtained by combining a soil map, showing the structure of the first level of the zone, and the maps characterizing the structure of its second level (depths and lithological structure of the aeration zone). Typical sections were marked on the map, characterized by a certain structure of the first and second levels and groundwater depth. Their description is given in the map legend.

When assessing the possibility of groundwater contamination with radionuclides, the following factors were taken into account: sorption properties that ensure the retention of radionuclides by soils and rocks of the aeration zone; limitation of the traffic intensity (up to its complete retention) with an infiltration flow to groundwater; migratory properties of soils and rocks of the aeration zone, depending on the physicommechanical, water-physical and filtration properties and their mineralogical composition, and characterizing the movement intensity of the polluted infiltrating waters front deeper into the aeration zone right to groundwater; filtration (infiltration) path, i.e. the power of the aeration zone or groundwater depth; half-life of radionuclides.

Groundwater protection from any pollutant depends on the time the contaminated infiltration water front needs to reach the aquifer. The time it took for the radionuclides to dissolve in the soil and rocks of the aeration zone to fill their sorption capacity and then reach the groundwater, was determined by the proposed mathematical expression.

Essentially, the allocation of categories according to the proposed time for the pollutant to move through the protection zone, is an approximate predictive estimate of the process of groundwater pollution by radionuclides.

The maps of groundwater protection from ^{90}Sr and ^{137}Cs were based on the map of the protection zone. A comparison of the maps shows that ^{90}Sr is most dangerous for groundwater, since it can cover large areas of the aquifer in a short period (less than 5 years).

The map of groundwater protection from ^{90}Sr shows that about 50% of the territory is not protected from it, 20% is poorly protected, another 20% is conditionally protected, mainly in the north, and 5% is protected and moderately protected groundwater.

It is a completely different situation with ^{137}Cs contamination. The unprotected groundwater can be found only along the narrow strip along the riverbeds, poorly protected – in the valleys of several small rivers in the northwest, moderately protected – in the high river terraces, conditionally protected adjust to the watersheds, protected and conditionally protected are prevailing.

Thus, an estimation of the time that radionuclides need to travel through the protection zone allows us to make an approximate prediction of the process of groundwater contamination with that extremely dangerous pollutant.

The map of groundwater vulnerability to ^{137}Cs is based on the ^{137}Cs technogenic load map (^{137}Cs surface distribution) and the ^{137}Cs groundwater protection map. We assessed and mapped the groundwater vulnerability to ^{137}Cs contamination as it was at the time of the Chernobyl Accident, then 30 years after, as well as 60 and 90 years after.

According to the step-by-step assessment of soil vulnerability to pollution, a general tendency is observed in the changes of the technogenic load in the territory of the radioactive trail. It can be concluded that in the interval of 100-120 years the activity of the initial ^{137}Cs surface deposition will decrease to the values below the limits, but will still exceed the background values, and will completely disappear 300 years after the accident.

Within the 100-120 years after the Chernobyl Accident, the areas with ^{137}Cs groundwater pollution exceeding the background concentrations can still be detected in the radioactive trail zone.

Keywords: radiation situation, monitoring, radionuclides, groundwater protection and vulnerability, pollution sources, technogenic load.

DOI: 10.24411/2542-2006-2020-10053

УДК 502.45; 502.43; 502.48

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРНОГО ПОДМОСКОВЬЯ (ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ ПРИРОДНОГО ПАРКА «ЖУРАВЛИНЫЙ КРАЙ»)¹

© 2020 г. О.С. Гринченко*, Т.В. Свиридова**, В.В. Конторщиков***

**Институт водных проблем РАН*

Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: olga_grinchenko@mail.ru

***Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН*

Россия, 119071, г. Москва, Ленинский просп., д. 33

****Государственный Дарвиновский музей*

Россия, 117292, г. Москва, ул. Вавилова, д. 57

Поступила в редакцию 03.02.2020. После доработки 20.02.2020. Принята к публикации 20.02.2020

В XIX-XX веках в северной части современной Московской области располагались крупные болотные массивы, образовавшиеся на месте древней ложбины стока ледниковых вод. До наших дней сохранилась большая часть Дубненского болотного массива и северная половина Ольхово-Батьковского. На месте осушенных болот расположены сельскохозяйственные поля, часть из которых в настоящее время вторично заболачивается и зарастает лесом. Территория характеризуется высоким биологическим разнообразием. Сейчас здесь ведутся работы по проектированию регионального природного парка «Журавлиный край», площадь которого будет составлять более 75 тысяч гектаров.

Для обоснования создания парка авторы проследили динамику природно-антропогенных ландшафтов как мест обитания редких и фоновых видов птиц. Были собраны и проанализированы материалы по истории освоения территории за последние 100 и более лет. Это осушение болот, торфодобыча, лесопользование, сельское хозяйство. В статье приводятся оригинальные исследования авторов по изменению численности и видового состава птиц в зависимости от интенсивности и типа ведения сельского хозяйства как научной основы для ведения экологического менеджмента.

Выявлены основные факторы, которые могли повлиять на численность различных видов птиц за последние 40 лет. К таким факторам относятся: сокращение площадей используемых в сельском хозяйстве полей, сенокосных лугов и пастбищ, вторичное заболачивание, сокращение применения удобрений и ядохимикатов, прекращение добычи торфа, затопление низин на месте выработанных торфяников, увеличение площади лесов, увеличение доли приспевающих и зрелых хвойных лесов и перестойных лиственных, увеличение площадей молодых лиственных лесов, образовавшихся на месте заброшенных сельскохозяйственных угодий, подтопление значительных территорий в результате деятельности бобров, повышение среднегодовой температуры воздуха и увеличение годовой суммы атмосферных осадков.

В результате исследований было установлено, что территория проектируемого природного парка «Журавлиный край» представляет собой уникальный для центральной России природно-антропогенный территориальный комплекс, имеющий значительный хозяйственный (прежде всего в сельскохозяйственной отрасли), природоохранный и экологический потенциал.

Ключевые слова: природный парк «Журавлиный край», динамика экосистем северного Подмоскovie, Талдомский городской округ, заказник «Журавлиная родина».

DOI: 10.24411/2542-2006-2020-10054

¹ Работа выполнена по теме НИР фундаментальных исследований ИВП РАН за 2018-2020 гг. «Моделирование и прогнозирование процессов восстановления качества вод и экосистем при различных сценариях изменений климата и антропогенной деятельности» (№ 0147-2018-0002) № государственной регистрации АААА-А18-118022090104-8, раздел темы 2.6 «Эволюция наземных экосистем в изменяющихся природных условиях».

Северная и северо-западная части Московской области относятся к Верхневолжской низменности (рис. 1). Вдоль её юго-восточной окраины, у подножья Клинско-Дмитровской гряды, прослеживается древняя долина стока ледниковых вод (Вагнер, Манучарянц, 2003). Это Дубненско-Яхромская низина (рис. 1). Территория имеет свои ландшафтные особенности, выделяясь среди окружающей местности не только выровненным рельефом и геологическим строением, множеством болот и заболоченных лесов, определяющих режим грунтовых и поверхностных вод, а также микроклиматом, но и почвенным и растительным покровами, животным населением (Свадковский, 1936).

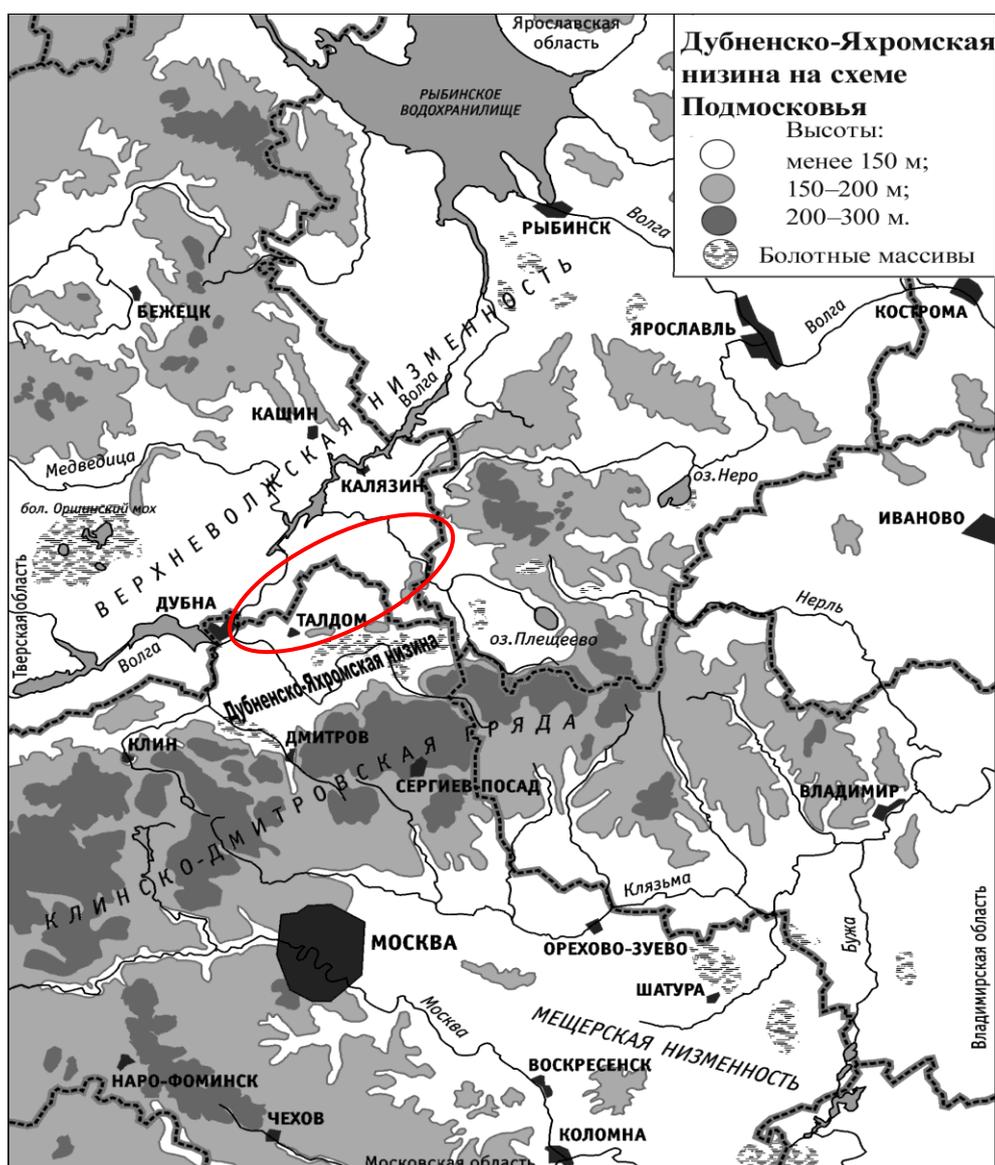


Рис. 1. Физико-географическая схема южной части Верхневолжской низменности (Журавлина родина, 2009).

Площадь Дубненско-Яхромская низины составляет более 600 км². Ее северо-восточную часть занимает бассейн реки Дубны, а юго-западную – бассейны её притоков Сестры и Яхромы (рис. 1).

К середине XX века в результате мелиорации и торфодобычи западная часть Дубненско-Яхромской низины превратилась в своеобразный ландшафтный комплекс, где место болот

заняли залитые торфяные карьеры с богатой водной и околородной растительностью, луга, поля, заболоченные ивняки, вторичные черноольховые и берёзово-осиновые леса. Эти биотопы плавно переходят один в другой и в силу сходных региональных физико-географических условий и геологической истории образуют в совокупности мозаичный, но единый природно-антропогенный ландшафтный комплекс, в который также входят сельские населённые пункты и садовые товарищества.

Восточная часть низины трансформирована в меньшей степени. Сохранилась большая часть Дубненского и Ольхово-Батьковского лесоболотных массивов. На месте осушенных территорий расположены сельскохозяйственные поля, некоторые из них в настоящее время вторично заболачиваются и зарастают лесом. Именно эта часть Дубненско-Яхромской низины вместе с граничащей с ней Талдомской возвышенностью является ключевой территорией проектируемого в Сергиево-Посадском и Талдомском городских округах Московской области регионального природного парка с рабочим названием «Журавлиный край». Сейчас здесь существует 7 особо охраняемых природных территорий (ООПТ), в том числе заказник «Журавлиная родина». В состав парка также войдут территории, расположенные к северу и югу от Дубненской низины, где находятся 4 действующих и 4 проектируемых ООПТ и 2 участка лесов научного значения.

Всего в свой состав природный парк будет включать 10 действующих ООПТ и их окрестности, связывающие территории в ландшафтном плане, а также ряд ценных для сохранения биоразнообразия региона территорий, не имеющих в настоящее время регламентированного режима землепользования и статуса охраны. При этом территории ныне существующих заказников как особо ценные станут заповедными ядрами парка. Планируемая площадь парка – более 75 тысяч гектаров (рис. 2).

Работа ведётся в соответствии со «Схемой развития и размещения особо охраняемых природных территорий в Московской области», утверждённой постановлением Правительства Московской области от 11.02.2009 № 106/5 (ред. от 28.01.2019), в рамках государственной программы Московской области «Экология и окружающая среда Подмосковья» на 2017-2026 годы – «Разработка материалов для организации особо охраняемой природной территории областного значения. Сергиево-Посадский городской округ и Талдомский городской округ Московской области» (Постановление ..., 2019).

Интенсивное хозяйственное освоение восточной части Дубненской низины, где сейчас проектируется природный парк «Журавлиный край», началось в 20-х годах XX века. Были спрямлены и углублены русла рек Дубны и Сулати, осушена значительная часть болот, вырублены заболоченные леса, частично спущено озеро Заболотское.

Первые сведения о птицах территории проектируемого природного парка относятся ко второй половине XIX в., но они очень малочисленны (Варенцов, 1919; Птушенко, Гладков, 1933; Птушенко, Иноземцев, 1968; Михеев, 2018).

К 1970-м годам ландшафты Дубненской низины и её окрестностей изменились. Стало меньше болот и больше сельскохозяйственных полей, появились обширные пойменные луга, участки торфоразработок. В результате осушительной гидромелиорации уменьшились площади заболоченных лесов, в ряде лесных массивов повысился бонитет насаждений.

Трансформация ландшафтов повлияла на многие виды животных и растений, часть которых либо совсем исчезла, либо стала очень редкой. Некоторые виды птиц начали использовать сельскохозяйственные ландшафты. Например, появление обширных полей стало предпосылкой образования в Дубненской низине крупного миграционного скопления серых журавлей. До начала 1960-х годов скоплений здесь не было (Смирнова, 1997). Первым сообщением в печати о журавлином скоплении стала заметка В.Е. Иванова (1974) о 2 тысячах журавлей, кормящихся на совхозных полях района. Спустя три года Р.В. Дормидонтов (1977) подробно описал скопление в журнале «Охота и охотничье

хозяйство». В 1979-1980 гг. начались первые массовые учёты журавлей (Зубакин и др., 1982), ежегодная сезонная работа по мониторингу редких видов (Зубакин и др., 1986, 1987, 1988), фенологические наблюдения (Ковалёв, 1991).

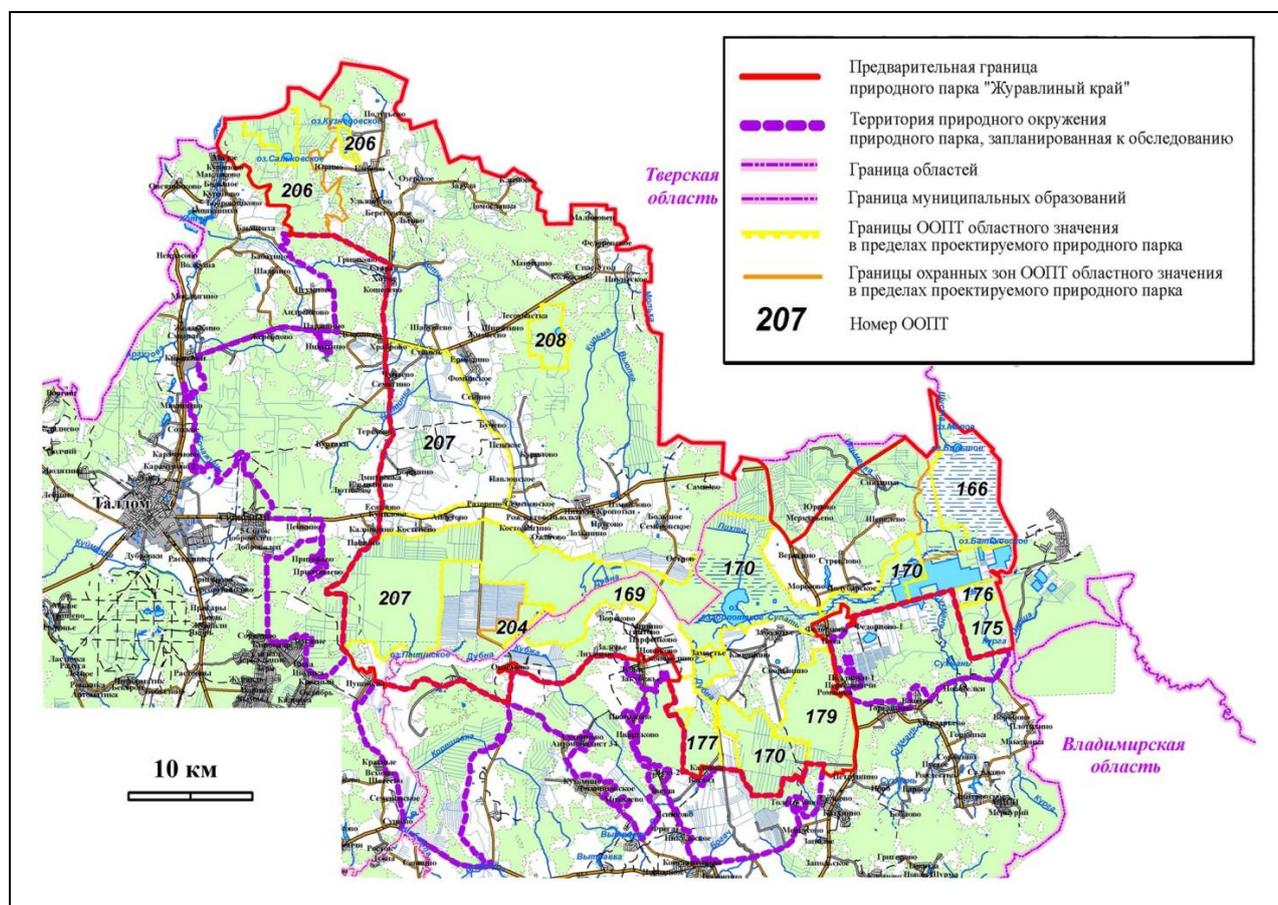


Рис. 2. Предварительная схема границ проектируемого природного парка «Журавлиный край» (Схема ..., 2016). *Условные обозначения.* ООПТ в составе парка: 166 – «Озёра Большое и Малое Туголянские и прилегающий болотный массив», 169 – «Дубненский левобережный заказник», 17 – «Озеро Заболотское и его окрестности», 175 – «Комплекс сырых лесов и лесных болот», 176 – «Леса и болота в кв. 108, 109 Веригинского лесничества», 177 – «Константиновский черноольшание», 179 – «Переходное болото в Торгошинском лесничестве и прилегающие леса», 204 – «Дубненская колония серых цапель», 206 – «Маклаковский заказник», 207 – «Журавлиная родина».

Сейчас почти все болота Дубненской низины и её окрестностей входят в состав государственных природных заказников, где прекращено осушение и добыча торфа. А осушенные выработанные торфяники обводняют и заболачивают (Гринченко и др., 2017).

Несмотря на частичную трансформацию, северное Подмосковье не утратило своей экологической ценности. В 1977 г. после экспедиции Ботанического сада МГУ им. М.В. Ломоносова был создан первый государственный заказник около Малого Туголянского озера в северной части Батьковского болота (Сергиево-Посадский район Московской области). В дальнейшем площадь заказника увеличили. Он получил название «Озёра Большое и Малое Туголянские и прилегающий болотный массив». Два года спустя был создан заказник «Журавлиная родина», названный так по повести М.М. Пришвина, жившего и работавшего в этих местах в 1920-е годы. К 1992 г. в Талдомском и Сергиево-

Посадском районах существовала сеть уже из 12 действующих заказников и памятников природы, и были спроектированы ещё 6 ООПТ.

Все обследования, проекты и согласования ценных природных территорий в те годы были сделаны силами студенческой Дружины по охране природы Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Цель статьи – обобщение накопленного к настоящему времени материала по динамике экосистем северного Подмосковья, который будет включён в проектную документацию по созданию природного парка на этой территории. Представленные сведения могут быть использованы как для ведения научного мониторинга, так и служить основой для разработки природоохранного менеджмента и проведения эколого-просветительских мероприятий в ходе дальнейшего функционирования нового природного парка.

Изменения площадей и запасов лесов Подмосковья

Лесистость Московской области снижалась на всём протяжении XVIII и XIX веков, но в начале XX века уничтожение лесов приняло угрожающий характер. Интенсивные рубки и сопутствующие им пожары в 10-40-е годы XX века привели к снижению лесистости области до 21% – самой низкой за всю историю Подмосковья.

В годы строительства канала им. Москвы на севере Подмосковья было вырублено особенно много лесов северного Подмосковья. На сооружение канала потребовалось 2.35 млн. м³ леса (фото 1; Москва-Волга.Ру ..., 2019). В период Великой Отечественной войны рубки тоже были интенсивными, так как первоочередной задачей этого периода являлось обеспечение нужд обороны и народного хозяйства в стране древесиной, которая была одним из важнейших видов стратегического сырья (Лесное хозяйство ..., 1967).



Фото 1. Район шлюза №1 и Волжский район гидросооружений (г. Дубна, Карманово), станция «Волжская плотина», 1933-1934 гг. (Москва-Волга.Ру ..., 2019).

С 50-х по 90-е годы XX века проводилось активное лесовосстановление, темпы рубок снизились, и в результате лесистость Московской области увеличилась до 41% (Цветков, 1957; Лагунов, Гусев, 1990; Конторщикова, Ярошенко, 2008). По состоянию на 01.01.2018 леса в Московской области занимают около 47.6% её площади и составляют 2116.2 тыс. га (Лесной план ..., 2018). Все леса в области отнесены к лесам I группы и выполняют в основном санитарно-гигиенические и рекреационные задачи. Почти половина лесного фонда – запретные полосы по берегам рек, озёр, водохранилищ. Около 60% лесов исключены из расчёта пользования – таких больше 1 млн. га.

В лесах области преобладают берёзовые насаждения, произрастающие на 40.6% площади лесов и образующие 36.8% от общего запаса насаждений в области. Ельники произрастают на 23.5% площади, сосняки – на 20.2%. Осинники и ольшаники занимают по 13.1% площади лесов.

Остальные породы (лиственница, дубы, ясень, клён, вяз, липа, тополь, ивы древовидные) представлены на 2.5% площади.

Среди хвойных пород преобладают ельники, занимающие 53.6% площади хвойных насаждений. Сосняки произрастают на 46.1% площади и обеспечивают 49.5% запасов хвойных пород. На долю лиственницы приходится 0.3% площади.

Среди твердолиственных пород преобладает дуб. На долю остальных твердолиственных пород приходится всего 3.6% площади: ясень – 1.1%, клен – 1.4%, вяз и другие – 1.1%.

Мягколиственные породы представлены в основном берёзой, осиной, ольхой серой и ольхой чёрной. Среди них преобладает берёза, произрастающая на 74.5% площади мягколиственных насаждений.

Осина, ольха серая и ольха чёрная занимают 15.9, 4.7 и 3.4% площади соответственно. На долю остальных мягколиственных, представленных липой, тополем и ивами древовидными, приходится всего 1.4% площади мягколиственных насаждений (Лесной план ..., 2018).

В последние 80 лет в Московской области увеличивается доля старовозрастных лесов. Это связано с развитием и старением лесов на обширных вырубках, гарях и заброшенных землях 1910-1940 годов (свыше 25% всех лесов) и постепенным снижением площадей сплошных рубок (15 тыс. га в год – послевоенные годы, 6 тыс. га – 1980-е, менее 2 тыс. га – настоящее время). Если в 1949 г. спелые и перестойные леса занимали 9% лесных земель области, то сейчас уже 15.4% (Лесной фонд ..., 1949, 1999). Особенно заметно увеличение доли старых хвойных лесов с 0.8% в 1949 г. до 3.4% в 2000-х гг. (Конторщикова, Ярошенко, 2008).

Состав лесов северного Подмосковья в пределах проектируемого парка «Журавлиный край»

Общая лесистость Талдомского г.о. Московской области составляет 56% от общей площади округа (Материалы ..., 2016). Общая площадь лесов – 79.68 га, они относятся к зоне хвойно-широколиственных лесов (Лесохозяйственный регламент ..., 2018). В состав природного парка «Журавлиный край» входят Салтыково-Щедринское и Хотченское участковые лесничества, а также сельские леса, общей площадью около 30 тыс. га. Талдомский г.о. занимает первое место по запасам торфа в Московской области. Месторождения торфа представлены практически повсеместно, большинство из них имеет небольшую мощность и высокую зольность. Самое обширное месторождение торфа «Дубненский болотный массив» относится к крупным месторождениям и по каталогу Торфяного фонда Московской и Тверской области имеет номер 149. Запасы торфа оцениваются как 304.462 млн. м³ (Кутузова и др., 2014).

Большое количество торфяных болот определяет облик лесов – распространение сфагновых сосняков и ольшаников.

В пределах Сергиево-Посадского г.о. в состав природного парка входят Торгошинское и

частично Константиновское участковые лесничества Сергиево-Посадского лесничества, а также сельские леса, общей площадью также около 30 тыс. га. Здесь тоже много торфяников, часть из них к настоящему времени выработана и залита водой (окрестности пос. Федорцово и Торгашино), а часть отдана под дачные посёлки.

Согласно существующим схемам лесорастительного районирования Московской области, территория проектируемого природного парка «Журавлиный край» относится к Талдомско-Лотошинскому району хвойных лесов и болот Верхневолжской низменности. Лесистость района в целом – более 50% (Лесной план ..., 2008).

Преобладают еловые и сосновые леса, заболоченные березняки и черноольшаники, осоковые и сфагновые болота. Елово-сосновые леса бореальной группы распространены от заболоченных низин до сухих водораздельных пространств древнеледниковых, древнеаллювиальных равнин и моренных островов. Наибольшие площади заняты эпиассоциациями вейниково-черничных, вейниково-чернично-зеленомошных и вейниково-чернично-кисличных сосново-еловых лесов. Менее распространены папоротниково-хвощёво-кисличные сосново-еловые леса, приуроченные к слабоволнистым и плоским древнеаллювиальным водноледниковым равнинам (Огуреева и др., 1996; Сулова, 2019).

Дюнообразные повышения, сложенные песками, заняты сосняками с елью зеленомошными и бруснично-зеленомошными, на вершинах – сосняками лишайниково-зеленомошными. Сглаженные вершины всхолмлений и пологие склоны с почвами более тяжёлого состава занимают ельники с сосной чернично-кисличные.

На нижних частях склонов и прилегающих к ним участках их сменяют ельники с сосной чернично-зеленомошными. На выположенных пространствах с двучленными почвами (пески, подстилаемые суглинками) можно видеть ельники кислично-зеленомошные. В особо благоприятных условиях обитания сформировались ельники зеленчуково-кисличные. Единичная примесь сосны свидетельствует о происходящем восстановлении еловых лесов на месте прежних – сосновых. Есть и вековые сосняки с елью чернично-зеленомошными, где процесс замещения сосны елью ещё далёк от завершения, но тенденция заметна. Ель успешно возобновляется, особенно – в окнах, тогда как благонадёжный подрост сосны отсутствует. В непроточных западинах обычны сосняки пушицево-сфагновые с берёзой пушистой во втором ярусе. В этих лесах особенно велика роль кустарничков – подбела, багульника, голубики, на кочках растут брусника и клюква. Часто встречаются производные березняки и осинники.

Заболоченные леса этого района можно разделить на две «формации»: травяные и долгомошные. Первые, в свою очередь, подразделяются на несколько типов: черноольховые и черноольхово-берёзовые тростниковые леса, берёзовые и берёзово-черноольховые таволговые леса, березняки и ельники болотно-травяные и берёзовые и берёзово-осиновые леса. В группе долгомошных типов есть еловые, елово-сосновые и елово-берёзовые леса. Флора лесов имеет преимущественно бореальный характер, и только в местообитаниях с более благоприятными условиями формируются ельники с дубом и липой с соответствующим составом травяного покрова. Липа и клён встречаются только в виде примеси (Рысин, 2012).

История преобразования болот северного Подмосковья

Первый этап мелиорации (1904-1935 гг.). Идея осушения Дубненских болот возникла в 1904 г. в отделе земельных улучшений при Министерстве земледелия и государственных имуществ России. В 1909 г. был составлен первый проект регулирования р. Дубны, он был отправлен на доработку, а проектные изыскания вели до 1915 г. (Свадковский, 1936). В 1924 г. изыскания продолжил подотдел сельскохозяйственной мелиорации Московского областного земельного отдела (МОЗО), и в 1925 г. начались работы по регулированию заболоченной

части р. Дубны. С Дальнего Востока в 1928 г. был переправлен единственный на всю страну плавучий шагающий экскаватор фирмы «Марион» (фото 2), купленный в Англии.



Фото 2. Прочистка русла р. Дубны в 1929 г. плавучим шагающим экскаватором «Марион» (История мелиорации, 2019).

В 1924-1926 гг. было произведено спрямление русла и понижение уровня воды в р. Дубне на 1.5-2 м (Свадковский, 1936). Уменьшение заливаемой в паводок территории и сокращение примерно на один месяц продолжительности паводков, увеличение колебаний уровня грунтовых вод и осадка торфа на топяных участках привели к перестройке растительного покрова (Пчёлкин, 2003). На большинстве участков поймы исчезли сплавинные черноольшаники (они сохранились только в районе устья р. Сулати), на смену им пришли более мезофильные черноольшаники, распространившиеся и на часть площади осоково-гипновых и тростниковых болот. На месте большей части осоково-гипновых болот сформировались мезофильные пойменные луга, использовавшиеся под сенокосы. Болота притеррасного понижения на этом этапе изменились сравнительно мало.

По данным Э.Г. Свадковского (1936), автора проекта по углублению и спрямлению русла р. Дубны в 1928-1929 гг., в первые годы после спрямления произошли следующие изменения параметров стока: средний весенний максимальный расход увеличился на 24%, а максимум 5%-ной обеспеченности почти вдвое; сократилась на 18% продолжительность затопления поймы водой; уменьшился модуль меженного стока 5%-ной обеспеченности на 31%, а 75%-ной – на 10%; увеличились расходы летне-осенних паводков при одновременном сокращении их продолжительности.

В ноябре 1929 г. плавучий экскаватор «Марион» (фото 2) закончил работы по первоначальному регулированию Дубны от с. Константиново и в 1930 г. пошёл обратно

с прочисткой и заходом по р. Сулать, вытекающей из оз. Заболотского. Эти работы привели к сильному падению уровня воды в озере. Один из видов-эндемиков ледникового периода – нитчатая сильноветвящаяся зелёная водоросль кладофора, образующая большие шары в толще воды, – полностью исчезла из озера.

В результате регулирования р. Дубны стало возможным проводить уборку сена на всех пойменных сенокосах (13400 га), ранее из них 30% периодически заливалось в период летних паводков. Понижение уровня грунтовых вод в пойме вызвало изменение растительного покрова на прилегающей к руслу полосе шириной до 150 м – болотные растительные сообщества сменились злаково-разнотравными. Снижение уровня воды в р. Дубне отразилось не только на пойменных угодьях, но и на всём лесоболотном массиве. Увеличилось количество сенокосов и пастбищ, улучшились грунтовые дороги, появилась возможность разрабатывать торфяные залежи в верховьях р. Нушполки и использовать лесные ресурсы, при этом по руслу р. Дубны вели сплав древесины к станции Вербилки (Свадковский, 1936).

Второй этап мелиорации (1965-1988 гг.). Комплексное освоение Дубненской поймы началось с 1965 г. Здесь было мелиорировано 13.6 тыс. га: закрытым дренажем осушили 8.1 тыс. га, сеть каналов – 5.5 тыс. га (Пчёлкин, 2003). В 1972 г. пойма была объявлена ударной комсомольской стройкой. К 1985 г. осушили уже 19.4 тыс. га – 9% всех осушенных земель Подмосковья, а мелиоративный фонд еще составлял 36.3 тыс. га.

В 1972-1977 гг. в центральной части Дубненского лесоболотного массива в рамках локального проекта «Дубна» была создана осушительная сеть открытых каналов (рис. 2). В процессе эксплуатации объекта произошла осадка торфа, в результате которой в несколько раз уменьшились коэффициенты фильтрации, а также образовались замкнутые понижения, в которых застаивалась вода. В 1987-1988 гг. была проведена реконструкция осушительной сети – углубление осушительных каналов и прокладка по периферии двух новых магистральных каналов-водоприёмников, имеющих прямые водосбросы в р. Дубну. Однако эффективное осушение достигнуто не было.

В этот период территория использовалась для торфодобычи фрезерным способом на участках с верховой залежью торфа, а также под сельхозугодья для выращивания трав.

Урожайность осушенных земель в районе оставалась низкой. Она была лишь ненамного выше урожайности на обычных площадях, ни одно хозяйство не достигло проектного уровня. Почва нуждалась в постоянном удобрении и на значительных площадях имела тенденцию к заболачиванию. Сеть мелиоративных каналов постоянно приходилось поддерживать в рабочем состоянии, что требовало больших затрат и не окупалось сельским хозяйством. Вымокание посевов зерновых приводило к потерям 30-40%, а то и 60% урожая. Практически все колхозы были убыточными (Продолжая традиции, 1982; От «Мариона» ..., 1977; Мелиорации – высокое качество, 1982; Мелиораторы района, 1985; Резерв в мелиорации, 1986).

Третий этап мелиорации (2004-2019 гг.). На этой стадии началось обводнение нарушенных торфяников. Оказалось, что осушенные торфяники стали подвержены систематическим травяным и торфяным пожарам, которые в свою очередь имеют высокую социальную, природоохранную и экономическую значимость. Пожары 2002 г. выявили серьёзную проблему не только тушения и мониторинга пожаров, но и задачу их предотвращения (Минаева, Сирина, 2002), в том числе путём обводнения (Восстановление ..., 2004).

В этот период в Дубненской низине в окрестностях заказника «Журавлиная родина» реализовали несколько пилотных проектов обводнения (Гринченко, 2002, 2005а, 2005б, 2007). Целью было уменьшить площади торфяных пожаров, создать запасы воды для их оперативного тушения и восстановить болотные экосистемы на нарушенных торфяниках. В последующие годы в Подмосковье прошли масштабные проекты обводнения, часть которых была реализована и на территории проектируемого парка «Журавлиный край» (Гринченко и др., 2017; Каменнова, Минаева, 2018).

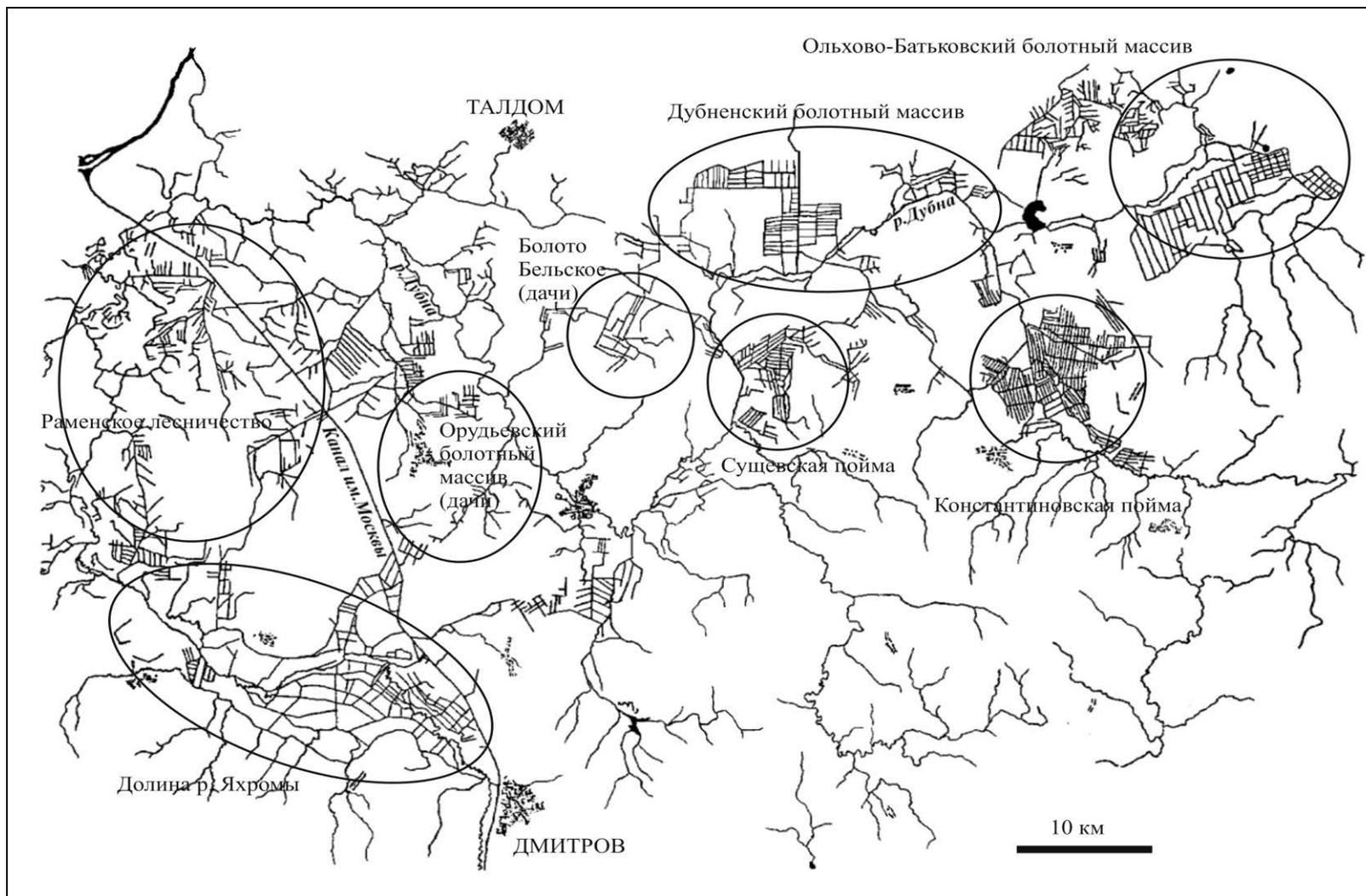


Рис. 3. Схема расположения крупнейших осушительных сетей открытых каналов на болотах, в поймах и заболоченных лесах северного Подмоскья в период второго этапа мелиорации (к концу 70-х гг. XX в.)

Историческое и современное сельскохозяйственное природопользование на севере Подмосковья

Природное богатство северного Подмосковья – следствие уникального сочетания лесоболотных массивов с сельскохозяйственными угодьями. Места обитания многих редких видов птиц сохранились не только в ненарушенных болотах и малопроезжих лесах. Значительное их число, прежде всего гнездящихся луговых птиц, обитает на сельскохозяйственных землях. Десятки тысяч птиц ежегодно кормятся здесь на полях и лугах в период пролёта и кочёвок (Гринченко и др., 2001; Свиридова и др., 2006; Конторщиков и др., 2014). Для экономически развитой и густонаселённой Московской области такая плотность и видовое разнообразие птиц луго-полевого комплекса местообитаний стали редким явлением, что дополнительно обосновывает необходимость создания здесь особо охраняемой природной территории – природного парка «Журавлиный край».

Обрабатываемые сельскохозяйственные земли как гнездовые и кормовые местообитания птиц и других животных имеют ряд специфических черт. Одна из них – ежегодная смена экологических условий на значительной части земель, входящих в пахотные севообороты. Другая, наиболее распространённая, – неполнота того комплекса условий, который способен обеспечить все потребности существования вида. Так, благоприятные условия для устройства птичьих гнёзд могут сочетаться с отсутствием достаточных кормов, и наоборот. Распашка, боронование, раннее сенокошение приводят почти к тотальной, а ранний и интенсивный выпас скота – к очень высокой гибели кладок и птенцов видов, гнездящихся на земле. Разные типы сельскохозяйственных угодий отличаются разным обилием и доступностью беспозвоночных – кормовых объектов многих редких видов птиц, особенно таких, как занесённые в Красную книгу России и/или Московской области кулики: большой кроншнеп *Numenius arquata*, кулик-сорока *Haematopus ostralegus*, большой веретенник *Limosa limosa*, травник *Tringa totanus*, поручейник *Tringa stagnatilis*, дупель *Gallinago media*.

На сельскохозяйственных землях в любое время возможно резкое сокращение одних кормов (например, уменьшение почвенных беспозвоночных при распашке, живущих в траве насекомых – при сенокошении или применении пестицидов) при одновременном увеличении доступности других кормов (например, бóльшая доступность почвенных и поверхностно живущих позвоночных после сенокошения и на выпасах, увеличение доступности просыпанного при уборке зерна на стерне и т.п.). Поля с созревающими и уже убранными культурами привлекают также некоторых млекопитающих, например, кабанов. В годы с обилием мышевидных грызунов на сельскохозяйственных землях в значительном числе кормятся лисы и енотовидные собаки.

Существенным моментом является степень сельскохозяйственной нагрузки. Например, в 1980-х гг. некоторые угодья северного Подмосковья подвергались чрезмерной пастбищной нагрузке. Её снижение в 1990-х гг. сразу же вызвало увеличение численности гнездящихся редких куликов на пойменных лугах (Свиридова, 2008). Но и полное прекращение сельскохозяйственного использования земель также неблагоприятно отражается на многих редких и обычных луго-полевых птицах, населяющих территорию проектируемого природного парка (Смирнова, 1997; Свиридова и др., 2006, 2016а). Большое значение для птиц имеют состав и площади посевных культур – наличие и обилие озимой пшеницы в существенной степени определяет время пребывания в проектируемом природном парке мигрирующих серых журавлей (Гринченко и др., 2009).

Для понимания причин, которые способствовали сохранению многих редких видов и поддержанию высокой численности обычных видов птиц в будущем природном парке в последние 25 лет проводились специальные исследования по истории природопользования в этом регионе, в частности, по изменениям сельскохозяйственных ландшафтов при смене характера их хозяйственного использования, а также при оценке текущего состояния сельскохозяйственных угодий (Свиридова, 2008; Свиридова и др., 2002, 2016а;

Гринченко и др., 2015). Эта работа необходима для планирования мероприятий по природоохранному менеджменту, который будет проводить дирекция будущего природного парка, для обеспечения долговременной территориальной стабильности ежегодного осеннего миграционного скопления серого журавля, а также для сохранения массивов многолетних лугов как мест обитания многих редких видов (Свиридова, 2012; Гринченко и др., 2015).

Сельскохозяйственные угодья в XVIII-XIX вв.

Возникновение луго-полевых местообитаний исторически связано с развитием сельскохозяйственной деятельности человека (выжиганием древесной растительности под пашни, выпасом скота, сенокошением), поэтому они представляют собой динамичные и сравнительно нестабильные сообщества, существование которых зависит от их хозяйственного использования (Растительность ..., 1980). Применявшиеся на протяжении двух тысячелетий экстенсивные методы хозяйствования способствовали формированию так называемого *традиционного* сельскохозяйственного ландшафта, в котором пахотные земли занимали ограниченные площади и чередовались с лугами, болотами и лесами, а сложившиеся растительные и животные сообщества были близки к естественным (Тишлер, 1971).

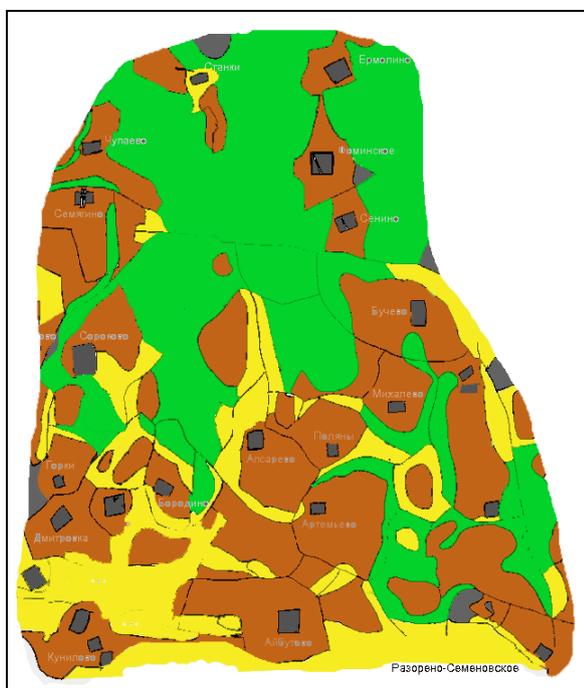


Рис. 4. «Апсарёвское урочище» заказника «Журавлиная родина» в 1774 г. (фрагмент «Карты дач ...», 1774). Условные обозначения для рисунков 4 и 11: зелёный цвет – лес, коричневый – пашни, жёлтый – луга, серый – деревни и иные (несельскохозяйственные) участки (Смирнова, 1997).

В XVIII-XIX вв. в Калязинском уезде Тверской губернии, в состав которого тогда входила значительная часть севера нынешней Московской области, площадь лесов была очень мала и составляла 17-18% (Покровский, 1879), так как основные земли были освоены под сельское хозяйство. В системе земледелия, как и повсюду в то время, преобладало трёхполье, во многих местах пары часто использовали под пастбища. Территория, где сейчас проектируется природный парк «Журавлиный край», находилась на удалении от основных хлеботорных волостей Кашинского и Калязинского уездов Тверской губернии. Здесь к 1774 г. оставались значительные лесные участки (рис. 4), а в заболоченной Дубненской низине луга и пашни отсутствовали вплоть до 30-х гг. XX в.

Местному населению не хватало сельскохозяйственных угодий, выгон и сенокос нередко вели на осоковых болотах. Люди жили бедно и были вынуждены заниматься промыслами, самым крупным из которых был сапожно-башмачный (Кисловский, 1926).

Изменение структуры сельскохозяйственных угодий как местообитаний птиц и других животных в XX-XXI вв.

Большая часть сельскохозяйственных земель северного Подмосковья ещё в относительно недавнем прошлом была пойменными болотами или заболоченными лесами. Спрявление русла реки Дубны в 1920-х гг. и осушение в 1960-1980-х гг. в ходе масштабной мелиорации

значительных площадей как в поймах, так и на водоразделах, предоставили возможность более широкого использования для сельхозпроизводства во второй половине XX в. тех заболоченных и переувлажнённых земель, которые ранее были слабо пригодны для этих целей (Марков, 1973; Комплексное обследование ..., 1987; Рабочий проект ..., 1987).

В целом, сельскохозяйственное освоение северного Подмосквья осуществлялось в последние 100-130 лет в несколько основных этапов, которые детально прослежены как раз для участка «Апсарёвское урочище» заказника «Журавлиная родина» (Smirnova et al., 1999; Свиридова и др., 2002).

В конце XIX – начале XX веков в границах этого урочища существовало около 10 деревень; почти вся его северная часть была залесена и сильно заболочена; пашни и луга занимали значительную долю (около 60%), но были представлены множеством мелких мозаичных участков, сконцентрированных вокруг деревень (Smirnova et al., 1999).

После мелиорации 1920-х гг. и в процессе создания колхозов произошло объединение и укрупнение полей (Smirnova et al., 1999), но в течение этого периода и вплоть до середины XX в. территория урочища по-прежнему отличалась существенной долей залесённых и заболоченных участков (рис. 5); в его центральной и западной частях сохранялась значительная мозаичность в расположении пахотных земель (рис. 6а).

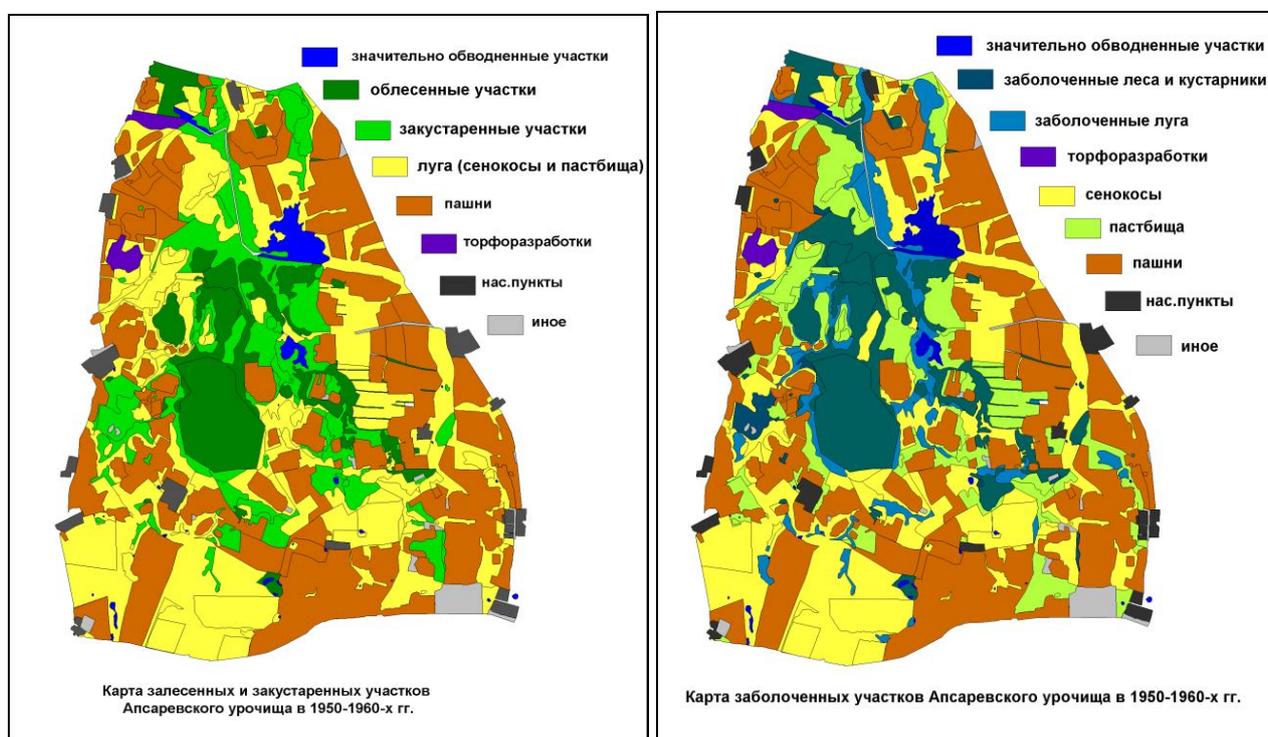
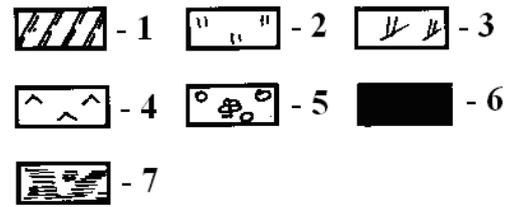
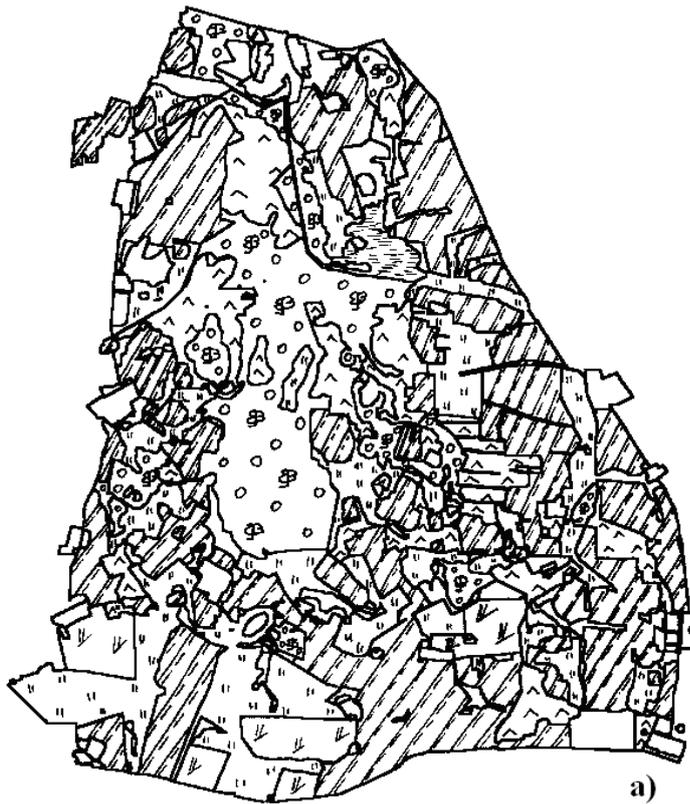


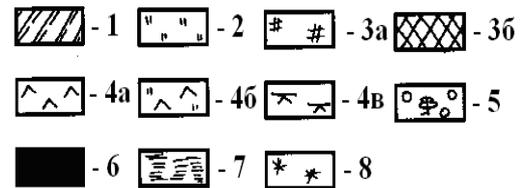
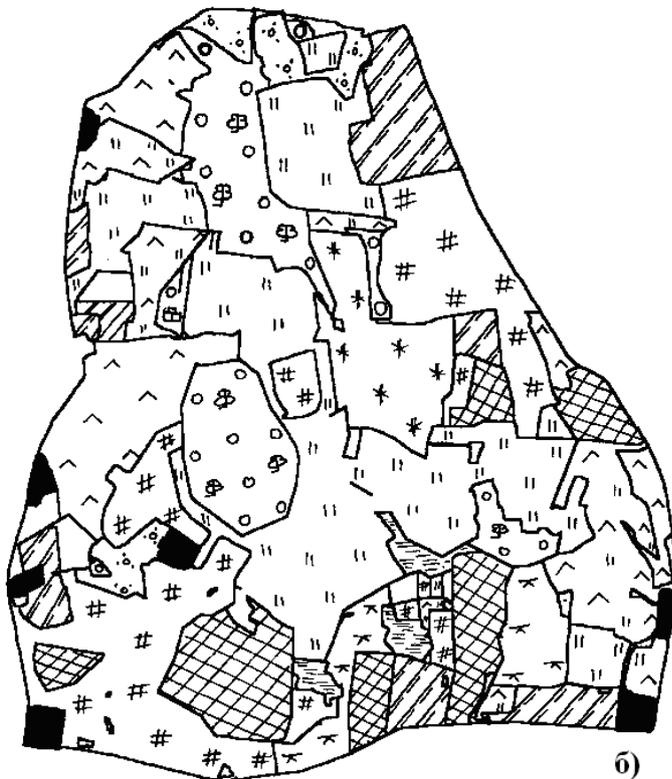
Рис. 5. Распределение залесённых и заболоченных участков в «Апсарёвском урочище» в 1956-1961 гг. (выполнено авторами по материалам землеустроительных карт).

Наиболее существенные осушительные работы, проведенные в урочище в 1960-1970-х годах (закладка скрытого – подземного дренажа), практически полностью изменили микрорельеф в урочище и на прилегающих к нему территориях; были снесены несколько деревень.

Сельскохозяйственные работы в этот период выражались в практически полной распашке и перезалужении земель урочища. В итоге бывшая мозаичность этой территории исчезла за счёт дальнейшего укрупнения лугов и пашен, при этом заметно увеличилась площадь лугов в центре урочища (рис. 6б). После этого, в последние 30 лет, крупные мелиоративные работы в урочище не проводили. Все современные луга были вновь засеяны в 1977-1979 гг. – в конце второго периода осушения и освоения болот и заболоченных земель.



Условные обозначения: 1 – пашни, 2 – сенокосы, 3 – частично выпаваемые сенокосы, 4 – пастбища, 5 – леса и все значительно залесённые и закустаренные участки болот, заброшенных сенокосов, лесных пастбищ, 6 – деревни, сады, дороги, торфяные разработки, 7 – открытые заболоченные обводнённые участки.



Условные обозначения: 1 – пашни, 2 – многолетние сенокосы, 3 – поля, находящиеся в постоянном севообороте: 3а – сенокосы на месте недавней пашни, 3б – пашня на месте недавних сенокосов, состояние на 1999 г.; 4 – пастбища: 4а – постоянные многолетние пастбища, 4б – скашиваемые многолетние пастбища, 4в – пастбища на месте недавней пашни; 5 – залесённые территории, 6 – деревни, карьеры, торфяные поля, 7 – заболоченные обводнённые участки, 8 – участки, зарастающие кустарником.

Рис. 6. Структура земель «Апсарёвского урочища» до 1956-1961 гг. (а) и после 1989-1999 гг. (б), после проведения тотальной мелиорации и улучшения лугов (Свиридова и др., 2002).

Перечисленные выше преобразования привели к увеличению доли сенокосных и пастбищных угодий в пределах урочища с 46% в конце 1950-х гг. до 71-76% в 1980-1990-х гг., что произошло как за счёт сокращения площади лесов, так и за счёт частичного перевода пашен в луговые угодья (рис. 7б). В целом же, в тех трёх хозяйствах, земли которых располагались в том числе и в «Апсарёвском урочище», около половины земель до середины 1990-х гг. занимали пашни (рис. 7а). Не менее половины, а иногда и большую долю этих пашен использовали в этот период под зерновые культуры, что способствовало стабильному формированию на севере Подмосковья осеннего скопления серых журавлей (Смирнова, 1997; Гринченко и др., 2015). Распределение пахотных и луговых угодий «Апсарёвского урочища» в 1980-1990-х гг. отличалось от такового на прилегающих территориях в сторону большего участия лугов (рис. 7). Это обусловило важнейшую роль урочища в качестве рефугиума для гнездования внесённых в Красную книгу Московской области редких куликов и других луговых птиц (Красная книга ..., 2018; Свиридова и др., 2002; Свиридова, 2008).

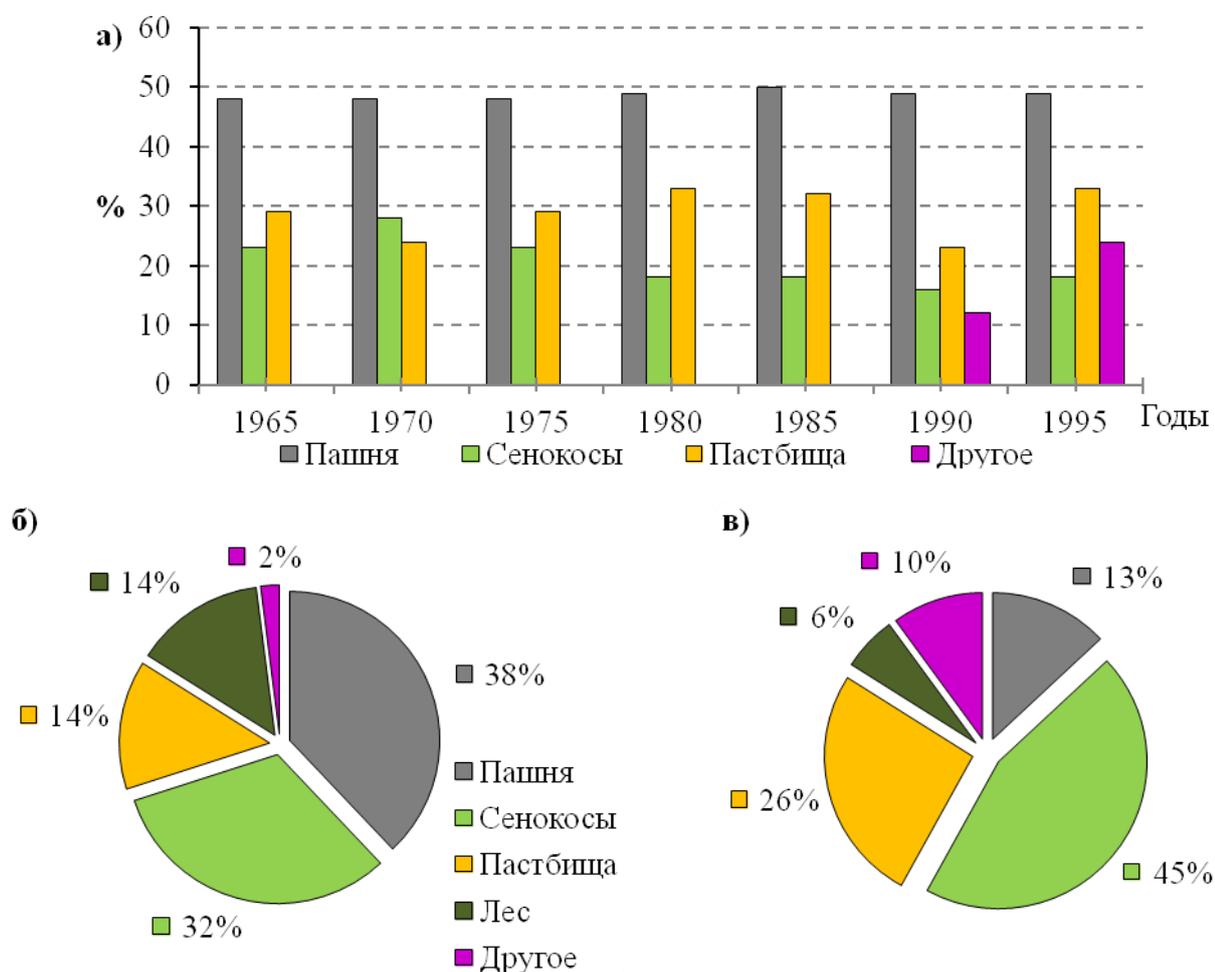


Рис. 7. Структура сельскохозяйственных угодий в «Апсарёвском урочище» и на прилегающих территориях: а) общая структура угодий в трёх хозяйствах, земли которых частично расположены в «Апсарёвском урочище», б) структура угодий отдельно в урочище в 1956-1961 гг., в) в 1990-е гг. (Свиридова и др., 2002).

Существенными благоприятными для обитания в урочище птиц и зверей факторами были: наличие многолетних лугов, а также поздние выпас и сенокосение на большей их части (Свиридова и др., 2002).

Основное сельскохозяйственное освоение других участков проектируемого природного парка, в том числе пойменных, происходило в те же годы и по примерно той же схеме.

Типичный облик сельскохозяйственных угодий заказника «Журавлиная родина» периода 1980-х гг. показан на фото 3. В целом, в северном Подмоскowie в послевоенный период и до первой половины 1990-х гг. преобладало молочное животноводство. После последней широкомасштабной мелиорации и улучшения лугов появились отдельные хозяйства, которые специализировались почти исключительно на производстве сена, продававшегося затем в другие хозяйства на корм крупному рогатому скоту.



Фото 3. Сельскохозяйственные угодья заказника «Журавлиная родина» в 1979 г. (слева) и в 1982 г. (справа; фото В.А. Зубакина).

В хозяйствах преобладали зернотравяные севообороты, выращивались также картофель и кукуруза, значительную площадь занимали пастбища. При этом соотношение пашен, сенокосов и пастбищ различалось на разных участках сельскохозяйственных земель (рис. 8). Это определялось как приоритетами развития конкретных хозяйств, так и ландшафтной приуроченностью, – например, в пойме преобладали сенокосы и выпасы (Свиридова, 2008).

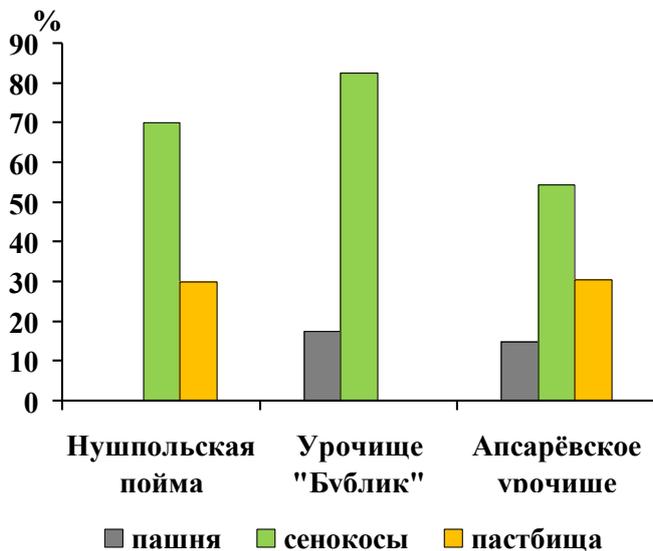


Рис. 8. Соотношение основных типов сельскохозяйственных угодий на разных участках Северного Подмоскowie в начале 1990-х гг. (Свиридова, 2008).

В 1990-х гг. хозяйственная нагрузка на сельскохозяйственные угодья северного Подмоскowie значительно снизилась. Это стало особенно выражено после 1992 г., когда из-за обострения экономического кризиса в стране хозяйства были вынуждены резко сократить поголовье крупного рогатого скота (в среднем в 2 раза). Соответственно, перестали быть востребованными созданные ранее обширные площади выпасов и сенокосов (Свиридова, 2008). Ещё раньше началось сокращение площадей зерновых (Смирнова, 1997). При этом слабое сельскохозяйственное использование земель в середине – второй половине 1990-х гг. постепенно сменилось его полным прекращением на обширных площадях в 2000-х гг. (Свиридова и др., 2006, 2016а).

Среди прочего в последние 30 лет почти не проводили крупных мелиоративных работ на сельскохозяйственных угодьях, за исключением строительства системы противопожарных прудов и прочистки связанных с ними каналов в ходе программы обводнения нарушенных торфяников в 2011-2013 гг.

Стоит отметить, что в «Апсарёвском урочище» в 2000-х гг. последствия прекращения обработки сельхозугодий в существенной степени были сглажены благодаря проводившемуся там эколого-сельскохозяйственному менеджменту, когда с целью сохранения местообитаний куликов и журавлей были предприняты меры по восстановлению зернотравяных севооборотов и увеличению площадей зерновых и умеренно используемых лугов в заказнике (Гринченко, 2010; Свиридова и др., 2016б). Тем не менее, наиболее детально произошедшие изменения структуры и качества сельскохозяйственных земель по мере изменения хозяйственной нагрузки прослежены на примере именно этой территории, и, несмотря на менеджмент, они были там значительны (рис. 9). В среднем же спад производства повлёл за собой сокращение площади используемых земель в течение 1990-2000-х гг. более чем на 60%.

В целом, изменения состояния сельхозземель региона с 1994 по 2014 гг. кратко можно охарактеризовать так: сокращение площади обрабатываемых угодий (прежде всего луговых); увеличение заболоченности и залесения территории; смена структуры используемых сельскохозяйственных угодий вследствие как спада (с середины 1990-х гг.), так и частичного возрождения (особенно после 2010 г.) хозяйственного развития (Свиридова и др., 2016а).

Характер и темпы этих изменений были не одинаковы на протяжении упомянутого периода. Первое десятилетие характеризовалось переходом от слабого сельскохозяйственного использования земель во второй половине 1990-х гг. к полному его прекращению на обширных площадях к середине 2000-х гг. В это время в регионе площадь посевов зерновых культур сократилась в 2 раза, а пастбищ – в 14 раз; ежегодно не использовались от 40 до 70% лугов (рис. 9). Но многие угодья оставались вполне пригодными для гнездования лугополевых видов птиц, так как ещё не заросли кустарниками и подростом деревьев; на пастбищах, в отличие от заброшенных сенокосов, в первые годы после прекращения их использования ещё сохранялась мозаика участков с высоким и низким травостоем (фото 4; Свиридова и др., 2006).

Второе десятилетие отличалось нарастающими темпами заболачивания (фото 5) и залесения вышедших из хозяйственного оборота территорий. Так, в «Апсарёвском урочище» доля занятых древесно-кустарниковой растительностью угодий (без учёта 4.5 км² крупных лесных массивов, расположенных в его пределах) возросла в ряду 1994-2004-2014 гг. с 2 до 9 и 15%. Доля значительно заболоченных участков увеличилась с 0.65 до 1.04 и 1.5%, а необрабатываемых угодий, преимущественно многолетних луговых залежей, – с 5 до 48 и 63%. Сократилась площадь сенокосов и пастбищ – с 21 до 8.4 и 3.1 га и с 10.1 до 3.2 и 0 га соответственно (рис. 10). Для большей части северного Подмосковья примерно до 2010-2012 гг. была характерна картина, сходная с «Апсарёвским урочищем».

Хотя увеличение доли заболоченных и залесённых участков в «Апсарёвском урочище» за два десятилетия кажется не столь большим (рис. 10), оба эти фактора существенно увеличили мозаичность угодий и в целом поменяли облик сельскохозяйственных ландшафтов (фото 6).

Довольно быстрое лесовозобновление на заброшенных сельскохозяйственных землях водоразделов, в частности в «Апсарёвском урочище», происходит прежде всего там, где леса были сведены ранее (рис. 11).

Лесовозобновление и расширение кустарниковых зарослей происходит неравномерно. Скорость этих процессов на том или ином участке зависит от сложно уловимого сочетания локальных (рельефа, гидрологических и почвенных условий) и региональных (например, погодных и климатических) факторов, а также предшествовавшей истории использования того или иного участка. Резкий рост древесно-кустарниковой растительности отмечался в аномально сырые (например, 2005, 2013 гг.) и засушливые (например, 2006, 2014 гг.) сезоны либо сразу после них. Залесению способствовали и участвовавшие в 2000-х гг. на заброшенных

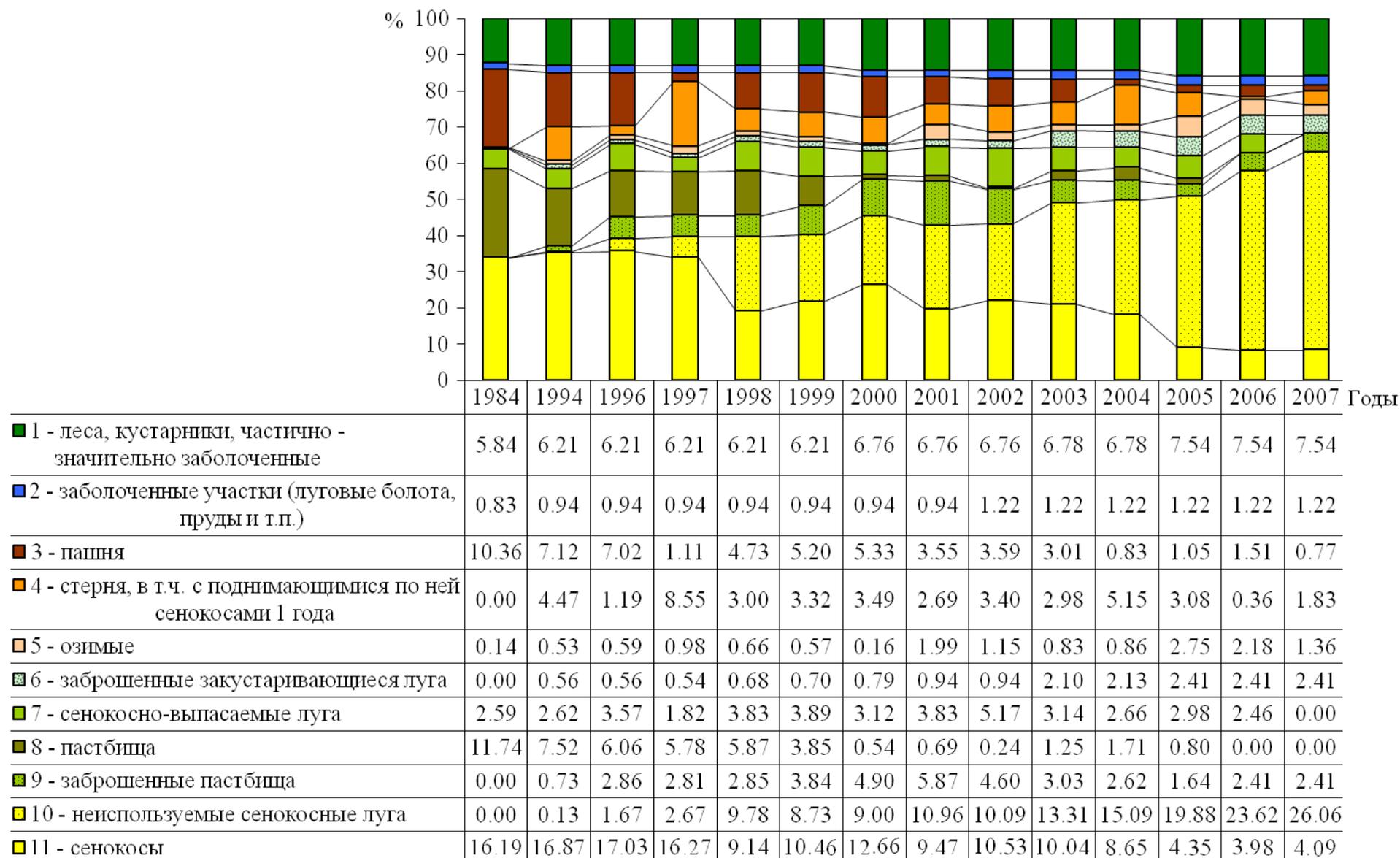


Рис. 9. Структура местообитаний «Апсарёvского урочища» в 1984, 1994-2007 гг., км² (Свиридова, 2008).

сельскохозяйственных землях травяные пожары. Многие участки пойменных лугов р. Дубны, где кустарники в 1990-х гг. отсутствовали или были слабо выражены, после торфяных пожаров заросли ивняками и березняками (фото 7). В «Апсарёвском урочище» всплеск возобновления берёзы отмечен после травяных пожаров 2006 и 2010 гг. (фото 8; Свиридова и др., 2016а).



Фото 4. Сельскохозяйственные угодья заказника «Журавлиная родина» в 1990-х – начале 2000-х годов (слева фото М.Н. Иванова, справа – Т.В. Свиридовой).



Фото 5. Заболачивание и закустаривание бывших сенокосов и пастбищ заказника «Журавлиная родина» (фото Т.В. Свиридовой).

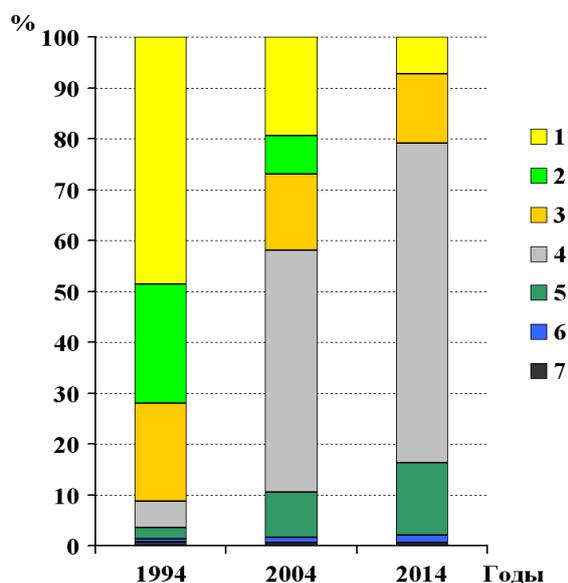


Рис. 10. Изменения структуры основных типов сельскохозяйственных угодий в «Апсарёвском урочище» за 20 лет. 1 – сенокосы, 2 – пастбища, 3 – поля, 4 – необрабатываемые угодья, 5 – закустаренные/залесённые угодья, 6 – заболоченные территории, 7 – иное (не с/х).



Фото 7. Заросшие после торфяных пожаров березняком и ивняками луга в пойме р. Дубны (фото Т.В. Свиридовой).



Фото 8. Возобновление берёзы на заброшенных сельскохозяйственных землях в 2011 году, после пожаров в 2010 г. (фото Т.В. Свиридовой).

Изменялась не только площадь, но и качественные характеристики участков, занятых древесно-кустарниковой растительностью. В первом десятилетии спада сельского хозяйства на необрабатываемых лугах преобладал разреженный подрост ивы и берёзы, высота которого была сравнима с высотой травяного покрова (фото 9, 10). В первую очередь происходило зарастание ивняками переувлажненных и заболачивающихся луговых понижений, а также берегов мелиоративных канав, прудов и т.п. Во втором десятилетии возобновление берёзы, ольхи и местами сосны началось на обширных площадях луговых залежей, удалённых от водотоков и переувлажнённых мест. К 2016 г. многие закустаренные луга трансформировались в перелески с луговыми полянами, а местами и в лесные колки, где высота древостоя составляет от 3-4 до 5-7 и более метров (фото 9, 10).



Фото 9. Залесение вышедших из хозяйственного оборота лугов и полей в конце 1990-х (слева) и в 2010-е (справа) годы (фото Т.В. Свиридовой).



Фото 10. Залесение сельскохозяйственных земель в «Апсарёвском урочище» по материалам аэрофотосъёмки 2000 г. (вверху, фото М.Н. Иванова) и 2014 г. (внизу, фото И.С. Сметанина).

Вместе с тем в ряде хозяйств в последние годы наблюдается подъём производства, поэтому структура угодий в регионе, особенно с 2010 г., вновь стала меняться. Часть хозяйств расширила площади зерновых и, в меньшей степени, сенокосов, что благоприятно для многих луго-полевых видов птиц. Однако в целом восстановление производства в регионе пошло по пути применения интенсивных технологий. После почти полной ликвидации крупного рогатого скота в 1990-х гг. на современном этапе в сохранившихся животноводческих хозяйствах поголовье стало восстанавливаться. Но при этом имеет место почти полный переход от пастбищного к стойловому содержанию скота. Это влечёт за собой не только исчезновение пастбищ, но и сокращение площади сенокосов (рис. 10) на фоне расширения площадей с новыми кормовыми культурами (например, кукурузой), малопригодными для обитания птиц.

Помимо этого вместо преобладавшего ранее в регионе молочного животноводства, для которого требовались значительные площади лугов, происходит поступательное смещение современного рынка производства в сторону быстрокупаемых культур (картофель, рапс). Эти культуры требуют большей, чем поля зерновых, интенсивности ухода (частоты обработки, количества внесённых удобрений, химической обработки от вредителей и т.п.), что крайне неблагоприятно для птиц (Свиридова и др., 2009). В целом, сохраняющиеся обширные площади неиспользуемых зарастающих земель с одной стороны, и интенсификация производства на обрабатываемых полях с другой привели в последние 5 лет к поляризации состояния и облика сельскохозяйственных угодий, служащих местами обитания для птиц и других животных (фото 11).



Фото 11. Современная поляризация облика сельскохозяйственных земель в заказнике «Журавлиная родина» – «Апсарёвское урочище», 2014 год (фото И.С. Сметанина).

Среди прочего стоит подчеркнуть, что условия обитания многих видов птиц в сельскохозяйственных ландшафтах заказника «Журавлиная родина», равно как и в болотных местообитаниях, зависят от сочетания многих факторов – как типов и степени хозяйственного использования, так и погодно-климатических характеристик (Волков и др., 2013; Свиридова, 2014; Гринченко и др., 2015; Шариков и др., 2019). Эти сочетания и условия различны от года к году и могут меняться в долговременной перспективе, что также

необходимо учитывать при планировании мероприятий по природоохранному управлению территорией будущего природного парка.

Современная ландшафтная структура Дубненской низины – ключевой части природного парка «Журавлиный край»

В начале XX века самыми обширными на севере Подмосковья были четыре болотных массива: Дубненский, Яхромский, Ольхово-Батьковский и Орудьевский. До наших дней сохранилась бóльшая часть Дубненского болотного массива и северная половина Ольхово-Батьковского; именно эти болота входят в территорию проектируемого парка (рис. 3).

В современной ландшафтной структуре Дубненской низины имеются как условно естественные, так и антропогенные биотопы.

Среди первых выделяются: луга среднего и верхнего уровня поймы, луга нижнего уровня поймы, заболоченные леса и кустарниковые болота, которые относятся к пойменным угодьям, а также переходные болота на внепойменных территориях долин рек.

К биотопам антропогенного генезиса относятся: культурные луга, поля зерновых, овощных и иных культур, залежи, действующие торфоразработки, селитебные участки.

В таблице представлена динамика биотопов Дубненской низины в XX в. Установлено, что в ходе мелиорации практически полностью исчезли осоково-кочкарные (в том числе осоковые и осоково-гипновые) болота, занимавшие ранее более 30% территорий долины. В Дубненском болотном массиве это стало следствием не только осушения, но и изменения путей стока минерализованных вод в болота с прилегающей Талдомской моренно-холмистой гряды в результате гидромелиоративного строительства. Часть осоково-гипновых болот перешла от делювиального к атмосферному типу водного питания и сравнительно быстро превратилась в переходные сфагновые болота, часть которых и сейчас остаётся безлесной.

Основной трансформации здесь подверглись притеррасные осоковые болота и заболоченные пойменные леса. Осушение пойменных лесов и болот улучшило лесорастительные условия, в лесах класс бонитета увеличился на 1-2 балла, возросли высота и сомкнутость древостоев, а осушенные болота стали зарастать ольхой и березой. В результате в Дубненской низине заболоченные леса стали занимать более половины территории, что в два раза больше, чем до мелиорации. А площадь переходных болот сократилась втрое.

До настоящего времени в Дубненском болотном массиве сохранилось более 70% естественных и условно-естественных биотопов, в 2012 г. здесь была реализована государственная программа обводнения нарушенных торфяников, а в последующие годы прошёл ещё ряд проектов (Каменнова, Минаева, 2018; Гринченко и др., 2017).

Общие тенденции в динамике населения птиц северного Подмосковья в XX – начале XXI вв.

Фауна позвоночных животных территории проектируемого парка отличается высоким видовым разнообразием. Отмечен ряд редких и охраняемых видов животных. Практически полное отсутствие в животном населении синантропных видов свидетельствует о высокой степени сохранности и целостности природного комплекса.

Всего на территории отмечено 247 видов птиц (гнездящиеся и встреченные на миграции).

Основу фаунистического комплекса птиц составляют виды, характерные для хвойных, хвойно-мелколиственных и смешанных лесов Нечернозёмного центра России. Доминируют виды, экологически связанные с древесно-кустарниковой растительностью (90%). Доля синантропных видов составляет не более 4%, большинство встреч этих видов относятся к окраинам населённых пунктов.

В основном списке Красной книги Московской области (2018) содержится 68 видов птиц и ещё 39 – в мониторинговом. Из них на территории проектируемого природного парка в разное

время были достоверно отмечены 63 основных вида и 35 мониторинговых, что составляет 92.6 и 89.7% видов соответственно.

Таблица. Соотношение биотопов долины р. Дубны до мелиорации в XX в. и в 2000-2010 гг.

Биотопы	Долина реки Дубна			
	До мелиорации		2000-2010 гг.	
	га	%	га	%
Условно-естественные				
<i>Пойменные</i>				
Луга среднего и верхнего уровня поймы (луга пойменные)	241	1	636	2.3
Луга нижнего уровня поймы (низинные луга и луговые болота)	2207	8	2040	7.4
Заболоченные леса (ольховые)	6189	22	14248	51.6
Кустарниковые болота (тростниково-ивовые)	438	2	754	2.7
Осоково-кочкарные болота	8577	31	–	–
<i>Внепойменные</i>				
Переходные и верховые болота	9962	36	3491	12.6
Антропогеннообразованные				
<i>Пойменные</i>				
Культуры трав	–	–	1665	6
Поля зерновых культур	–	–	1322	5
Поля овощных культур	–	–	119	0.4
Залежи	–	–	3132	11.3
Залитые торфяные карьеры	–	–	–	–
Действующие торфоразработки	–	–	67	0.2
<i>Внепойменные</i>				
Селитебные территории	Нет данных		140	0.5
Итого:	27614		27614	

Примечания к таблице. Данные по площадям различных биотопов долины Дубны в период до мелиорации взяты по работе Е.С. Маркова (1973). Площади современных биотопов определены путём натуральных обследований и анализа космических снимков в геоинформационном программном комплексе ArcGis (Esri).

Один вид из Приложения 2 – гаршнеп, – считавшийся исчезнувшим, отмечен на пролёте. 19 видов птиц занесены в Красную книгу России (из них 2 вида не занесены в Красную книгу Московской области, так как на момент её издания не были найдены).

На территории проектируемого природного парка «Журавлиный край» в течение последних 30-40 лет эти виды исследователи намеренно искали, применяли специальные методы их учёта, регистрировали все случайные встречи, а также подробно анализировали литературные сведения о них. Именно поэтому многолетняя динамика их численности ясна в большей степени, чем динамика численности многих обычных видов.

К основным факторам, которые могли влиять на численность птиц северного Подмоскovie в конце XX – начале XXI вв., относятся: спад сельского хозяйства, снижение добычи торфа и образование на месте торфоразработок новых водоёмов, увеличение

возраста и площади лесов, возрастание численности бобра (*Castor fiber*), современные климатические изменения.

В результате спада сельскохозяйственного производства, вызванного социально-экономическим кризисом 1990-х гг., более чем наполовину сократилась площадь используемых полей, сенокосных лугов и пастбищ, они начали зарастать кустарником и деревьями. Прекратился ремонт открытых и закрытых систем осушительной мелиорации, что привело к вторичному заболачиванию территорий. Сократилось применение удобрений и ядохимикатов. На большей части сельхозземель существенно снизился фактор беспокойства, так как люди стали реже их посещать. Вместе с тем, в 2010-х гг. в ряде хозяйств на территории будущего парка началось возрождение сельскохозяйственного производства, в том числе с применением интенсивных технологий. Последнее приводит к поляризации сельскохозяйственного ландшафта северного Подмосковья. В целом в регионе пока преобладают неиспользуемые сельскохозяйственные земли (Свиридова и др., 2006, 2016а; Гринченко и др., 2015).

Практически полное прекращение добычи торфа к 1990-2000-м гг. было связано как с общим экономическим спадом, так и с тем, что основные запасы торфа были выработаны, а значительные оставшиеся участки болот в 1970-1990-е гг. вошли в систему ООПТ (Журавлиная родина ..., 2009). Прекратился отвод воды с торфоразработок, началось затопление низин на месте выработанных торфяников. На месте Ольховских фрезерных полей торфодобычи образовалось водохранилище (около 2.5 тыс. га), входящее в территорию проектируемого парка.

На протяжении нескольких десятилетий XX в. возрастала доля лесов, в том числе приспевающих и зрелых хвойных, а также перестойных лиственных; сократились рубки (Лесной план ..., 2008). В последние 10 лет ситуация несколько изменилась. На структуру лесных биоценозов оказали существенное влияние пожары, ветровалы, вспышки вредителей и последовавшие за этим рубки. В этот же период возросла доля молодых лиственных лесов, которыми зарастали сельскохозяйственные угодья (Контрощиков и др., 2014, 2019).

Повышение среднегодовой температуры воздуха и увеличение годовой суммы атмосферных осадков для большей части Европейской России. Основное увеличение осадков происходит в зимнее полугодие, а максимальные положительные изменения температур – зимой и весной. Это способствуют увеличению заболачиваемости долинных территорий и повышению почвенно-грунтового увлажнения (Кузьмина и др., 2011; Кузьмина, Трешкин, 2017, 2018).

Изменения численности птиц северного Подмосковья в 1980-2010-е годы

Уменьшение численности отмечено в 1990-2010-е гг. у обыкновенной горлицы *Streptopelia turtur*, грача *Corvus frugilegus*, жёлтой трясогузки *Motacilla flava*, лугового конька *Anthus pratensis*, вероятно у полевого жаворонка *Alauda arvensis*, а также у некоторых других лугополевых видов птиц. Оно обусловлено преимущественно сокращением площади обрабатываемых полей, низкотравных пастбищ и сенокосных лугов, а также нарастающим залесением сельхозземель. На численность лугового конька могли влиять и какие-то иные факторы, т.к. в 2010-е гг. она более чем в два раза снизилась также на верховых и переходных болотах северного Подмосковья.

В 1990-2010-е гг. продолжила уменьшаться численность князька *Parus cyanus*, несмотря на её флуктуации в разные годы. Основная причина этого – участвовавшие в осенне-зимнее время ледяные дожди, из-за которых на тростнике образуется ледяная корка, затрудняющая птицам доступ к их основному корму – личинкам зимующих в стеблях тростника насекомых (Контрощиков, Гринченко, 2015; Контрощиков и др., 2019).

Почти перестала встречаться белая куропатка *Lagopus lagopus*. После 1982 г. не отмечали сизоворонку *Coracias garrulus*, а после 1983 г. – лесного жаворонка *Lullula arborea*. Эти виды уже к 1980-м гг. проявляли тенденцию к сокращению численности (Зубакин и др., 1986;

Кисленко и др., 1990в; Красная книга ..., 2018). В 2000-е гг. снизилась численность турухтана *Philomachus pugnax*, и он, вероятно, перестал гнездиться на севере Московской области (Свиридова и др., 2009). Обыкновенная горихвостка *Phoenicurus phoenicurus* стала редкой и почти перестала встречаться в лесах, вероятно, уже к началу 1980-х гг. (Конторщиков и др., 2014). Клинтух *Columba oenas* в 1990-2010-е гг. регулярно встречался в гнездовое время только в лесах по р. Дубне от Нушпол до Константинова, но с 2014 г. перестал встречаться и там, и в ряде других мест (Конторщиков и др., 2019). Причины снижения всех этих видов до конца не ясны.

Гораздо больше видов птиц в рассматриваемый период увеличили численность или впервые появились на севере Подмосковья. Это касается как гнездящихся, так и залётных видов, в сумме их 56.

Можно выделить несколько групп видов с предположительно сходными причинами изменения численности. Включение некоторых из них в ту или иную группу может быть спорным, но на общую картину происходящих изменений это существенно не влияет.

1. Группа из 20 видов (35.7% среди увеличивших численность), рост которых связан с экономическим спадом в сельском хозяйстве и прекращением торфодобычи.

1а. Среди них можно выделить группу из 9 видов (16%), довольно тесно связанных с открытыми сельскохозяйственными ландшафтами Подмосковья. Это тетерев *Lyrurus tetrix*, серая куропатка *Perdix perdix*, перепел *Coturnix coturnix*, луговой лунь *Circus pygargus*, коростель *Crex crex*, болотная сова *Asio flammeus*, дупель *Gallinago media*, бормотушка *Hippolais caligata*, обыкновенный сверчок *Locustella naevia*. Их численность возрастала в основном в 1990-2010-е гг. вследствие увеличения мозаичности сельскохозяйственных местообитаний за счёт зарастания части их высокотравьем и кустами, локального заболачивания, уменьшения беспокойства и гибели при сельскохозяйственных работах. Всё это улучшило кормовые, гнездовые и защитные условия (Свиридова и др., 2006, 2016а). Для этих видов благоприятным могло оказаться и потепление климата, т.к. большинство из них имеет южное происхождение и, очевидно, проникло в лесную зону в процессе формирования сельскохозяйственных ландшафтов.

1б. Экономический спад положительно повлиял и на некоторых более древних аборигенных для рассматриваемой местности птиц, связанных в основном с болотами и заболоченными лесами (7 видов, 12.5%). Из гнездящихся птиц это чёрный коршун *Milvus migrans*, большой подорлик *Aquila clanga*, серый журавль *Grus grus*, большой улит *Tringa nebularia*, серый сорокопуд *Lanius excubitor*. Увеличение их численности тоже пришлось в основном на 1990-2000-е гг. С 2000 г. мы стали регулярно встречать в гнездовой период змеяда *Circaetus gallicus*. В 2007 г. впервые на гнездовании отмечена ястребиная сова *Surnia ulula* (Варламов и др., 2007). Для этой группы благоприятным оказалось, прежде всего, заболачивание территорий, снижение фактора беспокойства, зарастание и вторичное заболачивание заброшенных торфоразработок, увеличение площади зрелых лесов.

1в. Некоторые виды (5.3%) увеличили свою численность, скорее всего, в связи с образованием в 1990-е гг. обширных водоёмов на месте бывших торфоразработок. Это чомга *Podiceps cristatus*, хохлатая чернеть *Aythya fuligula*, орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla*.

2. Следующая большая группа, которую можно уверенно выделить, это 25 (44.6%) южных видов, находящиеся в рассматриваемом регионе у северной границы своего ареала. Их становится всё больше как на гнездовании, так и среди залётных и кочующих. Среди них много впервые отмеченных в северном Подмосковье. Их появление в регионе, наиболее вероятно, обусловлено современным потеплением климата (Кузьмина, Трешкин, 2017, 2018), а более ранние вёсны могут способствовать их постепенному продвижению на север. Как правило, в настоящее время эти виды расселяются на север во многих других местах Европы (Соколов, 2010).

2а. Больше всего таких видов (26.8%) связано с водоёмами. Это черношейная поганка *Podiceps nigricollis* (появилась на гнездовании с начала 1990-х гг.), волчок *Ixobrychus minutus* (первые встречи – в 2012 и 2013 гг.), большая белая цапля *Casmerodius albus* (встреча

в 2004 г.), лебедь-шипун *Cygnus olor* (залёты регистрируются с 1994 г.), водяной пастушок *Rallus aquaticus* (встречи с 2008 г.), малый погоныш *Porzana parva* (увеличение численности в 2000-2010-е гг.), камышница *Gallinula chloropus* (численность увеличилась в 1970-1990-е гг.), лысуха *Fulica atra* (увеличение численности в 1990-2000-е гг.), поручейник *Tringa stagnatilis* (появился на гнездовании, видимо, в 1980-е гг.), чёрная крачка *Chlidonias niger* (увеличение численности в 1960-1980-е гг.), белокрылая крачка *C. leucopterus* (появилась на гнездовании и увеличила численность в 1970-2000-е гг.), соловьиный сверчок *Locustella luscinoides* (стал встречаться с 2001 г.), тростниковая камышевка *Acrocephalus scirpaceus* (стала встречаться с 2007 г.), дроздовидная камышевка *A. arundinaceus* (стала встречаться с 1965 г., численность росла в 1990-2000-е гг.), ремез *Remiz pendulinus* (увеличение численности в 1990-2010-е гг.). Отметим, что на эти виды, несомненно, благоприятно подействовало и расширение общей площади водоёмов в 1990-2000-е гг.

2б. Часть «южных» видов связана с полями или лугами (7.1%). Это степной лунь *Circus macrourus* (встречи с 1990 г., гнездование с 1999 г.), орёл-карлик *Hieraaetus pennatus* (залёты с 2008 г.), полевой конёк *Anthus campestris* (залёты в 1999 и 2007 гг.), черноголовый чекан *Saxicola torquata* (встречи в 1974 и 2001 гг.).

2в. Другие виды прямо или опосредованно связаны с населёнными пунктами (5.3%). Это белый аист *Ciconia ciconia* (появился на гнездовании и увеличил численность в 1970-2000-е гг.), кольчатая горлица *Streptopelia decaocto* (стала встречаться с 1981 г.), горихвостка-чернушка *Phoenicurus ochruros* (стала встречаться с 2008 г.).

2г. Еще 3 вида связаны с другими типами местообитаний – с опушками и садами. Это сплюшка *Otus scops* (стала встречаться с 1981 г.), золотистая щурка *Merops apiaster* (колония существовала в 2002-2010 гг.), обыкновенный дубонос *Coccothraustes coccothraustes* (увеличение численности в 1960-1990-е гг.).

3. В следующую группу можно объединить некоторые лесные виды птиц (10.7%), которые в последние годы увеличили свою численность на севере Московской области. Это белоспинный дятел *Dendrocopos leucotos* (в 1980-1990-е гг.), кедровка *Nucifraga caryocatactes* (в 1990-е гг.), длиннохвостая неясыть *Strix uralensis* (в 1980-1990-е гг.), бородастая неясыть *S. nebulosa* (стала регулярно встречаться с 1994 г.), лесная завирушка *Prunella modularis* (в 1960-1990-е гг., с расширением спектра местообитаний), черноголовая гаичка *Parus palustris*. Причины увеличения численности этих лесных видов для нас по большей части пока не ясны. Отчасти, вероятно, благоприятно сказалось увеличение площади зрелых лесов (Контрощиков, Ярошенко, 2008).

Есть виды, которых мы затрудняемся отнести к той или иной группе. Увеличение их численности, скорее всего, связано с какими-то особыми причинами. Кулик-сорока *Haematopus ostralegus* изредка стал регистрироваться на севере Подмосковья с 1979 г. сначала на пролёте, а с 2011 г. – на гнездовании (Контрощиков и др., 2014).

Сизая чайка *Larus canus*, ранее у нас очень редкая, широко расселилась на севере Московской области в 1970-1990-е гг., чему способствовали переход на антропогенные корма и освоение ею для гнездования обводненных заброшенных торфопоразработок, а затем и пашен вдалеке от водоёмов (Зубакин, 2001).

Малая желтоголовая трясогузка *Motacilla (citreola) werae* в Европе уже давно с востока расселяется на запад (Зубакин и др., 1988), в северном Подмосковье она появилась на гнездовании во второй половине 1970-х гг., и до 1990-х гг. включительно её численность возрастала (Контрощиков и др., 2009).

Не очень ясно также, к какой группе следует отнести мородунку *Xenus cinereus* (начала гнездиться с начала 1980-х гг.), серебристую чайку/хохотунью *Larus argentatus / L. cachinnans* (стала регулярно встречаться с 1980-х гг., видимо, в связи с общим увеличением численности этого вида/видов в центре Европейской России), ворона (увеличение численности в 1970-1990-е гг.).

Среди перечисленных видов, есть такие, численность которых после их появления в

регионе или роста численности в 1980–2000-е гг., в 2010-е гг. не демонстрировали какой-либо явной положительной динамики на севере Подмосковья. Это – белоспинный дятел, малая желтоголовая трясогузка, дроздовидная камышевка, северная бормотушка и дубонос.

Таким образом, за последние 40 лет на территории будущего природного парка отмечены две основных тенденции.

Во-первых, вследствие потепления климата появляются южные виды, распространение которых связано в основном с водоёмами и открытыми пространствами.

Во-вторых, благодаря улучшению кормовых и защитных качеств местообитаний вследствие длительного экономического спада улучшилось состояние и целого ряда видов из древней аборигенной фауны болот и лесов.

Стоит отметить, что в рассматриваемый период на севере Подмосковья возросла также численность бурого медведя *Ursus arctos*, стали более регулярно отмечаться выдра *Lutra lutra*, рысь *Lynx lynx* и волк *Canis lupus* – все эти виды тоже представляют «доземледельческую» аборигенную фауну, связанную с лесами и болотами.

Выводы

1. Лесистость Московской области в конце XIX – начале XX веков снизилась до 21% в 1938 г. В 50-90-е годы XX века проводилось активное лесовосстановление, сокращались рубки, а в последующие 30 лет лесом стали зарастать неиспользуемые сельскохозяйственные угодья, сейчас площадь лесов составляет 47.6% территории Московской области.

2. Освоение болот на территории проектируемого парка проходило в несколько этапов, наиболее масштабные мелиоративные работы осуществлены во второй половине XX в. Однако эффективное осушение с точки зрения ведения сельского хозяйства достигнуто не было, а с начала XXI в., на фоне снижения хозяйственной нагрузки и прекращения поддержания большинства мелиоративных систем, а также современных климатических изменений, в регионе стали ярко выражены процессы заболачивания.

3. В конце XX – начале XXI в., на фоне спада сельскохозяйственного использования земель и современных климатических изменений отмечено возрастание числа торфяных пожаров и травяных палов, особенно выраженное в годы с недостаточным увлажнением. В этой связи в 2004-2018 гг. в северном Подмоскowie начаты работы по обводнению нарушенных торфяников, в результате которых сегодня снизилась их пожароопасность и началось восстановление болотных экосистем.

4. Значительная часть сельскохозяйственных земель северного Подмосковья в недавнем прошлом была заболочена и покрыта лесами. Сельскохозяйственное освоение региона осуществлялось в несколько основных этапов и в целом завершилось к середине 1980-х гг. Преобладающим типом сельского хозяйства на территории проектируемого парка «Журавлиный край» традиционно было содержание крупного рогатого скота, в основном молочных пород, выращивание зерновых культур и луговое хозяйство. Это способствовало поддержанию стабильных популяций многих редких и охотничьих видов птиц.

5. В последние 30 лет произошло значительное снижение сельскохозяйственного производства. Это привело не только к уменьшению поголовья скота, сокращению площадей полей и лугов, но и к значительным качественным и количественным преобразованиям облика сельскохозяйственных ландшафтов за счёт залесения и заболачивания неиспользуемых угодий. Однако в 2010-х гг., когда в ряде хозяйств начался подъём производства, на некоторых участках ситуация стала меняться. При этом наблюдается интенсификация производства, а также смена структуры используемых сельскохозяйственных угодий и направлений производства (с преобладавшего ранее животноводства крупного рогатого скота на свиноводство, картофелеводство и выращивание рапса). Полное прекращение сельхозпроизводства, или его интенсификация могут неблагоприятно отразиться на многих видах лугополевых птиц – на уже существующих ООПТ и территории проектируемого

природного парка.

6. Северное Подмоскowie обладает единством природы, обусловленным общим происхождением ландшафтов, историей развития и действующими современными процессами. Создание природного парка «Журавлиный край» позволит сохранить ценный природно-антропогенный территориальный комплекс, характеризующийся высоким биологическим разнообразием и возможностью сохранения и функционирования природных систем при рациональном использовании природных ресурсов.

7. Современные ландшафты проектируемого парка служат местами обитания многих редких видов животного мира, особенно – значительного числа видов птиц. Последние чутко реагируют на происходящие в северном Подмоскowie изменения. Основные драйверы динамики численности и распространения птиц в регионе – типы и интенсивность сельского хозяйства и лесопользования, затопление и заболачивание бывших торфоразработок, а также современные климатические изменения. Создание природного парка «Журавлиный край» и экологический менеджмент на его территории позволит сохранить места обитания редких и фоновых видов животных и растений северного Подмоскovia.

Благодарности. Помимо авторов, в сборе исторических и научных данных по территории северного Подмоскovia в течение многих лет принимали участие десятки наших коллег и друзей. Пользуясь случаем, мы выражаем всем им искреннюю признательность и благодарность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вагнер Б.Б., Манучарянц Б.О. 2003. Геология, рельеф и полезные ископаемые Московского региона. Учебное пособие по курсу «География и экология Московского региона». М.: МГПУ. 92 с.
- Варенцов В.А. 1919. Некоторые сведения о фауне позвоночных Переславского уезда // Доклады Переславль-Залесского Научно-Просветительного Общества. Т. 7. М.: Melanar. 26 с.
- Варламов А.Е., Ерёмкин Г.С., Захаров К.В., Коновалов М.П. 2007. Гнездование ястребиной совы в Московской области // Московка. № 6. С. 4.
- Волков С.В., Гринченко О.С., Свиридова Т.В. 2013. Сроки прилёта серого журавля (*Grus grus*) в Северное Подмоскowie и их связь с климатическими и погодными факторами. Зоологический журнал // Зоологический журнал. Т. 92. № 7. С. 834-840.
- Восстановление торфяных болот в России: значение для регионов. 2004 // Материалы семинара / Ред. А.И. Бакка. Н.-Новгород: Международный Социально-экологический союз; Экоцентр «Дронт». 88 с.
- Гринченко О.С. 2002. Опыт работы Талдомской районной администрации ООПТ по восстановлению гидрологического режима нарушенных территорий // Сборник материалов IV Международного симпозиума «Открытое общество и устойчивое развитие: местные проблемы и решения». Вып. 12. М. С. 41-45.
- Гринченко О.С. 2005а. Оценка воздействия гидромелиорации на экосистемы речных пойм гумидной зоны // Оценка влияния изменения режима вод суши на наземные экосистемы. М. С. 194-213.
- Гринченко О.С. 2005б. Экологические критерии регулирования режима обводнения переосушенных торфяников в поймах малых рек // Проблемы экологической безопасности Московской области. М. С. 137-141.
- Гринченко О.С. 2007. Биологическая рекультивация водно-болотных угодий (Московская область) // Сборник материалов Международной научной конференции «Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель». Екатеринбург. С. 178-184.
- Гринченко О.С. 2010. История формирования природоохранного менеджмента на территории заказника «Журавлиная родина» (Московская область) // Материалы 8-й международной конференции факультета гос. управления МГУ имени М.В. Ломоносова «Государственное

управление в XXI веке: традиции и инновации» 26-28 мая 2010 г. М. 276-284.

- Гринченко О.С., Волков С.В., Макаров А.В.* 2008. Современное состояние и тенденции изменения численности и распространения большого и малого подорликов в Дубненской низменности, Московская область // Изучение и охрана большого и малого подорликов в Северной Евразии. Иваново. С. 70-74.
- Гринченко О.С., Волков С.В., Свиридова Т.В.* 2015. Изменение гнездовой численности, структуры предотлётного скопления и фенологии миграции серого журавля в северном Подмосковье под влиянием природно-антропогенных и погодно-климатических факторов // Журавли Евразии (биология, распространение, разведение). Вып. 5. Сборник трудов IV международной научной конференции «Журавли Палеарктики: биология, охрана, управление». 1-4 сентября 2015 г. / Ред. Е.И. Ильешенко, С.В. Винтер. М.-Нижний Цасучей. С. 212-225.
- Гринченко О.С., Смирнова Е.В., Зубакин В.А., Дылюк С.А., Свиридова Т.В., Волков С.В., Могильнер А.А., Коновалова Т.В., Пустогарова А.А., Севрюгин А.В.* 2001. Осенние предотлётные скопления серого журавля в Московской области. // Орнитология. Вып. 29. С. 250-259.
- Гринченко О.С., Щербаков А.В., Любезнова Н.В., Кольцов Д.Б.* 2017. Эффективность реабилитации экосистем обводнённых торфяников на основе анализа динамики растительности и авифауны (Талдомский район Московской области) // Экосистемы: экология и динамика. Т. 1. №4. С. 23-39 (доступно по ссылке <http://www.ecosystemsdynamic.ru>).
- Дормидонтов Р.В.* 1977. Подмосковные журавли // Охота и охотничье хозяйство. № 8. М. С. 20-22.
- Журавлиная родина. Очерки о природе и людях. 2009. М. 160 с.
- Зубакин В.А.* 2001. Необычное гнездование чайковых птиц в Московской области в 1998 и 1999 гг. // Орнитология. Вып. 29. М.: МГУ. С. 291-293.
- Зубакин В.А., Волошина О.Н., Олексенко А.И., Панчешникова Е.Е.* 1982. Серый журавль в Московской области и проблемы его охраны // Журавли в СССР. Ленинград. С. 75-83.
- Зубакин В.А., Мищенко А.Л., Абоносимова Е.В., Волошина О.Н., Ковальковский С.Ю., Краснова Е.Д., Могильнер А.А., Николаева Н.Г., Соболев Н.А., Суханова О.В., Шварц Е.А.* 1986. Современное состояние некоторых редких видов птиц Московской области. Неворобьиные // Орнитология. Вып. 21. М.: МГУ. С. 77-93.
- Зубакин В.А., Мищенко А.Л., Абоносимова Е.В., Волошина О.Н., Ковальковский С.Ю., Краснова Е.Д., Могильнер А.А., Николаева Н.Г., Соболев Н.А., Суханова О.В., Шварц Е.А.* 1988. Изменения орнитофауны Московской области за последние десятилетия // Орнитология. Вып. 23. М.: МГУ. С. 183-187.
- Иванов В.Е.* 1974. Журавли // Газета «Заря». 5.10.1974. Талдом. С. 2.
- История мелиорации. Альбом. 2019. Хранится в архиве Талдомского историко-литературного музея, г. Талдом. 40 с.
- Каменнова И.Е., Минаева Т.Ю.* 2018. Проект «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата»: опыт реализации и перспективы // Проблемы и перспективы устойчивого развития торфяного дела в России: материалы Международной научно-практической конференции (17-19 сентября 2018 г., г. Тверь) / Ред. О.С. Мисников, В.В. Панов. Тверь: Триада. С. 59-64.
- Карта дач Генерального межевания 1774 года. Тверская губерния, Калязинский уезд. 1774 // Архив Древних Актов Государственного Российского архива. Фонд 1356, опись 1, ед. хр. 5982.
- Кисленко Г.С., Леонович В.В., Николаевский Л.А.* 1990. О редких воробьинообразных Подмосковья // Редкие птицы центра Нечерноземья. М. С. 133-136.
- Кисловский С.В.* 1926. Кашинский край. Ч. 1-2. Калязин. 129 с.
- Ковалёв Б.Н.* 1991. Фенологические наблюдения в Талдомском районе, сделанные в 1979-1990 гг. Рукопись. Хранится в библиотеке биостанции заказника «Журавлиная родина». 25 с.

- Комплексное обследование мелиорированных земель совхозов «Северный», «Красные всходы» Талдомского района Московской области и разработка предложений по улучшению их водного режима. 1987. М.: Московский гидромелиоративный институт. С. 1-89.
- Контрощиков В.В., Волков С.В., Гринченко О.С., Свиридова Т.В., Коновалова Т.В., Макаров А.В. 2009. Редкие виды птиц Дубненско-Яхромской низины: воробьинообразные // Сборник «Редкие виды птиц Нечерноземного центра России». М. С. 124-129.
- Контрощиков В.В., Гринченко О.С. 2012. Серый сорокопут и белая лазоревка на севере Московской области // Орнитология. Вып. 37. С. М.: МГУ. 111-114.
- Контрощиков В.В., Гринченко О.С., Свиридова Т.В., Волков С.В., Шариков А.В., Хромов А.А., Зубакин В.А., Кольцов Д.Б., Коновалова Т.В., Смирнова Е.В., Иванов М.Н., Макаров А.В., Севрюгин А.В. 2014. Птицы Журавлиной Родины и окрестностей: распространение и численность // Вестник Журавлиной Родины. Вып. 2. М.: Голос. С. 5-170.
- Контрощиков В.В., Гринченко О.С., Свиридова Т.В., Шариков А.В., Волков С.В., Макаров А.В., Буслаков В.В., Иванов М.Н., Кольцов Д.Б., Забугин В.В., Хромов А.А., Войтехов М.Я., Севрюгин А.В., Образов В.В. 2013. Птицы Журавлиной Родины в 2009-2011 гг. // Вестник Журавлиной Родины. Вып. 1. М.: Голос. С. 5-190.
- Контрощиков В.В., Гринченко О.С., Свиридова Т.В., Шариков А.В., Хромов А.А., Волков С.В. 2019. Динамика численности некоторых редких видов птиц на севере Московской области (Журавлиная родина и окрестности) в 2010-е годы // Редкие виды птиц Нечерноземного центра России. Материалы VI совещания «Распространение и экология редких видов птиц Нечерноземного центра России», Москва, 16-17 ноября, 2019. М. С. 127-133.
- Контрощиков В.В., Ярошенко А.Ю. 2008. Динамика лесов и изменения численности некоторых лесных птиц в Московской области // Сборник «Редкие виды птиц Нечерноземного центра России». М. С. 73-76.
- Красная книга Московской области (издание третье, дополненное и переработанное). 2018. М.О.: ПФ «Верховье». 810 с.
- Кузьмина Ж.В., Каримова Т.Ю., Трёшкин С.Е., Феодоритов В.М. 2011. Влияние климатических изменений и зарегулирование речного стока на динамику растительности долин рек // Использование и охрана природных ресурсов в России. № 2. М. С. 37-45.
- Кузьмина Ж.В., Каримова Т.Ю., Трёшкин С.Е., Черноруцкий С.В. 2019. Изменение положения безнапорных грунтовых вод в естественных экосистемах северного Подмосковья // Использование и охрана природных ресурсов в России. № 3.
- Кузьмина Ж.В., Трёшкин С.Е. 2017. Многолетние изменения основных метеорологических характеристик в зоне южной тайги Европейской части России (бассейн Верхней Волги) // Использование и охрана природных ресурсов в России. № 3 (151). С. 56-65.
- Кузьмина Ж.В., Трёшкин С.Е. 2018. Многолетние изменения влажностно-температурного режима в зоне южной тайги европейской части России (бассейн верхней Волги) // Использование и охрана природных ресурсов в России. № 2 (154). С. 55-63.
- Кутузова Н.Д., Голубева О.В., Куст Г.С. 2014. Характеристика торфяных почв Дубненского болотного массива // Роль почв в биосфере. Труды Института экологического почвоведения Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Т. 14. М. С. 105-133.
- Лагунов П.М., Гусев Н.Н. 1990. Динамика лесов Подмосковья // Лесное хозяйство. № 8. С. 51-54. Лесное хозяйство СССР за 50 лет (1917-1967 гг.). 1967 // Государственный комитет по лесному хозяйству Совета Министров СССР. М.: Лесная промышленность. 312 с.
- Лесной план Московской области. 2008. М.: Мослесопроект. 315 с.
- Лесной план Московской области на 2019-2028 годы. 2018. Кн. 1. Красногорск. 154 с.
- Лесной фонд России. 1999. Справочник. М.: ВНИИЦлесресурс. 650 с.
- Лесной фонд союза ССР по состоянию на 1.01.1949 г. 1949. М. 97 с.
- Лесохозяйственный регламент Талдомского лесничества Московской области. 2018. 230 с.
- Марков Е.С. 1973. Мелиорация пойм нечерноземной зоны. М.: Колос. 320 с.
- Материалы по обоснованию проекта генерального плана Талдомского муниципального района,

- том 2 «Охрана окружающей среды». 2016. ГУП МО «НИИПИ градостроительства». 85 с.
- Мелиорации – высокое качество. 1982 // Газета «Заря». № 19. Талдом. С. 1.
- Мелиораторы района. 1985 // Газета «Заря». № 25. Талдом. С. 1.
- Минаева Т.Ю., Сирин А.А.* 2002. Торфяные пожары – причины и пути предотвращения // Наука и промышленность. С. 3-8.
- Михеев А.В.* 2018. Позвоночные животные Приволжско-Дубнинского государственного заповедника // Экосистемы: экология и динамика. Т. 2. №. 3. С. 79-168 (доступно по ссылке <http://www.ecosystemsdynamic.ru>).
- Москва-Волга.Ру: История строительства канала Москва-Волга. 2019 [Электронный ресурс: <http://moskva-volga.ru> (дата обращения 15.01.2020)].
- Огуреева Г.Н., Микляева И.М., Сулова Е.Г., Швергунова Л.В.* 1996. Растительность Московской области. Пояснительный текст и легенда к карте. Масштаб 1:200000 / Ред. Г.Н. Огуреева, Т.В. Котова. М.: Экор. 45 с.
- От «Мариона» до «Э-652». 1977 / Газета «Заря». № 8. Талдом. С. 1.
- Покровский В.* 1879. Историко-статистическое описание Тверской губернии. Тверь: Типо-литография Ф.С. Муравьева. 813 с.
- Постановление Правительства Московской области от 26.03.2019 № 166/10 «О внесении изменений в государственную программу Московской области “Экология и окружающая среда Подмосковья” на 2017-2026 годы». [Электронный ресурс: <https://mosreg.ru/dokumenty/normotvorchestvo/prinyato-pravitelstvom/postanovleniya-pmo/29-05-2019-16-10-46-postanovlenie-pravitelstva-moskovskoy-oblasti-ot> (дата обращения 15.01.2020)].
- Продолжая традиции. 1982 // Газета «Заря». № 12. Талдом. С. 1.
- Птушенко Е.С., Гладков Н.А.* 1933. Материалы к познанию орнитофауны Ивановской области // Бюллетень МОИП. Отдел биологический. Т. XLII. Вып. 2. С. 199-213.
- Птушенко Е.С., Иноземцев А.А.* 1968. Биология и хозяйственное значение птиц Московской области и сопредельных территорий. М. 461 с.
- Пчёлкин В.В.* 2003. Обоснование мелиоративного режима осушенных пойменных земель. М.: Колос. 254 с.
- Рабочий проект реконструкции осушительной сети на землях совхоза «Северный» Талдомского района Московской области. 1987. М.: Мосгипроводхоз. С. 1-158.
- Растительность Европейской части СССР. 1980. Л.: Наука. С. 1-186.
- Редкие виды птиц Нечернозёмного центра. 2019. М. 242 с.
- Резерв в мелиорации. 1986 // Газета «Заря». № 4. Талдом. С. 1.
- Рысин Л.П.* 2012. Леса Подмосковья. М. 256 с.
- Свадковский Э.Г.* 1936. Регулирование реки Дубны. М. 214 с.
- Свиридова Т.В.* 2008. Динамика численности и распределения куликов (подотряд Charadrii) в сельскохозяйственных ландшафтах Подмосковья. Автореф. дисс. к.б.н. М. 24 с.
- Свиридова Т.В.* 2012. Сохраним луга – местообитания редких куликов «Журавлиной родины!» // Научно-популярный буклет. М. 8 с.
- Свиридова Т.В.* 2014. Особенности гнездования куликов на пахотных угодьях Подмосковья в 1980-2000 гг. // Экология. № 4. С. 287-293.
- Свиридова Т.В., Волков С.В., Гринченко О.С., Зубакин В.А., Контрощиков В.В., Коновалова Т.В., Кольцов Д.Б.* 2006. Влияние интенсивности сельскохозяйственной деятельности на птиц агроландшафтов северного Подмосковья. // Развитие современной орнитологии в Северной Евразии. Труды XII международной орнитологической конференции. Ставрополь: СГУ. С. 371-399.
- Свиридова Т.В., Волков С.В., Гринченко О.С., Кольцов Д.Б.* 2016а. Мониторинг птиц и их местообитаний в сельскохозяйственных ландшафтах северного Подмосковья: итоги 20-летних наблюдений // Сб. Птицы и сельское хозяйство. Материалы I международной орнитологической конференции «Птицы и сельское хозяйство: современное состояние, проблемы и перспективы изучения». Москва, 17-18 ноября 2016. М.: «Знак». С. 268-277.

- Свиридова Т.В., Гринченко О.С., Волков С.В., Конторщиков В.В., Забугин В.В., Кольцов Д.Б., Коновалова Т.В., Макаров А.В.* 2009. Современное состояние редких куликов, гнездящихся на северо-востоке Подмосковья // Редкие виды птиц Нечерноземного центра России. М. С. 225-231.
- Свиридова Т.В., Кольцов Д.Б., Гринченко О.С., Волков С.В.* 2016б. Кулики в условиях эколого-сельскохозяйственного менеджмента, спада и возрождения сельского хозяйства в Подмосковье // Вопросы экологии, миграции и охраны куликов Северной Евразии. Материалы 10-й юбилейной конференции Рабочей группы по куликам Северной Евразии. Иваново-Мелитополь, 3-6 февраля 2016. И.: Ивановский государственный университет. С. 327-334.
- Свиридова Т.В., Коновалова Т.В., Кольцов Д.Б., Засна Е.А.* 2002. Большой кроншнеп, большой веретенник и чибис в сельскохозяйственных ландшафтах севера Московской области (Талдомский район) // Изучение куликов Восточной Европы и Северной Азии на рубеже столетий. Материалы IV и V совещания по вопросам изучения и охраны куликов. М. 49-57.
- Смирнова Е.В.* 1997. Экологические и исторические аспекты формирования сезонных скоплений серого журавля *Grus grus* L. на примере Талдомского предотлётного скопления. Автореф. дисс. к.б.н. М. 21 с.
- Соколов Л.В.* 2010. Климат в жизни растений и животных. СПб.: ТЕССА. 344 с.
- Суслова Е.Г.* 2019. Леса Московской области // Экосистемы: экология и динамика. Т. 3. № 1. С. 119-190 (доступно по ссылке <http://www.ecosystemsdynamic.ru>).
- Схема развития и размещения особо охраняемых природных территорий Московской области. 2016 [Электронный ресурс <https://mep.mosreg.ru/dokumenty/napravleniya-deyatelnosti/osobo-okhranyaemye-prirodnye-territorii-moskov/skhema-razvitiya-i-razmeshcheniya-osobo-okhranyaemykh-prirodnykh-territoriy-moskovskoy-oblasti> (дата обращения 15.01.2020)].
- Тишлер В.* 1971. Сельскохозяйственная экология. М.: Колос. 455 с.
- Цветков М.А.* 1957. Изменение лесистости Европейской России с конца XVII в. по 1914 г. М.: Изд-во АН СССР. 213 с.
- Шариков А.В., Волков С.В., Свиридова Т.В., Буслаков В.В.* 2019. Влияние трофического и погодно-климатического факторов на динамику численности птиц-миофагов в местах их размножения // Зоологический журнал. Т. 98. № 2. С. 203-2013.
- Smirnova E.V., Aksenova A.B., Sviridova T.V., Konovalova T.V., Grinchenko O.S., Zubakin V.A.* 1999. The staging area of the Common Crane in the light of landscape and land use history in the Moscow region // Proceedings of the 3rd European Crane Workshop 1996 and actual papers. Martin-Luther-Universitat, Halle-Saale, Germany. P. 169-171.

LONG-TERM DYNAMICS OF ECOSYSTEMS IN THE NORTH OF MOSCOW REGION (RATIONALE FOR CREATION OF THE “CRANE COUNTRY” NATURE PARK)¹

© 2020. O.S. Grinchenko*, T.V. Sviridova**, V.V. Kontorshchikov***

**Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences
Russia, 119333, Moscow, Gubkina Str., 3. E-mail: olga_grinchenko@mail.ru*

***A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences
Russia, 119071, Moscow, Leninsky Avenue, 33*

****The State Darwin Museum
Russia, 117292, Moscow, Vavilova Str., 57*

Received February 3, 2020. Revised February 20, 2020. Accepted February 20, 2020

In the XIX-XX centuries in the north part of what is known as Moscow region today, there were large bog massifs, formed in the spot of an ancient ravine for glacial water run-off. Most of Dubnensky massif and the north half of Olkhovsky-Batkovsky one have survived to this day. In the spot of drained bogs there are agricultural lands now, some of which are turning into swamps again and are overgrown with forest. The biodiversity of this territory is very high. Currently, the work is underway to plan a regional nature park “Crane Country”, the area of which will cover more than 75 thousand ha.

To explain the reasons for the park creation, the authors of this article studied the dynamics of natural and anthropogenic landscapes as the habitats for rare and background bird species. We collected and analyzed the data on the history of this territory development for the past 100 and more years, such as bogs draining, peat digging, forest utilization and agriculture. In this article, to create a scientific basis for ecological management, we bring up our original researches on the changes of numbers and species composition of birds, in relation to intensity and agriculture management types.

We determined the main factors of possible influence on the numbers of various bird species in the past 40 years, such as reduction of agricultural lands, hay meadows and pastures, secondary bogging, reduction of fertilizers and pesticides usage, cease of peat digging, flooding of lowlands formed in the spots of drawn peatbogs, forest areas growth, increase of ripening and mature coniferous and overmature deciduous forests, area growth of young deciduous forests formed in the spots of abandoned agriculture lands, big areas flooding due to the activities of beavers, increase of average annual air temperature and annual sum of precipitation.

The result of our researches showed that the territory of the future nature park “Crane Country” is a unique natural-anthropogenic territorial complex of Central Russia, with a significant potential for economy (primarily, in the field of agriculture), nature protection and ecological tourism.

Keywords: nature park “Crane Country”, ecosystems dynamics in the north of Moscow Region, Taldomsky Urban District, “Crane Land” nature reserve.

DOI: 10.24411/2542-2006-2020-10055

The north and northwest parts of Moscow Region belong to Upper Volga lowland (fig. 1). Along its southeast border, at the foot of Klin-Dmitrov Ridge, an ancient valley of glacial water run-off can be found (Вагнер, Манучарянц, 2003). It is called Dubna-Yakhroma Lowland (fig. 1). The landscape features of the territory make it stand out from surroundings, with its even relief, geological structure, many bogs and bogged forests, which determine the regime of ground and surface waters,

¹ This work was carried out on the subject of the fundamental research of the Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences for 2018-2020 “Modeling and Forecasting of Recovery Processes of Waters and Ecosystems Quality under Various Scenarios of Climate Changes and Anthropogenic Activities” (No. 0147-2018-0002), State Registry No. AAAA-A18-118022090104-8, section 2.6 “Evolution of Land Ecosystems under the Changing Nature Conditions”.

and also microclimate, soil and vegetation cover, and animal population (Свадковский, 1936).

The area of Dubna-Yakhroma Lowland is more than 600 km². Its northeast part is occupied with Dubna river basin, and the southwest is occupied with the basins of Dubna tributaries, Sestra and Yakhroma Rivers (fig. 1).

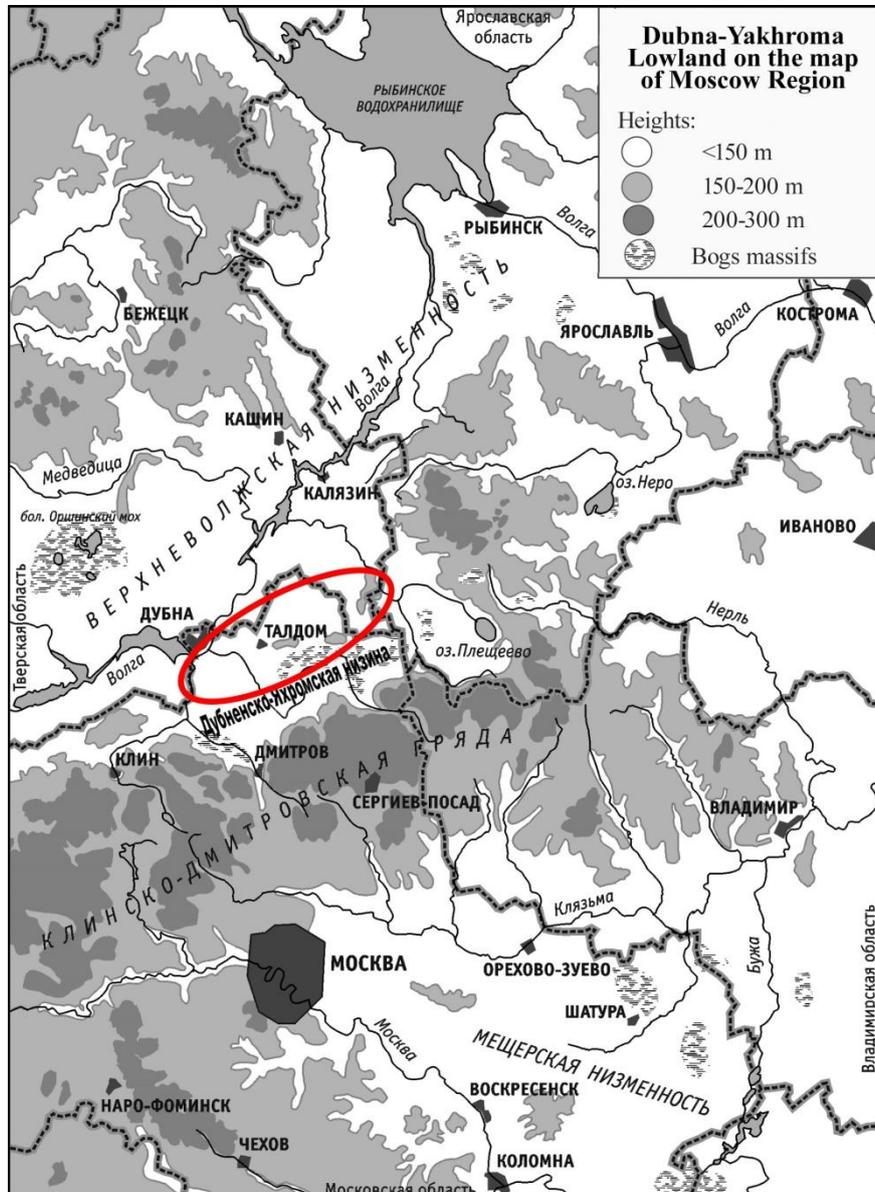


Fig. 1. Physiographic schematic map of southern part of Upper Volga Lowland (Журавлиная родина, 2009).

By the middle of the XX century amelioration and peat digging turned the west part of Dubna-Yakhroma Lowland into a peculiar landscape complex, and the former bogs were replaced with flooded peat quarries, rich of aquatic and semi-aquatic plants, meadows, fields, bogged willow beds, secondary black alder and birch-aspen forests. These biotopes smoothly emerge with each other, and due to their similar regional physiographic conditions, they have developed a mosaic, although unified natural-anthropogenic landscape complex, which also includes country settlements and garden partnerships.

The east part of the lowland has not transformed that much, with a significant part of Dubnensky and Olkhovsky-Batkovsky massifs surviving through the years. The drained bogs were turned into

agricultural lands, but at the moment some of them are turning into swamps again and are overgrown with forest. This exact part of Dubna-Yakhroma Lowland together with the adjoining Taldomsky Elevation are the key territories for the regional nature park with the working title “Crane Country”, projected in Sergievo-Posadsky and Taldomsky Urban Districts of Moscow Region. Today there are 7 specially protected natural sites, including the “Crane Land” nature reserve. The future park will also cover the areas to the north and south of the Dubna Lowland, which include 4 functioning and 4 projected specially protected natural sites, as well as 2 forestries of scientific interest.

The park will include 10 functioning specially protected natural sites, including their surroundings, which connect the territories by their landscapes, as well as some territories, valuable for preservation of the regional biodiversity and currently devoid of regulated regime of land management and protection. The already existing nature reserves, being of great significance, will become the cores of the park. The planned area in total will cover more than 75 thousand ha (fig. 2).

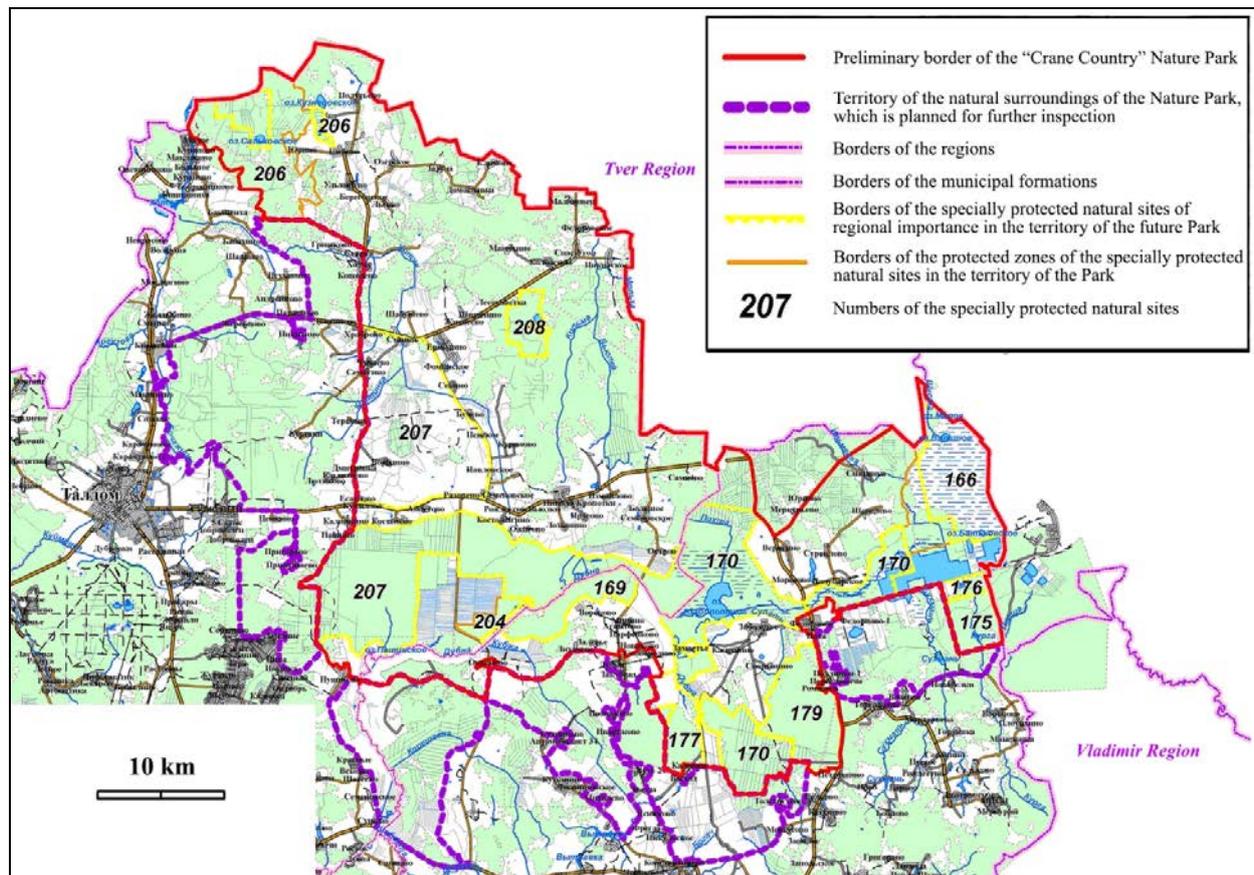


Fig. 2. Scheme of the supposed borders of the projected nature park “Crane Country” (Cxema ..., 2016). *Legend.* The specially protected natural sites in the park territory: 166 – “Bolshoye and Maloye Tugolyanskoye Lakes and the Adjoining Bog Massif”, 169 – “Dubna Left-bank Nature Reserve”, 17 – “Zabolotskoye Lake and Its Neighborhood”, 175 – “Complex of Humid Forests and Forest Bogs”, 176 – “Forests and Bogs of the 108, 109 Quarters of the Veriginsky Forestry”, 177 – “Konstantinovskiy Black Alder Forest”, 179 – “Transitory Bog in the Torgashinsky Forestry and the Adjoining Forests”, 204 – “Dubna Breeding Colony of Grey Herons”, 206 – “Maklakovskiy Nature Reserve”, 207 – “Crane Land” nature reserve.

The work is carried out according to the Scheme of Development and Disposition of the Specially Protected Natural Sites in Moscow Region, which was approved by the Moscow Region Government Order on the 11th of February, 2009, No. 106/5 (28th of January, 2019 edition), as part

of the State Program of Moscow Region “Ecology and Environment of Moscow Region” for 2017-2026, “Development of Materials for Organization of the Specially Protected Natural Site of Regional Significance. Sergievo-Posadsky Urban District and Taldomsky Urban District of Moscow Region” (Постановление ..., 2019).

An intense agricultural development of the east part of the Dubna Lowland, where the future nature park “Crane Country” is being projected at the moment, has started in the 1920s. The riverbeds of Dubna and Sulat were straightened and deepened, the major part of bogs was drained, the bogged forests were cut down, and Zabolotskoye Lake was partially discharged.

The first information on the birds of the projected park territory was found in the second half of the XIX century, however it is very scarce (Варенцов, 1919; Птушенко, Гладков, 1933; Птушенко, Иноземцев, 1968; Михеев, 2018).

By the 1970s the landscapes of the Dubna Lowland and its neighborhood changed. The amount of bogs reduced, the agricultural lands grew, the wide floodplain meadows and peat digging sites appeared. The area of bogged forests decreased due to the draining hydrotechnical amelioration, and the quality increased for some forest massifs.

Landscapes transformation affected many animal and plant species; some of them vanished completely, some became very rare. Some bird species started to use agricultural landscapes. For example, the wide fields in the Dubna Lowland premised the formation of a large migration flock of common cranes that had never previously existed there until the early 1960s (Смирнова, 1997). The first printed mention of the flock was in V.E. Ivanov’s notice (1974) about 2 thousand cranes, feeding on the state farm field of the region. Three years later, R.V. Dormidontov (1977) described the flock in detail in the “Okhota i Okhotnichye Khozyaystvo” (“Hunt and Hunting Farm”) journal. The first mass census of cranes (Зубакин и др., 1982), the yearly seasonal monitoring of rare species (Зубакин и др., 1986, 1987, 1988), and phenologic observations (Ковалёв, 1991) began in 1979-1980.

Today almost all the bogs of the Dubna Lowland and its neighborhood are part of the state nature reserves, where the draining and peat digging was ceased. The drained and drawn peatbogs are flooded and bogged again (Гринченко и др., 2017).

Despite its partial transformation, the north part of Moscow Region hasn’t lost its ecological value. After an expedition of Botanical Garden of M.V. Lomonosov Moscow State University in 1977, the very first state nature reserve was created near Maloye Tugolyanskoye Lake in the north part of Batkovskoye Bog (Sergievo-Posadky District, Moscow Region). Later the reserve area was increased. It was named “Bolshoye and Maloye Tugolyanskoye Lakes and the Adjoining Bog Massif”. Two years later, the nature reserve “Crane Land” was created, called after a novel of M.M. Prishvin who lived and worked in this region in the 1920s. By 1992 there were 12 functioning reserves and natural monuments in Taldomsky and Sergievo-Posadsky Districts, as well as 6 more specially protected natural sites.

Every research, project and agreement on the valuable nature territories during those years were carried out by the members of the Nature Protection Squad (Druzhina) of Biological Faculty of Moscow State University.

The aim of this article is to summarize the materials collected on the dynamics of the ecosystems in the north of Moscow Region. All the data will be included into design documentation of the projected nature park. Besides, this data can be used for scientific monitoring and as a basis for development of nature protection management and ecological and educational events in the future park.

Changes of Forests Areas and Stocks in Moscow Region

The abundance of forests in Moscow Region was gradually decreasing throughout the XVIII and XIX centuries, and in the early XX century the extermination of forests finally became threatening.

The intense cutting and following fires during the 1910-1940s resulted in decrease of forest areas to 21%, which is the lowest value in the history of Moscow Region.

The biggest part of the forests in the north part of Moscow Region was lost during the years of the Moscow Canal building. Its constructions required 2.35 million m³ of forest (photo 1; Рукотворный канал, 2019). The cutting on the Eastern Front of WWII was severe as well, because the main objective of the period was to satisfy the needs in wood of defenses and national economy, due to the wood being one of the most important types of strategic raw material (Лесное хозяйство..., 1967).



Photo 1. Gate No. 1 and Volzhsky region of hydraulic structures (Town of Dubna, Karmanovo), Volzhskaya Plotina Station in 1933-1934 (Москва-Волга.Ру ..., 2019).

From the 1950s to 1990s the active reforestation took place and the pace of cutting slowed down, increasing the forest cover of Moscow Region to 41% (Цветков, 1957; Лагунов, Гусев, 1990; Конторщикова, Ярошенко, 2008). As at the 1st of January, 2018, the forests of Moscow Region cover about 47.6% of its total area, or 2116.2 thousand hectares (Лесной план ..., 2018). All the forests of the region are the First Category Forests, and are of sanitary-hygienic and recreation usage. Almost half of the forest resources is the prohibited areas along the banks of rivers, lakes and water reservoirs. About 60% of them, or about 1 million hectares, are excluded from the economical use.

The birches prevail in the regional forests. They occupy 40.6% of them and form 36.8% of the total planting sources in the region. Spruce forests occupy 23.5%, pine – 20.2%, aspen and alder – 13.1% each.

Other species, such as larch, oak, ash, maple, elm, linden, poplar and willow, can be found on 2.5% of the total territory.

Among the coniferous species, the spruce forests prevail in the region, occupying 53.6% of the total coniferous planting. Pine forests occupy 46.1% and provide 49.5% of coniferous species sources. Larch occupies 0.3% of the area.

Among the hard-wooded broadleaved species of the regional forests, the oak is the prevailing one. The other species occupy only 3.6% (ash – 1.1%, maple – 1.4%, elm and others – 1.1%).

The soft-wooded broadleaved species are represented mostly by birch, aspen, grey and black alder. The birch prevails among them, occupying 74.5% of the soft-wooded broadleaved plantings.

Aspen, grey and black alder occupy 15.9, 4.7 and 3.4% respectively. Other species, such as linden, poplar and willow, occupy only 1.4% of the total soft-wooded broadleaved plantings (Лесной план ..., 2018).

In the past 80 years, the percentage of old forests in Moscow Region has grown due to the forests development and aging on the big cutting sites, fire sites and abandoned lands during the 1910-1940s (more than 25% of total amount of forests) and gradual decrease of clean cuttings areas: 15 thousand hectares per year in the post-war years, 6 thousand ha in the 1980s, less than 2 thousand ha nowadays. While in 1949 mature and overmature forests occupied 9% of forest lands in the region, today the area had grown up to 15.4% (Лесной фонд, 1949, 1999). The increase of old forest percentage is especially noticeable, from 0.8% in 1949 to 3.4% in the 2000s (Конторщикова, Ярошенко, 2008).

Forest Composition in the North of Moscow Region within the Boundaries of the Projected Nature Park “Crane Country”

The total forest cover of Taldomsky Urban District of Moscow Region is 56% of the total district area (Материалы ..., 2016). The total area of forests is 79680 ha, they belong to the spruce-broadleaved forest zone (Лесохозяйственный регламент ..., 2018). The future “Crane Country” nature park includes Saltykovsky-Shchedrinskoye and Khotchenskoye forestries, as well as agricultural forests, their total area is 30 thousand ha. Taldomsky District is the first one by the peat stocks in Moscow Region. Peat deposits are almost ever-present, mostly of low depth and high ash content. “Dubnensky Bog Massif” is the largest deposit, numbered 149 in the Peat Fund of Moscow and Tver Regions. Those peat stocks occupy 304,462 million m³ (Кутузова и др., 2014).

Abundance of peat bogs characterizes the forests and distribution of sphagnum pine and alder forests in particular.

In the territory of Sergievo-Posadsky Urban District the future park includes the Torgoshinsky and partially Konstantonovsky forestries of Sergievo-Posadskoye forestry, as well as agricultural forests, the total area of which is about 30 thousand ha, too. The territory also has many peatbogs, some of which are already drawn and flooded (near Fedortsovo and Torgashino settlements), and some are used for country buildings.

According to the existing plans for forestry zoning of Moscow Region, the territory of the projected nature park “Crane Country” belongs to Taldomsky-Latoshinsky district of coniferous forests and bogs of the Upper Volga Lowland. Forest cover of this area is more than 50% (Лесной план ..., 2008).

There, the spruce and pine forests are prevailing, as well as bogged birch and black alder forests along with grassy and sphagnum bogs. Spruce-pine forests of boreal group occupy various habitats, from the bogged lowlands to the dried watershed areas of the ancient glacial, ancient alluvial plains and morainic islands. The largest areas are occupied with epi-associations of Calamagrostis-blueberry, Calamagrostis-blueberry-green moss and Calamagrostis-blueberry-Oxalis of pine-spruce forests. The pine-spruce forests with fern-horsetail-Oxalis, growing on the slightly wavy and flat ancient alluvial, water-glacial plains, are less common there (Огуреева и др., 1996; Сулова, 2019).

The dune-like elevations, formed with sands, are occupied with pine forests with spruce, with green moss and lingonberry-green-moss; or with pine forests with lichen-green-moss on their tops. The flattened tops of hills and gentle slopes with soils of a more heavy composition are occupied with spruce forests with pine, blueberry and Oxalis.

The lower parts of slopes and the adjoining areas are occupied with spruce forests with pine, blueberry and green moss. The flattened areas with binominal soils (sands, underlied with loams) – with spruce forests with Oxalis and green moss. The most favorable conditions of habitats are preferred by the spruce forests with yellow archangel and Oxalis. The single pine is an evidence of

spruce forests recovery in the spot of former pine forests. Although the century-old pine forests with spruce, blueberry and green moss can also be found there, and the process of pine replacement with spruce is very far from its completion, the tendency for recovery is obvious. While spruce reproduces successfully, especially in the open areas, the secure undergrowth of pines is absent. The still swales are occupied with pine forests with *Eriophorum*, sphagnum, and moor birch in the second layer. The role of small bushes, such as *Andromeda*, Labrador tea and bog bilberry, is very significant in those forests; the tussocks are covered with lingonberry and cranberry. The secondary birch and aspen forests are frequent there, too.

The bogged forests of this district can be divided in 2 formations: with grass and with haircap moss. The grassy ones have various types: black alder and black alder-birch forests with reeds, birch and birch-black alder forests with *Filipendula*, birch and spruce boggy-grassy forests, birch and birch-aspen forests. The haircap moss formation includes spruce, spruce-pine and spruce-birch forests. Their flora is mostly boreal; the spruce forests with oak and linden and corresponding composition of grass cover, are formed only in the habitats with more favorable conditions. Linden and maple can be found only as additive species (Рысин, 2012).

History of Bogs Transformation in the North of Moscow Region

First amelioration stage (1904-1935). The idea to drain the Dubna bogs came up in 1904, in the Department of Land Improvements of the Ministry of Agriculture and State Property of Russia. The first project for the Dubna River regulation was compiled in 1909, but still needed some revision. The project surveys were conducted until 1915 (Свадковский, 1936), then in 1924 they were continued by the sub-department of agricultural amelioration of the Moscow Region Land Department. The regulation activities in the bogged part of Dubna begun in 1925, and in 1928 a walking water excavator “Marion” (photo 2), the only unit existing in the country at the moment, was bought in Great Britain and transferred to the Dubna River.



Photo 2. Cleaning of Dubna riverbed in 1929 with the walking water excavator “Marion” (История мелиорации ..., 2019).

In 1924-1926 the riverbed of Dubna was straightened and the water level lowered by 1.5-
ECOSYSTEMS: ECOLOGY AND DYNAMICS, 2020, Vol. 4, No. 1

2 m (Свадковский, 1936). The decrease of the area, affected by the flood during high water, reduction of high water period by one month, increase of fluctuations of groundwater level and peat settling in the bogged spots caused the transformation of vegetation cover (Пчёлкин, 2003).

The black alder forests of floating bogs disappeared on the most of the floodplain territory, but remained near Sulat riverbed only; they were replaced by the more mesophilic black alder forests, which then spread over some bogs with sedge and feather moss and reed bogs. Most of the bogs with sedge and feather moss transformed into mesophilic floodplain meadows, used as the source of hay. Meanwhile, the bogs of near-terraced lowland stayed almost the same.

According to E.G. Svadkovsky (1936), the author of the project for deepening and straightening of Dubna riverbed in 1928-1929, some changes affected the flow parameters during the first years of the project implementation: the average maximal water discharge in spring increased by 24%, the five-percent availability maximum increased almost twice; the duration of flooding decreased by 18%; the low water flow module of five-percent availability decreased by 31%, of seventy-five-percent availability – by 10%; the discharge of summer and autumn floods increased, while their duration decreased (Свадковский, 1936).

The water excavator “Marion” (photo 2) finished its work for the primary Dubna regulation, which had started at Konstantinovo settlement, in November of 1929, and headed back next year, cleaning the Sulat River, its springhead in Zabolotskoye Lake. Those works caused a severe drop of water level in the lake. One of the endemic species of the Ice Age – *Cladophora*, the reticulated filamentous green algae that forms big globs in the water column, completely disappeared from the lake.

The Dubna River regulation made it possible to harvest hay on every hayfield (13400 ha in total) of its floodplain, the 30% of which had been previously affected by the floods during the summer periods of high water. The decreased groundwater level changed the vegetation cover on the strip of land up to 150 m wide, adjoining the riverbed: the bog plant communities were replaced by the cereals with mixed herbs. The lowered water level of Dubna affected the entire complex of forests and bogs. The amount of hayfields and pastures increased, the state of dirt roads improved, and there was finally an opportunity to work the peat deposits at the riverhead of the Nushpolka River, and exploit forest resources. The Dubna River was also used for timber floating down to Verbilki Station (Свадковский, 1936).

Second amelioration stage (1965-1988). The complex development of the Dubna floodplain began in 1965. About 13.6 ha were ameliorated, 8.1 ha of which were drained with blind drainage, and 5.5 ha – with a channel system (Пчёлкин, 2003). In 1972 the Dubna floodplain was proclaimed one of the most important Komsomol building sites of the country. By 1985 about 19.4 ha were drained, or 9% of all the drained territories of Moscow Region; the ameliorative fund was still about 36.3 thousand ha.

In 1972-1977 an open drainage system of channels was created in the central part of Dubna bog massif, as part of the local “Dubna” project (fig. 3). During its operation the peat settled, leading to decrease of filtration coefficient and formation of enclosed lowlands with stagnant water. In 1987-1988 the system was reconstructed by deepening of the channels and digging of two arterial channels on the periphery for water intake and discharge to the Dubna River. However, this was not enough for efficient drainage.

During that period, the territory was used for peat digging by milling on the spots with surface deposits, as well as for agricultural growth of herbs.

Productivity of the drained territories remained low. It was a little higher than productivity of the normal areas, and none of the farms managed to reach the projected level of productivity. Soil was in constant need for fertilizer, and large areas tended to turn into bogs. The ameliorative channel system had to be permanently maintained, which required large expenses and could not be paid off by agriculture. Cereal damping caused 30-40% and sometimes even 60% of crop losses. Almost every farm was unprofitable (Продолжая традиции, 1982; От «Мариона» ..., 1977; Мелиорации – высокое качество, 1982; Мелиораторы района, 1985; Резерв в мелиорации, 1986).

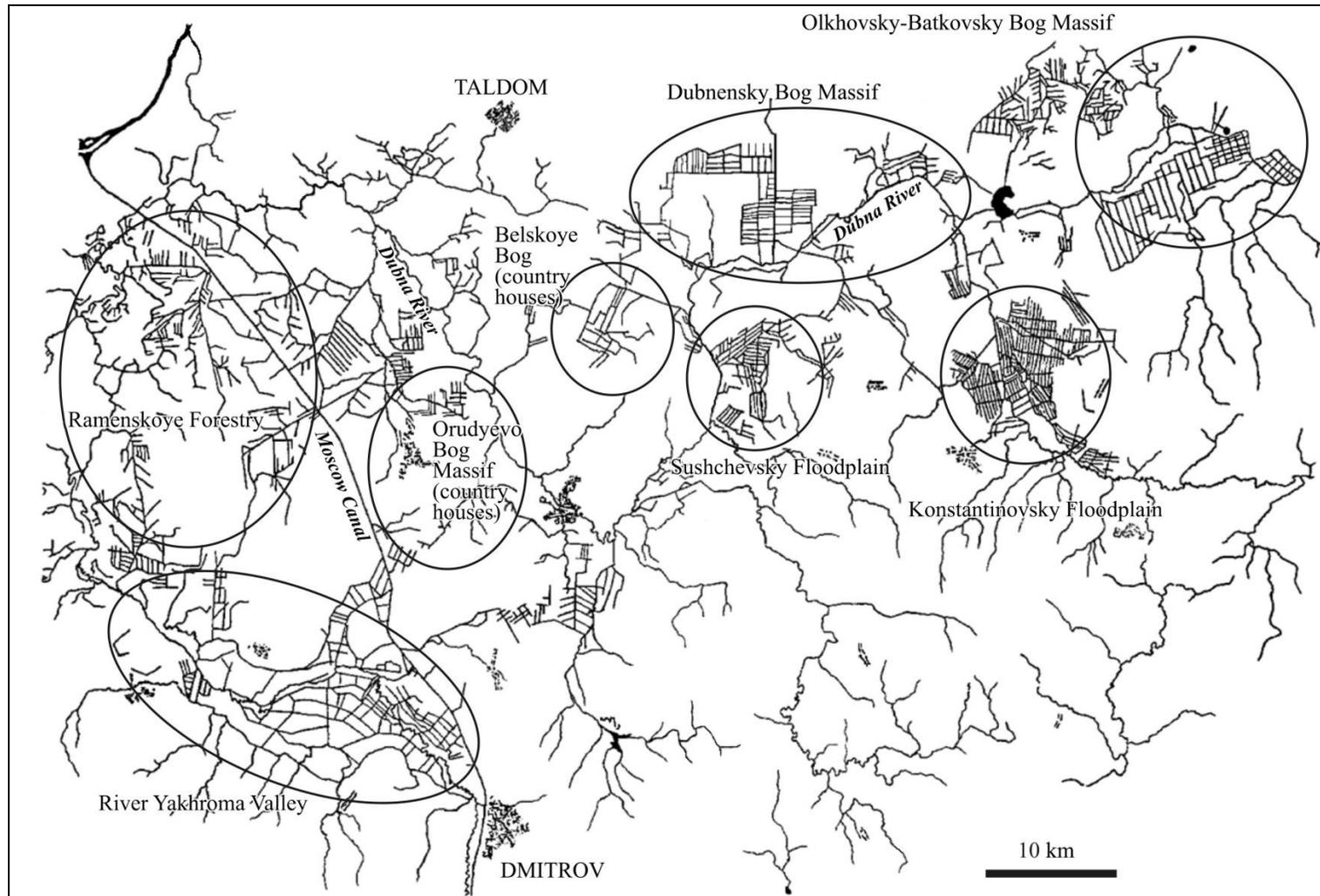


Fig. 3. Schematic map with locations of the largest open drainage channel systems in the swamps, on the floodplains and in the bogged forests in the north of Moscow Region during the Second Amelioration Stage (by the late 1970s).

Third amelioration stage (2004-2019). At this stage the flooding of the disturbed peatbogs began. As it turned out, the drained peatbogs became vulnerable to systematic grass and peat fires, which in its turn revealed a great significance of their prevention for society, nature protection and economy. The fires of 2002 showed there was a severe problems with fire extinguishing, monitoring and prevention (Минаева, Сирин, 2002), including its prevention with flooding (Восстановление ..., 2004).

During that period, some pilot flooding projects were carried out in the Dubna Lowland near “Crane Land” nature reserve (Гринченко, 2002, 2005а, 2005б, 2007). Their aim was to reduce the areas of peat fires, create water stocks for quick fire extinguishing and restore swamp ecosystems on the disturbed peatbogs. Throughout the following years, the bigger flooding projects were also executed in Moscow Region, some of which affected territory of the projected nature park “crane Country”, too (Гринченко и др., 2017; Каменнова, Минаева, 2018).

Historical and Current Agricultural Nature Management in the North of Moscow Region

The natural richness of resources in the north of Moscow Region is a result of a unique combination of large forest bogs with agricultural lands. The undisturbed bogs and impassable forests are not the only habitats for many rare bird species, many of which, primarily the nesting meadow species, inhabit the agricultural lands as well. Thousands of birds come there every year to feed on the fields and meadows during their migrations (Гринченко и др., 2001; Свиридова и др., 2006; Конторщикова и др., 2014). For economically developed and populous Moscow Region such amounts and species diversity of meadow and field inhabiting birds have become a rare phenomenon, which also confirms the necessity of creation of specially protected nature site – “Crane Country” Nature Park.

The cultivated agricultural lands have many specific features as the nesting and feeding habitats for birds and other animals. One of those features is the yearly change of ecological conditions in the large territories, used for harvesting. The other, the most prevalent one, is the incomplete state of the conditions, important for the needs satisfaction of some species. Thus, favorable conditions for stable nesting can combine with insufficient feeding sources, and vice versa. Plowing, harrowing and early harvesting lead to almost total destruction of eggs and nestlings of the ground-nesting species, and the early and intense grazing cause high rates of destruction as well. Various types of agricultural lands differ in abundance and availability of invertebrates, which many of rare bird species feed on, such as some Charadrii, included into the Red List of Russia and/or Moscow Region: *Numenius arquata*, *Haematopus ostralegus*, *Limosa limosa*, *Tringa totanus*, *Tringa stagnatilis* and *Gallinago media*.

The abrupt reduction of some types of food on agricultural lands is possible at any time (i.e. the reduction of land invertebrates during plowing; of grass insects during mowing or pesticides treatment), if the availability of other types is being increased (i.e. the increasing availability of land and surface vertebrates after mowing and in the grazing zones; of grains spilled and left after harvesting, etc.). The fields with ripening or already harvested cultures also attract some mammals, such as boars. During the years rich with mouse-like rodents, the agricultural lands are feeding source for many foxes and raccoon dogs.

The agricultural pressure is very significant. In the 1980s, for example, some of the lands in the north of Moscow Region were under a severe pasture load. Its decrease in the 1990s immediately caused the population growth of rare nesting species of Charadrii, in the meadows of floodplains (Свиридова, 2008). However, the complete cease of agricultural land use is also adverse for many rare and common bird species of meadows and fields, inhabiting the territory of the projected nature park (Смирнова, 1997; Свиридова и др., 2006, 2016а). The composition and area of the cereal fields are of great importance for birds; the availability and abundance of winter crops determine how much time the migrating common cranes will spend in the projected nature park (Гринченко и др., 2009).

To fully understand the reasons that helped to preserve many rare bird species and maintain the high population of the common ones in the oncoming nature park, the specific researches were carried

out during the past 25 years. They were focused on the history of nature management of the region and the shifts in agricultural landscapes in particular, which took place when the type of their economic use changed. Moreover, the researches allowed to evaluate the current condition of the agricultural lands (Свиридова, 2008; Свиридова и др., 2002; Гринченко и др., 2015; Свиридова и др., 2016a). This article is important for the planning of environmental events which the management of the oncoming nature park will undertake to provide the long-term territorial stability of the yearly fall migration flocks of common crane, as well as to preserve the massifs of perennial meadows which serve as the habitats for many rare species (Свиридова, 2012; Гринченко и др., 2015).

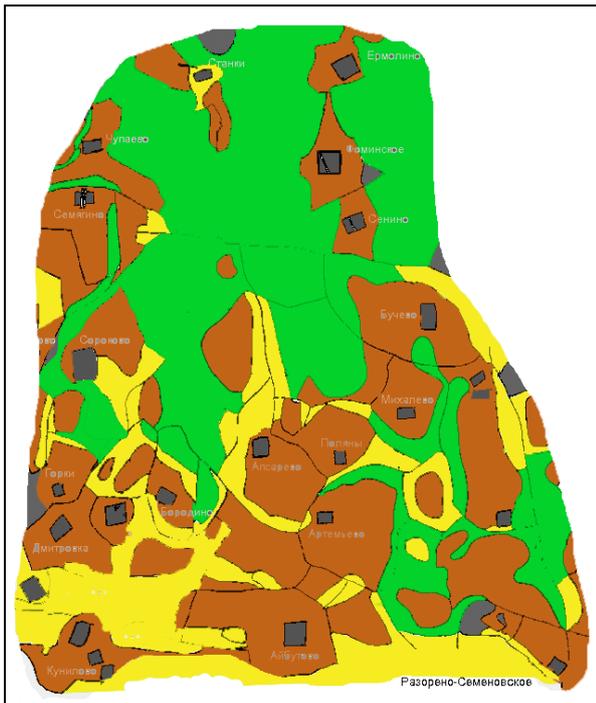


Fig. 4. “Apsaryovo” nature boundary of the “Crane Land” nature reserve in 1774 (piece of *Карты дач Генерального межевания ...*, 1774). *Legend:* green – forest, brown – pastures, yellow – meadows, dark grey – villages and other not agricultural lands (Смирнова, 1997).

tilled fields could be found in the bogged Dubna Lowland until the 1930s. The locals did not have enough agricultural lands, so the grazing and mowing were usually performed right in the sedge bogs. People were poor and had to engage in trade, the most pervasive of which was shoemaking (Кисловский, 1926).

Changes of the Structure of Agricultural Lands as the Habitats of Birds and Other Animals in the XX-XXI Centuries

The biggest part of agricultural lands in the north of Moscow Region was recently occupied with the floodplain bogs and bogged forests. The straightening of the Dubna riverbed in the 1920s

Agricultural Lands During the XVIII-XIX Centuries

Formation of meadow and fields habitats is historically related to development of agricultural activities of people, such as scorching out of trees to create pastures, grazing and mowing. That is why those habitats are dynamic and relatively unstable communities, the very existence of which depends on their agricultural usage (Растительность ..., 1980). The extensive agricultural methods, applied for two millennia, caused a formation of a so-called *traditional* agricultural landscape, its pasture lands occupying limited areas and alternating with meadows, bogs and forests; its plant and animal communities were close to the natural ones (Тишлер, 1971). In the XVIII-XIX centuries the major part of modern Moscow Region belonged to Kalyzinsky Uyezd (District) of Tver Governorate. Its forest area was very small, about 17-18% (Покровский, 1879) due to the local lands being agriculturally developed. The three-field system was prevalent in farming, as it was prevalent almost everywhere, and fallow lands were usually transformed to pastures. The territory for the future “Crane Country” nature park, was far from the main bread-producing volosts (districts) of Kashinsky and Kalyzinsky Uyezds. In 1774 it still had a lot of big forest areas (fig. 4), and no meadows and

and the draining during the amelioration of 1960-1980 of large territories on the floodplains and watersheds, made it possible in the second half of the XX century for the agriculture to significantly develop those bogged and waterlogged areas which were almost unusable before (Марков, 1973; Комплексное обследование ..., 1987; Рабочий проект реконструкции ..., 1987).

Generally, the agricultural development of the north of Moscow Region was implemented in the recent 100-130 years in several steps, which were traced in detailed for “Apsaryovo” nature boundary of the “Crane Land” nature reserve (Smirnova et al., 1999; Свиридова и др., 2002).

In the late XIX and early XX centuries there were 10 villages in the boundary. Its northern part was almost entirely covered with forests and heavily bogged; its pastures and meadows occupied a significant part of the territory (about 60%), but existed as numerous small mosaic spots, concentrated around the villages (Smirnova et al., 1999).

After the amelioration of the 1920s and during the collective farms creation, the fields melded and grew bigger (Smirnova et al., 1999), however up to the middle of the XX century the territory remained highly forested and bogged (fig. 5). Its central and western parts kept their mosaic structure of the pastures disposition (fig. 6a).

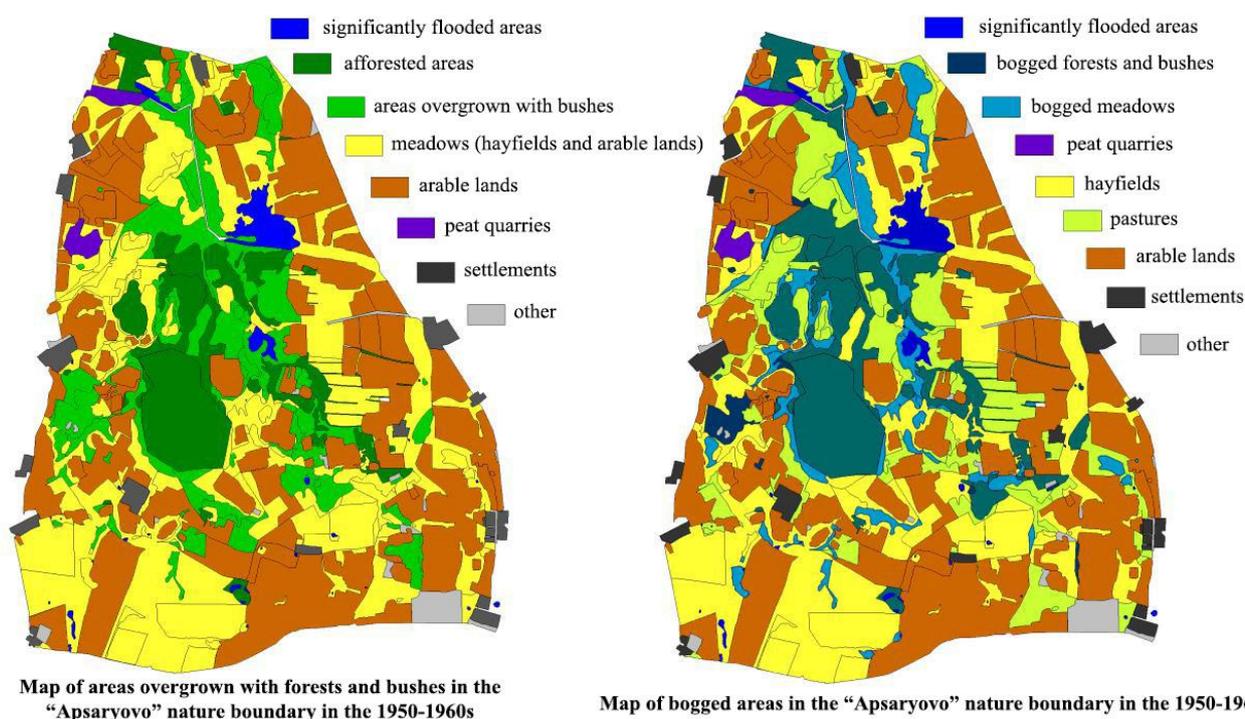


Fig. 5. Distribution of the afforested and bogged spots of “Apsaryovo” nature boundary in 1956-1961 (the data obtained by the authors, from the maps of land use).

The most significant ameliorative works in the boundary took place in the 1960-1970s (the laying of the closed underground drainage) and almost completely changed the microrelief of the boundary and adjoining territories, even some villages were razed. The agricultural works of that period included total plowing and meadow reformation. As the result, the further growth of meadows and arable lands smoothed out the mosaic structure of the territory, while the meadows area in the boundary center significantly increased (fig. 6b). However, during the past 30 years, there were no massive ameliorative works in the boundary. All the meadows were sowed again in 1977-1979, in the end of the second stage of amelioration and bogs and bogged lands development.

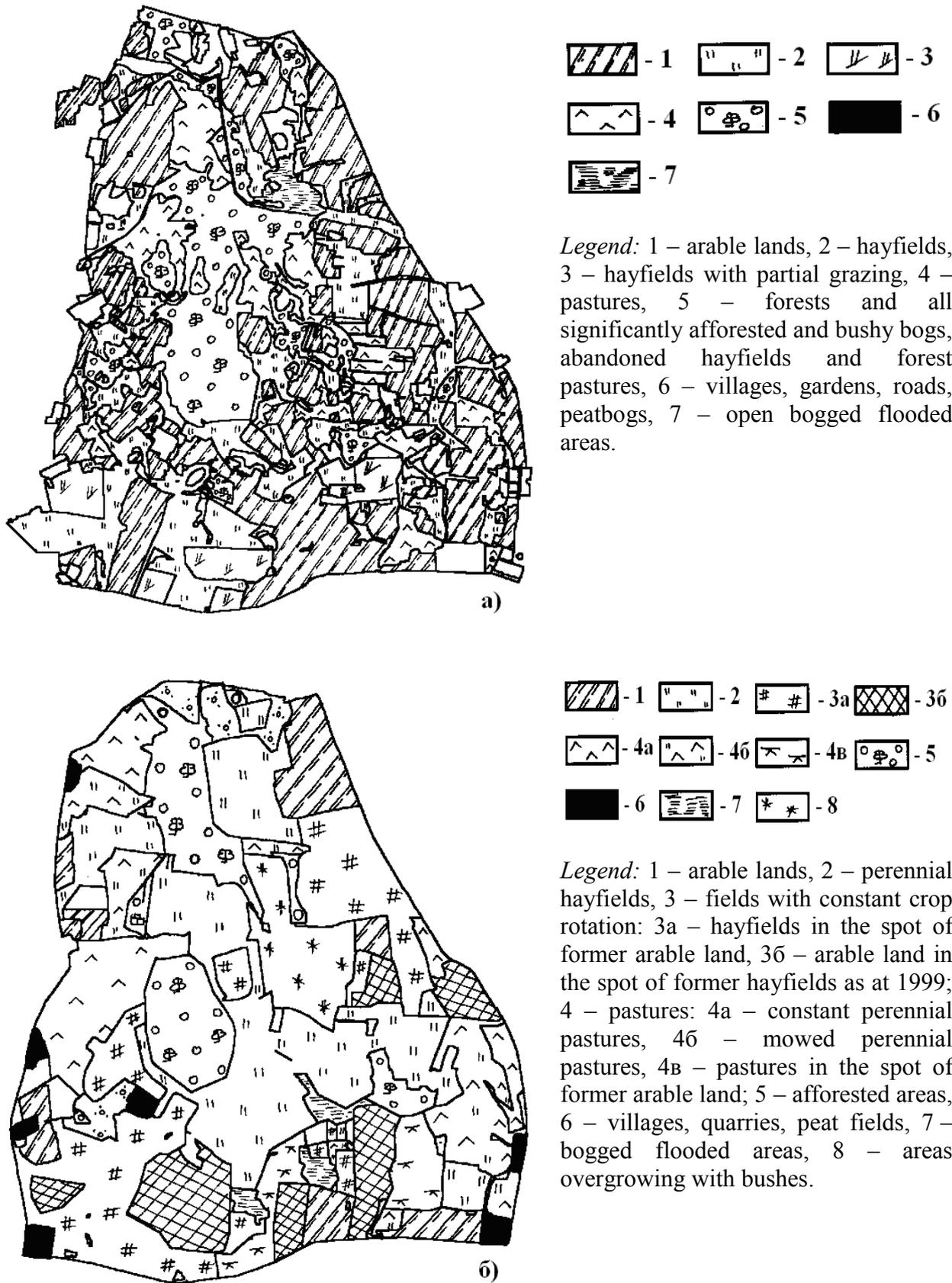


Fig. 6. Lands structure of “Apsaryovo” nature boundary before 1956-1961 (a) and after 1989-1999 (b), when the total amelioration and improvement of meadows were done (Свиридова и др., 2002).

The transformations mentioned above led to the increase of mowing and pasture lands in the boundary, from 46% in the late 1950s to 71-76% in 1988-1990 due to the forests area decreasing and some arable lands being used as meadows (fig. 7b). Generally, up to the middle of the 1990s half of the lands of those 3 farms in the territory of “Apsaryovo”, were arable (fig. 7a). No less than half of those lands, sometimes even more, was used for cereals growing, which helped with stable forming of the autumn migration flock of common cranes in the north of Moscow Region (Смирнова, 1997; Гринченко и др., 2015). Distribution of arable and meadow lands of “Apsaryovo” in the 1980-1990s differed from the neighboring territories, because the boundary had a lot of meadows (fig. 7). It made the boundary to play an important role of a refugium for rare Charadrii and other meadow birds nesting, included into the Red List of Moscow Region (Красная книга ..., 2018; Свиридова, 2008; Свиридова и др., 2002).

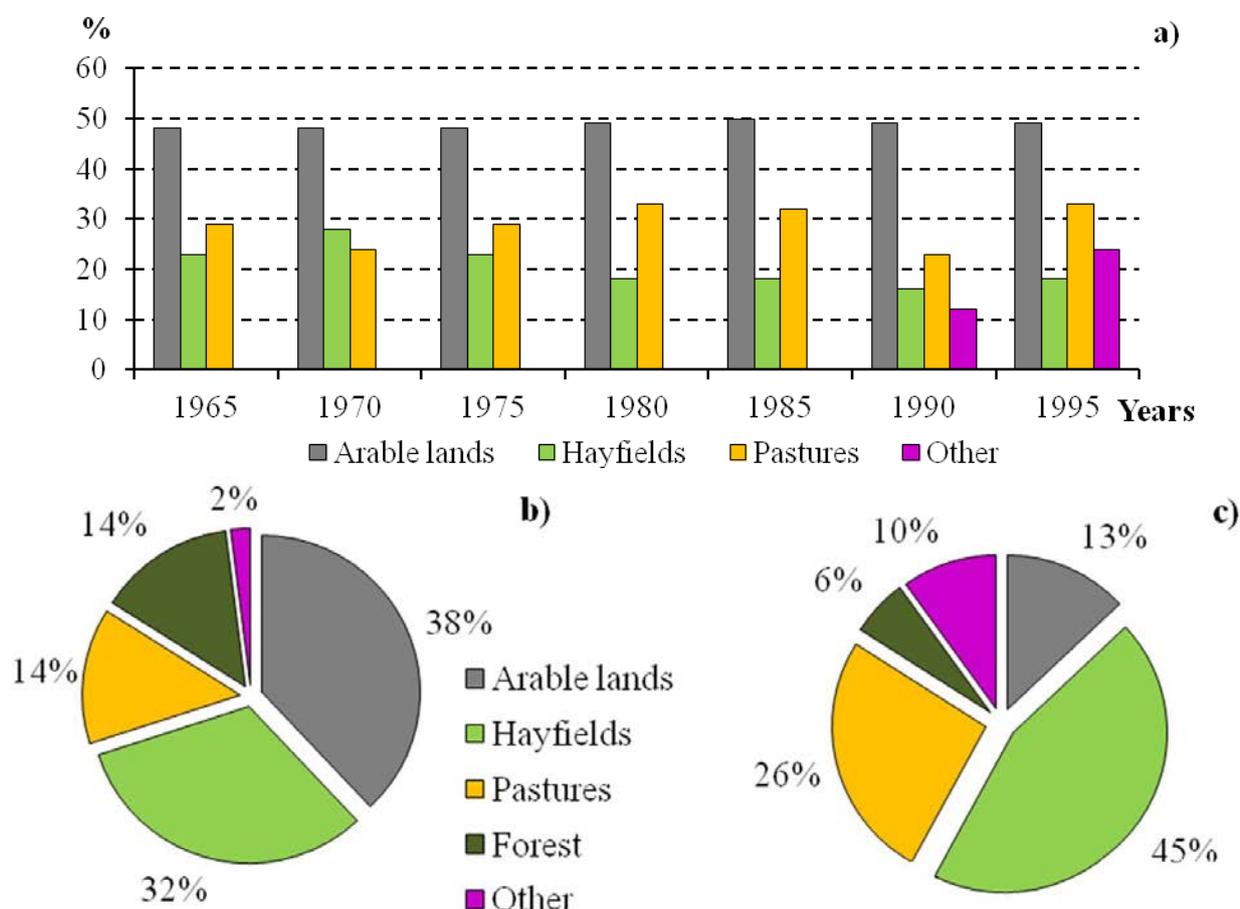


Fig. 7. Agricultural lands structure in “Apsaryovo” nature boundary and its neighboring territories: a) the structure of those 3 farms partially located in the boundary, in total, b) the structure of the boundary lands only, in 1956-1961 and c) in 1990 (Свиридова и др., 2002).

Significantly favorable conditions for the birds and animals inhabiting the boundary were as follows: perennial meadows availability, late grazing and mowing in most of the territory (Свиридова и др., 2002).

The main agricultural development of the other parts of the projected nature park, including the floodplain ones, took place during the same years and by the same plan. The typical appearance of the agricultural lands of the “Crane Land” nature reserve in the 1980s is shown on the photo 3. Generally, the dairy husbandry was prevailing in the north of Moscow Region after the war and

until the first half of the 1990s. After the last large amelioration and meadows improvement, the individual farms began to form, specializing entirely on hay production, which they sold to the other farms to feed the cattle. The crop rotation of cereals and grass was prevailing, although potato and corn was also grown, and big areas were occupied with pastures. However, the correlation between arable lands, hayfields and pastures differed on the various areas of agricultural lands (fig. 8). It was determined by the priorities of the specific farms development and landscape association, e.g. the hayfields and grazing spots prevailed on the floodplain (Свиридова, 2008).



Photo 3. Agricultural lands of the “Crane Land” nature reserve in 1979 (left) and 1982 (right; photos by B.A. Zubakin).

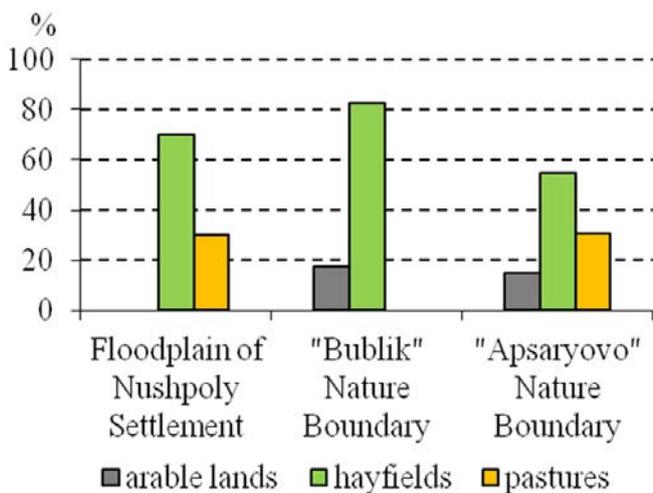


Fig. 8. Correlation between the main types of agricultural lands in the different spots in the north of Moscow Region in the early 1990s (Свиридова, 2008).

In the 1990s the agricultural pressure on the lands significantly dropped in the north of Moscow Region. Such a decrease became especially noticeable after 1992, when the country had to abruptly reduce the livestock numbers (almost twice) due to the escalated economic crisis. Therefore, the previously created large areas of grazing lands and hayfields became unwanted (Свиридова, 2008). And before this, the reduction of cereal fields began (Смирнова, 1997). The low agricultural land use from the middle to the end of the 1990s ceased completely in the larger territories in the 2000s (Свиридова и др., 2006; Свиридова и др., 2016a). Among other things, in the past 30 years there were no significant ameliorative activities on the agricultural lands, except for the system of fire water ponds construction and cleanse of the adjoining channels, as part of the program of 2011-2013 for the flooding of disturbed peatbogs.

Notably, the consequences of the agricultural land development cease in “Apsaryovo” nature boundary in the 2000s were significantly evened. It became possible due to the ecological and agricultural land management, when the measures were taken to preserve the habitats of Charadrii

and common cranes. The measures included recovery of crop rotations of cereals and grass, and increase of cereal fields and moderately used meadows in the nature reserve (Гринченко, 2010; Свиридова и др., 2016б). Nonetheless, the changes of the structure and quality of agricultural lands during the changes of the agricultural pressures can be perfectly seen in this particular territory; despite the management, those changes were significant (fig. 9). The production drop led to reduction of the agricultural lands during the 1990-2000s more than by 60%.

Generally, changes of the agricultural lands in the region from 1994 to 2014 were as follows: reduction of developed lands area (especially, of meadows), growth of bogged and afforested areas, structure changes of the exploited agricultural lands as the result of decline (from the middle of the 1990s) and partial recovery (especially, after 2010) of the regional economy (Свиридова и др., 2016а).

The nature and pace of those changes remained stable for the entire period. The first decade characterized with a transition from the low agricultural land development in the second half of the 1990s to its full stop in the middle of the 2000s on the larger areas. At that time, the area of the cereal fields in the region reduced twice times, of the pastures – 14 times; from year to year from 40% to 70% of the meadows remained unused (fig. 9). But many lands were still available for the birds of meadows and fields to nest, due to the thick bushes and trees undergrowth. For the first years after being abandoned, the pastures remained mosaic, with high and low grass, however the abandoned hayfield did not (photo 4; Свиридова и др., 2006).

The second decade of the XXI century was characterized by the growing pace of waterlogging (photo 5) and afforestation of the unexploited agricultural lands. Thus, in “Apsaryovo” nature boundary the area of lands covered with trees and bushes (without taking into consideration 4.5 km² of large forest massifs of the boundary) increased from 2 to 9 and 15% in 1994-2004-2014. The area of significantly bogged territories increased from 0.65 to 1.04 and 1.5%; of unmaintained lands, of perennial meadow fallows especially – from 5 to 48 and 63%. The area of hayfields and pastures decreased from 21 ha to 8.4 and 3.1 ha, from 10.1 to 3.2 and 0 ha respectively (fig. 10). The quite similar picture was common for the most of the north of Moscow Region almost up to 2010-2012.

Although the increase of the significantly bogged and afforested areas in “Apsaryovo” nature boundary does not seem to be that high throughout two decades (fig. 10), both of these factors heavily increased the mosaic structure of the lands and changed the agricultural landscapes in general (photo 6).

Fast afforestation of the watersheds in the abandoned agricultural lands, especially in “Apsaryovo” nature boundary, primarily occurs where the deforestation previously took place (fig. 11). The process of afforestation and growth of bushes are uneven, because they depend on a complicated combination of local (relief, hydrological and soil conditions) and regional (weather, climate) factors, as well as the previous history of the territory development. The abrupt growth of trees and bushes was registered during the abnormally humid (2005, 2013) and dry (2006, 2014) season, or right after them. The afforestation was also influenced by the grass fires of the 2000s, which became more frequent in the abandoned agricultural lands. Many areas of the Dubna River floodplain meadows, which had little amounts of shrubs or no shrubs at all in the 1990s, became overgrown with willows and birches after the peat fires (photo 7). The sudden burst of birch recovery in “Apsaryovo” was registered after the fires of 2006 and 2010 (photo 8; Свиридова и др., 2016а).

Not only the areas, but also quality characteristics changed in the spots, occupied with trees and bushes. During the first decade of agricultural decline the scarce willow and birch undergrowth was prevailing in the unmaintained meadows, its height similar to the height of grass cover (photos 9, 10).

Primarily, the over-moistened and bogged meadow lowlands, as well as banks of ameliorative channels, ponds etc., were overgrowing with willows. In the second decade birch, alder and partially pine began to recover in the large areas of meadow fallows far from water courses and over-moistened places. By 2016 many of the meadows overgrown with bushes transformed into copses with meadow openings, and into forest outliers, with the height of tree stand ranging from 3-4 to 5-7 m and higher (photos 9, 10).

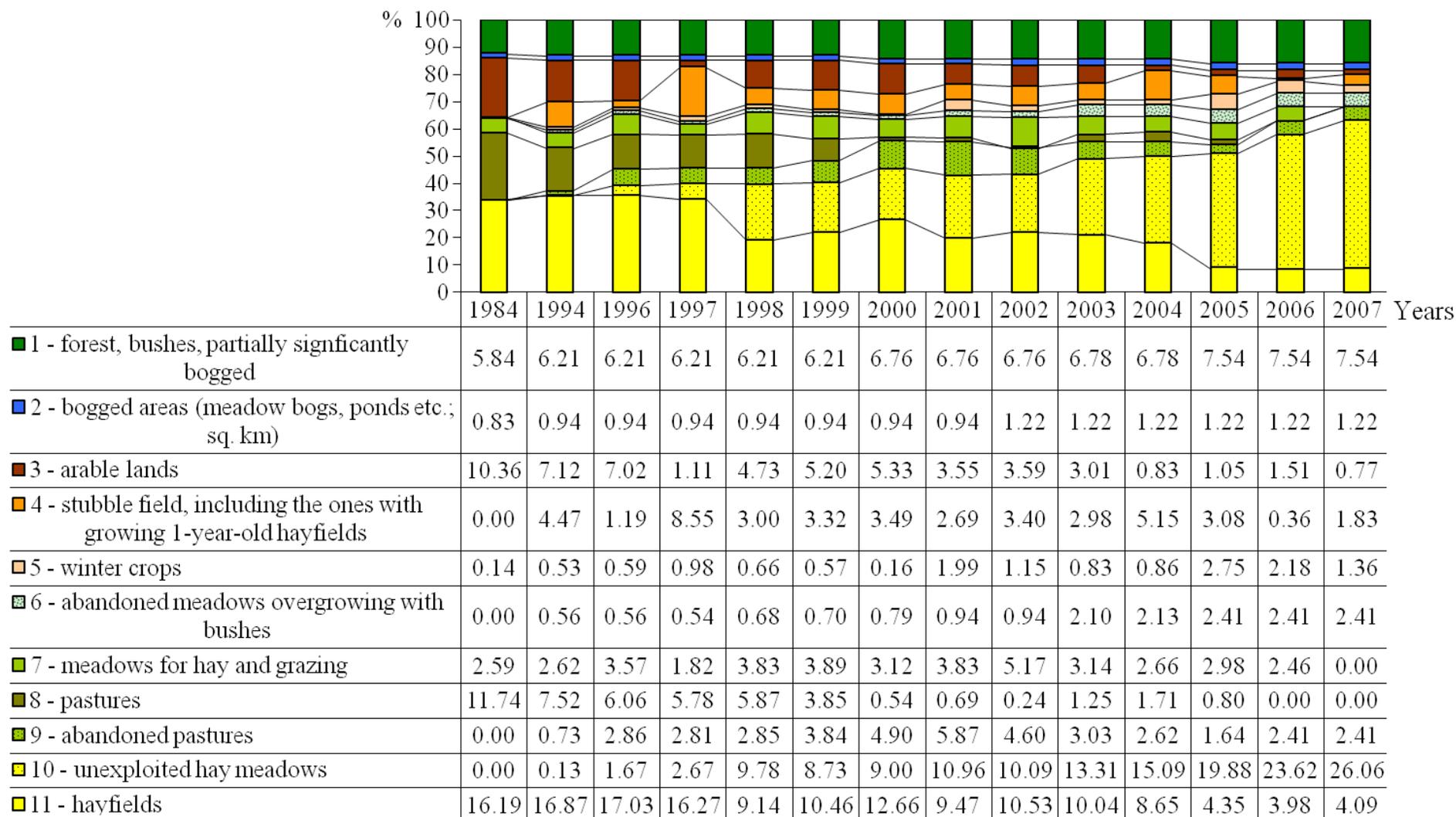


Fig. 9. Structure of the habitats types in “Apsaryovo” nature boundary in 1984 and 1994-2007, km² (Свиридова, 2008).



Photo 4. Agricultural lands of the “Crane Land” nature reserve in the 1990s and early 2000s (photo on the left by M.N. Ivanov, on the right by T.V. Sviridova).



Photo 5. Swamping and bushes growth of the former hayfields and pastures Agricultural lands of the “Crane Land” nature reserve (photo by T.V. Sviridova).

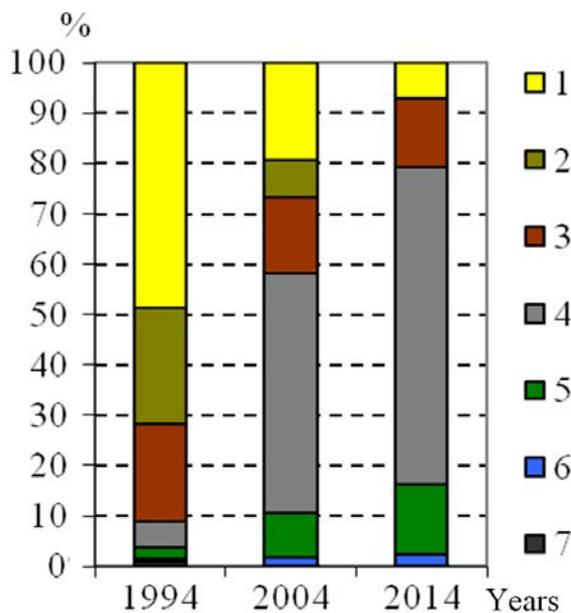


Fig. 10. Structure changes of the main types of agricultural lands in “Apsaryovo” nature boundary in 20 years. *Legend:* 1 – hayfields, 2 – pastures, 3 – fields, 4 – uncultivated lands, 5 – lands overgrown with bushes/forest, 6 – bogged areas, 7 – other (non-agricultural).



Photo 6. Mosaic structure increase of the agricultural landscapes in the early XXI century (photos by T.V. Sviridova).

At the same time during the recent years, some farms managed to boost their production, so the lands structure of the region, especially since 2010, have been changing again. Some farms increased the area of their cereal fields, and, to a lesser degree, hayfields too, which created the favorable conditions for many bird species of meadows and fields. However, regional production recovery in general followed the path of intense technologies. After the livestock was almost completely eliminated in the 1990s, the still-existing cattle farms began to recover their livestock, but they moved it from pastures to stables. This will not only cause the pastures to disappear, but also the hayfields to grow smaller (fig. 10), while the areas with new cultures (e.g. corn) will spread wider, unsuitable for birds.

Besides, the prevailing dairy husbandry, which required large meadows to feed on, is being gradually replaced now with the fast-payback cultures (potato, rice). They require the more intensive maintenance (treatment frequency, amounts of fertilizers, pesticides from vermin etc.) than the cereal fields, which is very unfavorable for birds (Свиридова и др., 2009). Generally, over the past 5 years, the large areas of abandoned and overgrowing lands and the intensifying production on the maintained fields caused polarization of the condition and appearance of the agricultural lands, inhabited by birds and other animals (photo 11).

It is also worth noting that the habitats conditions for many bird species of the agricultural lands in the “Crane Land” nature reserve, as well as of the bogs, depend on a combination of many factors: types and rates of agricultural management, weather and climate (Волков и др., 2013; Свиридова, 2014; Гринченко и др., 2015; Шариков и др., 2019). Those combinations and conditions differ from year to year and can change in the long perspective, which should be considered when planning event for the nature protection management of the territory of the future nature park.

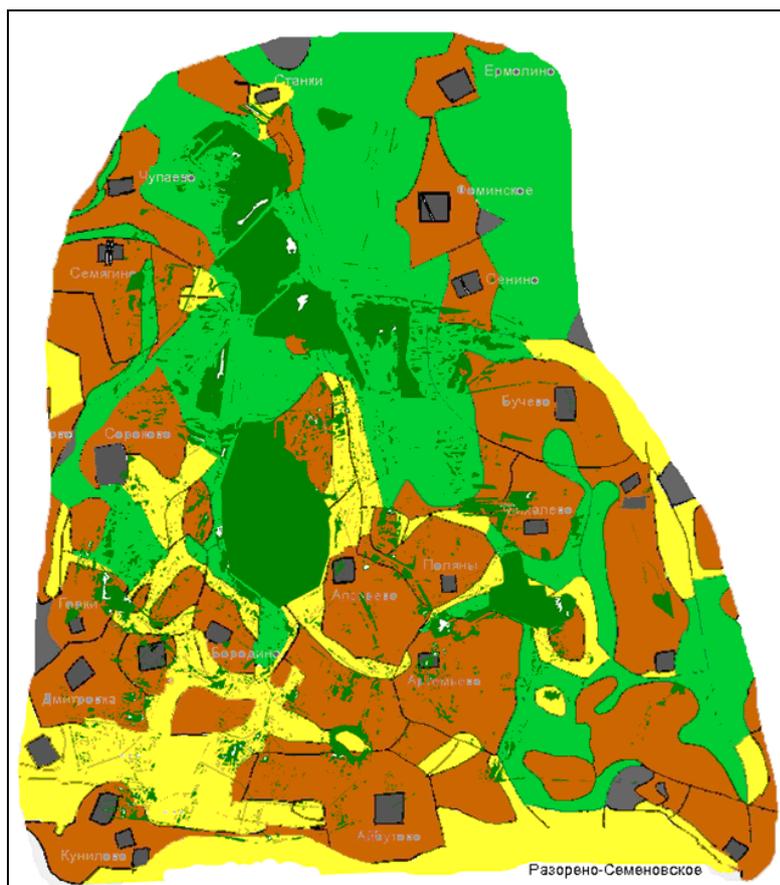


Fig. 11. Current afforestation of “Apsaryovo” nature boundary, “Crane Land” nature reserve; trees and shrubs in 2014 marked as dark green on the map of 1774 (Капра дач ..., 1774).



Photo 7. The meadows of the Dubna floodplain overgrown with birches and willows after peat fires (photo by T.V. Sviridova).

Modern Landscape Structure of the Dubna Floodplain – the key part of the Nature Park “Crane Country”

In the early XX century the largest bog massifs in the north of Moscow Region were the following four: Dubnensky, Yakhromsky, Olkhovsky-Batkovsky and Orudyevsky. Nowadays only the most of the Dubnensky and the north half of the Olkhovsky-Batkovsky survived, now they are part of the territory of the future nature park (fig. 3).

There are conditionally natural and anthropogenic biotopes in the current landscape structure of the Dubna Lowland.

Among the natural biotopes of the Dubna Lowland, we can emphasize some of them, such as meadows of the middle and upper floodplain, meadows of the lower floodplain, bogged forests and bogs with shrubs, belonging to the floodplain lands, and transitory bogs of the river valleys, but outside the floodplains.



Photo 8. Birch restoration on the abandoned agricultural lands in 2011 after the fires of 2010 (photo by T.V. Sviridova).



Photo 9. Afforestation of the abandoned agricultural meadows and fields in the late 1990s (on the left) and 2010s (on the right; photos by T.V. Sviridova).

The anthropogenic biotopes include cultivated meadows, fields with cereals, vegetables and other cultures, fallow lands, functioning peatbogs and historically formed residential areas.

The following table shows the biotopes dynamics in the Dubna Lowland during the XX century. We determined that amelioration caused the bogs with sedge and tussocks (including the sedge bogs and bogs with sedge and feather moss) to vanish almost completely; although those bogs occupied more than 30% of the valley before.



Photo 10. Afforestation of the agricultural lands of “Apsaryovo” nature boundary, according to the aerial photography data collected in 2000 (first image, photo by M.N. Ivanov) and 2014 (second image, photo by I.S. Smetanin).



Photo 11. Modern polarization of the agricultural lands in the “Crane Land” nature reserve, “Apsaryovo” nature boundary, in 2014 (photo by I.S. Smetanin).

In the Dubnensky bog massif it was not only due to the draining, but also due to the changes of mineralized water discharge into the bogs from the adjoining Taldomsky moraine-hilly ridge caused by hydraulic constructing. Part of the bogs with sedge and feather moss changed its water consumption type from delluvial to atmospheric and relatively quickly transformed into transitory sphagnum bogs, some of which are still deforested. The sedge bogs located near the terrace and bogged forests of the floodplain were affected by the transformation the most. The drainage of the floodplain forests and bogs improved the conditions for plants growth, the quality of forests

improved by 1-2 points, the tree stand grew higher and closer, the drained bogs began to overgrow with alder and birch. As the result, the bogged forests of the Dubna Lowland spread over more than a half of the territory, which was twice more than right after amelioration. The area of transitory bogs grew three times smaller.

Table. Correlation between the Dubna River biotopes before amelioration in the XX century and during 2000-2010.

Biotopes	The Dubna River Valley			
	Before amelioration		During 2000-2010	
	hectares	%	hectares	%
Conditionally-naturally formed				
<i>Floodplain</i>				
Meadows of the medium and upper floodplain level (floodplain meadows)	241	1	636	2,3
Meadows of the lower floodplain level (lowland meadows and meadow bogs)	2207	8	2040	7.4
Bogged forests (alder)	6189	22	14248	51.6
Bogs with shrubs (reeds and willows)	438	2	754	2.7
Bogs with sedge and tussocks	8577	31	–	–
<i>Out of the floodplain</i>				
Transitory and high bogs	9962	36	3491	12.6
Anthropogenically formed				
<i>Floodplain</i>				
Grass cultures	–	–	1665	6
Cereal crops	–	–	1322	5
Vegetable crops	–	–	119	0.4
Fallow lands	–	–	3132	11.3
Flooded peat quarries	–	–	–	–
Functional peatbogs	–	–	67	0.2
<i>Out of the floodplain</i>				
Residential areas	no data		140	0.5
Total:	27614		27614	

Notes to the table: data on the areas of different Dubna biotopes during amelioration is provided by E.S. Markov (1973); areas of the current biotopes биотопов were determined by the field researches and satellite imageries analysis made with ArcGis (Esri) geoinformational complex of programs.

Nowadays there are more than 70% of natural and conditionally natural biotopes in the Dubna bog massif. In 2012 the state flooding project for the disturbed peatbogs was implemented there, and some other projects were realized in the next years (Каменнова, Минаева, 2018; Гринченко и др., 2017).

General Tendencies of Birds Population Dynamics in the North of Moscow Region in the XX and early XXI centuries

Vertebrates in the territory of the projected nature park are very diverse. We registered some rare and protected animals species there. The almost total absence of synanthropic species in the animal population is an evidence of a high protection and integrity level of this natural complex.

We found 247 birds species in total, both nesting and migrating.

Species common for the coniferous, coniferous-small-leaved and mixed forests are the basis of the fauna complex of the Non-Black Earth center of Russia. Species ecologically associated with trees and bushes are dominant (90%). Synanthropic species are only 4% and mostly encountered on the outskirts of human settlements.

There are 68 species in the main catalogue of the Red List of Moscow Region (2018) and 39 in the monitoring catalogue. At different times 63 main species and 35 monitored ones were found in the territory of the projected nature park, which is 92.6% and 89.7% respectively.

The jacksnipe from Appendix 2 was considered gone from the territory, but then was found during its migration. 19 species are registered in the Red List of Russia, but 2 of them were not included into the Red List of Moscow Region because they had not been found yet at the moment of its publishing.

For the past 30-40 years in the territory of the projected nature park "Crane Country" the researchers were intentionally searching for those species, applying specific methods of census, registering every random encounter and thoroughly analyzing literature data. This is why the perennial dynamics of their numbers is clearer than that of the common ones.

*The main factors supposedly affecting the birds numbers in the north of Moscow Region in the late XX and early XXI centuries are the agricultural decline, peat digging decrease, formation of new bodies of water in the spots of the former peat quarries, increase of forests age and area, growth of *Castor fiber* population, and modern climatic changes.*

The decline of agricultural production, caused by the economic and political crisis of the 1990s, made the area of exploited agricultural fields, hayfields and pastures to decrease by more than a half, and they began to overgrow with bushes and trees. The maintenance of the open and closed systems of drainage amelioration stopped, which led to the secondary flooding of the territories. The fertilizers and pesticides usage was lowered. In the most of the territory the disturbance level significantly dropped as people's visits became more infrequent. Meanwhile, in the 2010s some farms in the territory of the future nature park managed to recover their agricultural production, including the one requiring intense technologies. The latter caused polarization of the agricultural landscape in the north of Moscow Region. Generally, now the unexploited agricultural lands are prevailing in the region (Свиридова и др., 2006, 2016а; Гринченко и др., 2015).

The almost absolute cease of peat digging by the 1990-2000s was due to the economic decline and to the fact that the main peat stocks had been finally drawn, and the significant areas with bogs had become the part of the systems of the specially protected natural sites in the 1970-1990s (Журавлиная родина ..., 2009). Water was not discharged from the peatbogs anymore, the lowlands began to flood in the spot of the drawn peatbogs. A new water reservoir formed in the spot of Ochevsky milling peat fields (about 2.5 thousands ha). It is now the part of the future nature park, too.

For some decades of the XX century the forests area was growing, including the ripening and mature coniferous forests and overmature deciduous forests, the amount of cutting sites decreased as well (Лесной план ..., 2008). For the past 10 years the situation changed a little. The structure of the forest biocenosis was severely affected by the fires, windfalls, vermin invasions and following cuttings. During the same period the share of young deciduous forests, growing in the abandoned agricultural lands, increased (Конторщикова и др., 2014, 2019).

The average annual air temperature and annual sum of precipitation increased in the most of European Russia territory. The main precipitation increase happens during winter, the maximal positive temperature changes in winter and spring, which helps to increase the level of bogging of the valley territories and growth of soil moisture (Кузьмина и др., 2011; Кузьмина, Трешкин, 2017, 2018).

Changes in Birds Numbers in the North of Moscow Region in the 1980-2010

Decrease of birds numbers in the 1990-2010s was registered for *Streptopelia turtur*, *Corvus frugilegus*, *Motacilla flava*, *Anthus pratensis*, and probably for *Alauda arvensis*, as well as some

other species of meadows and fields. It was mostly due to reduction of maintained fields, short-grass pastures and hay meadows, and to increased afforestation of agricultural lands. The numbers of *Anthus pratensis* could be affected by some other factors, because in the 2010s it dropped more than twice in the high and transitory bogs in the north of Moscow Region.

Parus cyanus continued to decrease in the 1990-2010s despite its fluctuations during different years. The main reason for it was the frequent ice rains during autumns and winters, covering reed with an ice shell which made it difficult for the birds to assess their main food – the larvae living in the stems (Конторщиков, Гринченко, 2015; Конторщиков и др., 2019).

Lagopus lagopus has almost disappeared from the region. *Coracias garrulus* disappeared after 1982, and *Lullula arborea* has never been encountered since 1983. By the 1980s these species already tended to reduce in their numbers (Зубакин и др., 1986; Кисленко и др., 1990в; Красная книга ..., 2018). In the 2000s the numbers of *Philomachus pugnax* decreased, and it is possible that the bird stopped to nest in the north of Moscow Region (Свиридова и др., 2009). *Phoenicurus phoenicurus* became rare and almost disappeared from the forests by the early 1980s (Конторщиков и др., 2014). *Columba oenas* was regularly nesting in the forests along the Dubna River in the 1990-2010s, from Nushpoly to Konstantinovo settlements, but disappeared from there and some other areas in 2014 (Конторщиков и др., 2019). The reasons for the decrease of these species numbers are still not quite clear.

The numbers of much more species increased or species started to show up in the region for the first time, including both nesting and migratory birds. We recorded 56 in total.

We have emphasized some groups of species, the reasons for changes in the numbers of which we believe to be quite similar. The assignment of the species to one or another group may be arguable, however it does not affect the general idea.

1. The group of 20 species (35.7% from the total number of species which grew in numbers), the increase of which is due to the economic decline of agricultural production and cease of peat digging.

1a. Among them, another group of 9 species (16%) can be highlighted, closely related to the open agricultural landscapes of Moscow Region: *Lyrurus tetrix*, *Perdix perdix*, *Coturnix coturnix*, *Circus pygargus*, *Crex crex*, *Asio flammeus*, *Gallinago media*, *Hippolais caligata* and *Locustella naevia*. Their numbers grew mainly in the 1990-2010s, due to the increased mosaic pattern of agricultural habitats which was caused by partial overgrowing with high grass and bushes, local bogging, decreased disturbance level and smaller amount of animals deaths during agricultural activities. All of the above improved the feeding, nesting and protecting conditions (Свиридова и др., 2006, 2016а). The climate warming could be favorable to these species as well, because many of them are of southern origin and came to the forest zone while the agricultural landscapes were forming there.

1b. Economic decline had a positive effect on some of the older native species, associated mainly with bogs and bogged forests (7 species, 12.5%). The nesting ones are *Milvus migrans*, *Aquila clanga*, *Grus grus*, *Tringa nebularia*, and *Lanius excubitor*. Their numbers grew mainly in the 1990-2000s as well. Since 2000 the encounters of nesting *Circaetus gallicus* became regular. In 2007 *Surnia ulula* was found there nesting for the first time (Варламов и др., 2007). This group prefers the bogging territories, low disturbance level, overgrowth and secondary waterlogging of abandoned peatbogs, and increase of mature forests areas.

1c. Some species (5.3%) grew in numbers probably due to the formation of large bodies of water in the 1990s in the spots of former peatbogs. These species include *Podiceps cristatus*, *Aythya fuligula*, and *Haliaeetus albicilla*.

2. Another big group includes 25 southern species (44.6%), inhabiting the region along the northern border of their area. The numbers of the nesting ones grow bigger, as well as the migratory ones. The main reason for them to appear in the region is probably due to the current climate warming (Кузьмина, Трешкин, 2017, 2018), while the early springs influence them to move

deeper into the north. Today these species usually inhabit the northern areas throughout Europe (Соколов, 2010).

2a. The most of these species (26.8%) is associated with water: *Podiceps nigricollis* (nesting since the early 1990s), *Ixobrychus minutus* (first encounters in 2012 and 2013), *Casmerodius albus* (encountered in 2004), *Cygnus olor* (visiting since 1994), *Rallus aquaticus* (encounters since 2008), *Porzana parva* (numbers grew in the 2000-2010s), *Gallinula chloropus* (numbers grew in the 1970-1990s), *Fulica atra* (numbers grew in the 1990-2000s), *Tringa stagnatilis* (apparently, nesting since the 1980s), *Chlidonias niger* (numbers grew in the 1960-1980s), *C. leucopterus* (began to nest and grew in numbers in the 1970-2000s), *Locustella luscinioides* (encounters since 2001), *Acrocephalus scirpaceus* (encounters since 2007), *A. arundinaceus* (encountered since 1965, numbers grew in the 1990-2000s), *Remiz pendulinus* (numbers grew in the 1990-2010s). It is worth noting that the increase of the bodies of water areas in the 1990-2000s had undoubtedly had a favorable effect on these species.

2b. Some of the “southern” species are associated with fields and meadows (7.1%): *Circus macrourus* (encounters since 1990, nesting since 1999), *Hieraaetus pennatus* (visiting since 2008), *Anthus campestris* (visited in 1999 and 2007), *Saxicola torquata* (encountered in 1974 and 2001).

2c. Other species are directly or indirectly associated with human settlements (5.3%): *Ciconia ciconia* (began nesting and grew in numbers in the 1970-2000s), *Streptopelia decaocto* (encountered since 1981), *Phoenicurus ochruros* (encountered since 2008).

2d. Three more species are associated with gardens and forest margins: *Otus scops* (encountered since 1981), *Merops apiaster* (breeding colony existed in 2002-2010), *Coccothraustes coccothraustes* (grew in numbers in the 1960-1990s).

3. The next group includes some forest species (10.7%), which recently grew in numbers in the north of Moscow Region: *Dendrocopos leucotos* (in the 1980-1990s), *Nucifraga caryocatactes* (1990s), *Strix uralensis* (1980-1990s), *S. nebulosa* (regularly encountered since 1994), *Prunella modularis* (1960-1990s, plus its habitats specter grew wider), and *Parus palustris*. The reasons for their growth are mostly unclear to us yet. Probably, it happened due to the increase of the mature forests area (Конторщикова, Ярошенко, 2008).

We find it difficult to include some species into any of the said groups. Their growth was more likely caused by some specific reasons. *Haematopus ostralegus* is rarely encountered in the north of Moscow Region since 1979, first as a migratory bird only, then as the nesting one since 2011 (Конторщикова и др., 2014).

Larus canus was always rare there, but became abundant in the north of Moscow Region in the 1970-1990s due to its transition to the anthropogenic food and inhabiting of the flooded abandoned peatbogs, as well as arable lands far from water (Зубакин, 2001).

Motacilla (citreola) werae have been spreading throughout Europe for a long time now, from east to west (Зубакин и др., 1988), but in the north of Moscow Region it began nesting in the second half of the 1970s. Its numbers were growing until the 1990s (Конторщикова и др., 2009).

It is also not quite clear which group some of the following species belong to: *Xenus cinereus* (nesting since the early 1980s), *Larus argentatus* / *L. cachinnans* (regularly encountered since the 1980s, probably due to the increase of its numbers in general in the center of European Russia), and crow (numbers grew in the 1970-1990s).

Among the mentioned species there are some the numbers of which did not have any positive dynamics in the 2010 after they appeared in the region for the first time or grew in numbers during the 1980-2000s: *Dendrocopos leucotos*, *Motacilla (citreola) werae*, *Acrocephalus arundinaceus*, *Hippolais caligata* and *Coccothraustes coccothraustes*.

Therefore, for the past 40 years in the territory of the future nature park the 2 main tendencies are obvious.

Firstly, due to the climate warming, the southern species which are mainly associated with the

bodies of water and open spaces, start to come to the region.

Secondly, due to the improvement of the feeding and protecting qualities of the habitats after the long-term economic decline, the condition of many old native species of bogs and forests improved as well.

It is worth noting that the numbers of *Ursus arctos* grew during the same period of our researches, and *Lutra lutra*, *Lynx lynx* and *Canis lupus* became more regular. They all are native fauna of the forests and bogs as well, and have been inhabiting this region before the agricultural activities took place.

Conclusions

1. The forests of Moscow Region in the late XIX and early XX centuries dropped to 21% in 1938. An active forest restoration was carried out during the 1950-1990s, the amount of cuttings was decreased, and in the next 30 years the unused agricultural lands began to overgrow with trees. Today the forests occupy 47.6% of Moscow Region.

2. Bogs development in the territory of the projected nature park was carried out in several steps. The greatest ameliorative works were made in the second half of the XX century. However, drainage, efficient for the agriculture, had never been accomplished. Since the early XXI century, while the agricultural load was increasing, most of the ameliorative systems were left unmaintained and climate was changing, the bogging of the region became very obvious.

3. In the late XX – early XXI centuries, during the decline of agriculture and modern climate changes, the amount of peat and grass fires significantly increased, especially during the dry years. Therefore, in 2004-2019 in the north of Moscow Region the flooding works were started for the disturbed peatbogs, which lowered their fire-hazardous and influenced the recovery of bog ecosystems.

4. Most of the agricultural lands in the north of Moscow Region were bogged and covered with forests just recently. The agricultural development of the territory was carried out in several steps and was mostly finished by the middle of the 1980s. The prevailing agriculture type in the territory of the future nature park was cattle maintenance (mostly for milk production), cereal growth and meadow cultivation. It helped to maintain the stability of populations of many rare and game bird species.

5. In the past 30 years a significant decline of agriculture took place. It caused the amounts of cattle and areas for grazing to decrease, and some qualitative and quantitative transformations to change the agricultural landscapes due to afforestation and bogging of unmaintained lands. However, in the 2010s during the production growth on some farms, everything began to change in some territories. Meanwhile, the production was intensifying, and the structure of exploited agricultural lands was changing: cattle handling was replaced with pig-breeding, potato and rapeseed cultivation. The absolute cease of agricultural production and its intensification can negatively affect many birds of meadows and fields in the already existing specially protected natural sites and in the territory of the projected nature park.

6. The nature in the north of Moscow Region is uniform due to the mutual origin of its landscapes, development history and current processes. The creation of the “Crane Country” Nature Park will make it possible to preserve the valuable natural-anthropogenic territorial complex, characterized by the high biological diversity and a chance for conservation and functioning of natural ecosystems, if the nature resources are utilized correctly.

7. The current landscapes of the projected nature park are a habitat for many rare animal species, and especially for a significant amount of birds. The latter are very sensible to the changes in the north of Moscow Region. The main drivers for the population dynamics and distribution of the birds in the region are the types and intensity of agriculture and forest management, flooding and bogging of the former peat quarries, and modern climate changes. Creation of the “Crane Country” Nature Park and its ecological management will allow to preserve the habitats of rare and

background species in the north of Moscow Region.

Acknowledgments. The historical and scientific materials were collected in the north of Moscow Region for many years by the authors of this article and our colleagues and friend. We are grateful to them for their help and contribution.

REFERENCES

- Вагнер Б.Б., Манучарянц Б.О.* 2003. Геология, рельеф и полезные ископаемые Московского региона. Учебное пособие по курсу «География и экология Московского региона». М.: МГПУ. 92 с.
- Варенцов В.А.* 1919. Некоторые сведения о фауне позвоночных Переславского уезда // Доклады Переславль-Залесского Научно-Просветительного Общества. Т. 7. М.: Melanar. 26 с.
- Варламов А.Е., Ерёмкин Г.С., Захаров К.В., Коновалов М.П.* 2007. Гнездование ястребиной совы в Московской области // Московка. № 6. С. 4.
- Волков С.В., Гринченко О.С., Свиридова Т.В.* 2013. Сроки прилёта серого журавля (*Grus grus*) в Северное Подмоскowie и их связь с климатическими и погодными факторами. Зоологический журнал // Зоологический журнал. Т. 92. № 7. С. 834-840.
- Восстановление торфяных болот в России: значение для регионов. 2004 // Материалы семинара / Ред. А.И. Бакка. Н.-Новгород: Международный Социально-экологический союз; Экоцентр «Дронт». 88 с.
- Гринченко О.С.* 2002. Опыт работы Талдомской районной администрации ООПТ по восстановлению гидрологического режима нарушенных территорий // Сборник материалов IV Международного симпозиума «Открытое общество и устойчивое развитие: местные проблемы и решения». Вып. 12. М. С. 41-45.
- Гринченко О.С.* 2005а. Оценка воздействия гидромелиорации на экосистемы речных пойм гумидной зоны // Оценка влияния изменения режима вод суши на наземные экосистемы. М. С. 194-213.
- Гринченко О.С.* 2005б. Экологические критерии регулирования режима обводнения переосушенных торфяников в поймах малых рек // Проблемы экологической безопасности Московской области. М. С. 137-141.
- Гринченко О.С.* 2007. Биологическая рекультивация водно-болотных угодий (Московская область) // Сборник материалов Международной научной конференции «Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель». Екатеринбург. С. 178-184.
- Гринченко О.С.* 2010. История формирования природоохранного менеджмента на территории заказника «Журавлиная родина» (Московская область) // Материалы 8-й международной конференции факультета гос. управления МГУ имени М.В. Ломоносова «Государственное управление в XXI веке: традиции и инновации» 26-28 мая 2010 г. М. 276-284.
- Гринченко О.С., Волков С.В., Макаров А.В.* 2008. Современное состояние и тенденции изменения численности и распространения большого и малого подорликов в Дубненской низменности, Московская область // Изучение и охрана большого и малого подорликов в Северной Евразии. Иваново. С. 70-74.
- Гринченко О.С., Волков С.В., Свиридова Т.В.* 2015. Изменение гнездовой численности, структуры предотлётного скопления и фенологии миграции серого журавля в северном Подмоскowie под влиянием природно-антропогенных и погодно-климатических факторов // Журавли Евразии (биология, распространение, разведение). Вып. 5. Сборник трудов IV международной научной конференции «Журавли Палеарктики: биология, охрана, управление». 1-4 сентября 2015 г. / Ред. Е.И. Ильашенко, С.В. Винтер. М.-Нижний Цасучей. С. 212-225.
- Гринченко О.С., Смирнова Е.В., Зубакин В.А., Дылюк С.А., Свиридова Т.В., Волков С.В.,*

- Могильнер А.А., Коновалова Т.В., Пустогарова А.А., Севрюгин А.В. 2001. Осенние предотлётные скопления серого журавля в Московской области. // Орнитология. Вып. 29. С. 250-259.
- Гринченко О.С., Щербаков А.В., Любезнова Н.В., Кольцов Д.Б. 2017. Эффективность реабилитации экосистем обводнённых торфяников на основе анализа динамики растительности и авифауны (Талдомский район Московской области) // Экосистемы: экология и динамика. Т. 1. № 4. С. 23-39 (доступно по ссылке <http://www.ecosystemsdynamic.ru>).
- Дормидонтов Р.В. 1977. Подмосковные журавли // Охота и охотничье хозяйство. № 8. М. С. 20-22.
- Журавлиная родина. Очерки о природе и людях. 2009. М. 160 с.
- Зубакин В.А. 2001. Необычное гнездование чайковых птиц в Московской области в 1998 и 1999 гг. // Орнитология. Вып. 29. М.: МГУ. С. 291-293.
- Зубакин В.А., Волошина О.Н., Олексенко А.И., Панчешникова Е.Е. 1982. Серый журавль в Московской области и проблемы его охраны // Журавли в СССР. Ленинград. С. 75-83.
- Зубакин В.А., Мищенко А.Л., Абоносимова Е.В., Волошина О.Н., Ковальковский С.Ю., Краснова Е.Д., Могильнер А.А., Николаева Н.Г., Соболев Н.А., Суханова О.В., Шварц Е.А. 1986. Современное состояние некоторых редких видов птиц Московской области. Неворобьиные // Орнитология. Вып. 21. М.: МГУ. С. 77-93.
- Зубакин В.А., Мищенко А.Л., Абоносимова Е.В., Волошина О.Н., Ковальковский С.Ю., Краснова Е.Д., Могильнер А.А., Николаева Н.Г., Соболев Н.А., Суханова О.В., Шварц Е.А. 1988. Изменения орнитофауны Московской области за последние десятилетия // Орнитология. Вып. 23. М.: МГУ. С. 183-187.
- Иванов В.Е. 1974. Журавли // Газета «Заря». 5.10.1974. Талдом. С. 2.
- История мелиорации. Альбом. Хранится в архиве Талдомского историко-литературного музея. 40 с.
- Каменнова И.Е., Минаева Т.Ю. 2018. Проект «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата»: опыт реализации и перспективы // Проблемы и перспективы устойчивого развития торфяного дела в России: материалы Международной научно-практической конференции (17-19 сентября 2018 г., г. Тверь) / Ред. О.С. Мисников, В.В. Панов. Тверь: Триада. С. 59-64.
- Карта дач Генерального межевания 1774 года. Тверская губерния, Калязинский уезд // Архив Древних Актов Государственного Российского архива. Фонд 1356, опись 1, ед. хр. 5982.
- Кисленко Г.С., Леонович В.В., Николаевский Л.А. 1990. О редких воробьинообразных Подмосковья // Редкие птицы центра Нечерноземья. М. С. 133-136.
- Кисловский С.В. 1926. Кашинский край. Ч. 1-2. Калязин. 129 с.
- Ковалёв Б.Н. 1991. Фенологические наблюдения в Талдомском районе, сделанные в 1979-1990 гг. Рукопись. Хранится в библиотеке биостанции заказника «Журавлиная родина». 25 с.
- Комплексное обследование мелиорированных земель совхозов «Северный», «Красные всходы» Талдомского района Московской области и разработка предложений по улучшению их водного режима. 1987. М.: Московский гидромелиоративный институт. С. 1-89.
- Конторицков В.В., Волков С.В., Гринченко О.С., Свиридова Т.В., Коновалова Т.В., Макаров А.В. 2009. Редкие виды птиц Дубненско-Яхромской низины: воробьинообразные // Сборник «Редкие виды птиц Нечерноземного центра России». М. С. 124-129.
- Конторицков В.В., Гринченко О.С. 2012. Серый сорокопут и белая лазоревка на севере Московской области // Орнитология. Вып. 37. С. М.: МГУ. 111-114.
- Конторицков В.В., Гринченко О.С., Свиридова Т.В., Волков С.В., Шариков А.В., Хромов А.А., Зубакин В.А., Кольцов Д.Б., Коновалова Т.В., Смирнова Е.В., Иванов М.Н., Макаров А.В., Севрюгин А.В. 2014. Птицы Журавлиной Родины и окрестностей: распространение и численность // Вестник Журавлиной Родины. Вып. 2. М.: Голос. С. 5-170.

- Конторщиков В.В., Гринченко О.С., Свиридова Т.В., Шариков А.В., Волков С.В., Макаров А.В., Буслаков В.В., Иванов М.Н., Кольцов Д.Б., Забугин В.В., Хромов А.А., Войтехов М.Я., Севрюгин А.В., Образов В.В.* 2013. Птицы Журавлиной Родины в 2009-2011 гг. // Вестник Журавлиной Родины. Вып. 1. М.: Голос. С. 5-190.
- Конторщиков В.В., Гринченко О.С., Свиридова Т.В., Шариков А.В., Хромов А.А., Волков С.В.* 2019. Динамика численности некоторых редких видов птиц на севере Московской области (Журавлиная родина и окрестности) в 2010-е годы // Редкие виды птиц Нечернозёмного центра России. Материалы VI совещания «Распространение и экология редких видов птиц Нечерноземного центра России», Москва, 16-17 ноября, 2019. М. С. 127-133.
- Конторщиков В.В., Ярошенко А.Ю.* 2008. Динамика лесов и изменения численности некоторых лесных птиц в Московской области // Сборник «Редкие виды птиц Нечерноземного центра России». М. С. 73-76.
- Красная книга Московской области (издание третье, дополненное и переработанное). 2018. М.О.: ПФ «Верховье». 810 с.
- Кузьмина Ж.В., Каримова Т.Ю., Трёшкин С.Е., Феодоритов В.М.* 2011. Влияние климатических изменений и зарегулирование речного стока на динамику растительности долин рек // Использование и охрана природных ресурсов в России. № 2. М. С. 37-45.
- Кузьмина Ж.В., Каримова Т.Ю., Трёшкин С.Е., Черноруцкий С.В.* 2019. Изменение положения безнапорных грунтовых вод в естественных экосистемах северного Подмосковья // Использование и охрана природных ресурсов в России. № 3.
- Кузьмина Ж.В., Трёшкин С.Е.* 2017. Многолетние изменения основных метеорологических характеристик в зоне южной тайги Европейской части России (бассейн Верхней Волги) // Использование и охрана природных ресурсов в России. № 3 (151). С. 56-65.
- Кузьмина Ж.В., Трёшкин С.Е.* 2018. Многолетние изменения влажностно-температурного режима в зоне южной тайги европейской части России (бассейн верхней Волги) // Использование и охрана природных ресурсов в России. № 2 (154). С. 55-63.
- Кутузова Н.Д., Голубева О.В., Куст Г.С.* 2014. Характеристика торфяных почв Дубненского болотного массива // Роль почв в биосфере. Труды Института экологического почвоведения Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Т. 14. М. С. 105-133.
- Лагунов П.М., Гусев Н.Н.* 1990. Динамика лесов Подмосковья // Лесное хозяйство. № 8. С. 51-54. Лесное хозяйство СССР за 50 лет (1917-1967 гг.). 1967 // Государственный комитет по лесному хозяйству Совета Министров СССР. М.: Лесная промышленность. 312 с.
- Лесной план Московской области. 2008. М.: Мослесопроект. 315 с.
- Лесной план Московской области на 2019-2028 годы. 2018. Кн. 1. Красногорск. 154 с.
- Лесной фонд России. 1999. Справочник. М.: ВНИИЦлесресурс. 650 с.
- Лесной фонд союза ССР по состоянию на 1.01.1949 г. 1949. М. 97 с.
- Лесохозяйственный регламент Талдомского лесничества Московской области. 2018. 230 с.
- Марков Е.С.* 1973. Мелиорация пойм нечерноземной зоны. М.: Колос. 320 с.
- Материалы по обоснованию проекта генерального плана Талдомского муниципального района, том 2 «Охрана окружающей среды». 2016. ГУП МО «НИИПИ градостроительства». 85 с.
- Мелиорации – высокое качество. 1982 // Газета «Заря». № 19. Талдом. С. 1.
- Мелиораторы района. 1985 // Газета «Заря». № 25. Талдом. С. 1.
- Минаева Т.Ю., Сирин А.А.* 2002. Торфяные пожары – причины и пути предотвращения // Наука и промышленность. С. 3-8.
- Михеев А.В.* 2018. Позвоночные животные Приволжско-Дубнинского государственного заповедника // Экосистемы: экология и динамика. Т. 2. №. 3. С. 79-168 (доступно по ссылке <http://www.ecosystemsdynamic.ru>).
- Москва-Волга.Ру: История строительства канала Москва-Волга. 2019 [Электронный ресурс: <http://moskva-volga.ru> (дата обращения 15.01.2020)].

- Огуреева Г.Н., Микляева И.М., Сулова Е.Г., Швергунова Л.В. 1996. Растительность Московской области. Пояснительный текст и легенда к карте. Масштаб 1:200000 / Ред. Г.Н. Огуреева, Т.В. Котова. М.: Экор. 45 с.
- От «Мариона» до «Э-652». 1977 / Газета «Заря». № 8. Талдом. С. 1.
- Покровский В. 1879. Историко-статистическое описание Тверской губернии. Тверь: Типо-литография Ф.С. Муравьева. 813 с.
- Постановление Правительства Московской области от 26.03.2019 № 166/10 «О внесении изменений в государственную программу Московской области “Экология и окружающая среда Подмосковья” на 2017-2026 годы». [Электронный ресурс: <https://mosreg.ru/dokumenty/normotvorchestvo/prinyato-pravitelstvom/postanovleniya-pmo/29-05-2019-16-10-46-postanovlenie-pravitelstva-moskovskoy-oblasti-ot> (дата обращения 15.01.2020)].
- Продолжая традиции. 1982 // Газета «Заря». № 12. Талдом. С. 1.
- Птушенко Е.С., Гладков Н.А. 1933. Материалы к познанию орнитофауны Ивановской области // Бюллетень МОИП. Отдел биологический. Т. XLII. Вып. 2. С. 199-213.
- Птушенко Е.С., Иноземцев А.А. 1968. Биология и хозяйственное значение птиц Московской области и сопредельных территорий. М. 461 с.
- Пчёлкин В.В. 2003. Обоснование мелиоративного режима осушенных пойменных земель. М.: Колос. 254 с.
- Рабочий проект реконструкции осушительной сети на землях совхоза «Северный» Талдомского района Московской области. 1987. М.: Мосгипроводхоз. С. 1-158.
- Растительность Европейской части СССР. 1980. Л.: Наука. С. 1-186.
- Редкие виды птиц Нечернозёмного центра. 2019. М. 242 с.
- Резерв в мелиорации. 1986 // Газета «Заря». № 4. Талдом. С. 1.
- Рысин Л.П. 2012. Леса Подмосковья. М. 256 с.
- Свадковский Э.Г. 1936. Регулирование реки Дубны. М. 214 с.
- Свиридова Т.В. 2008. Динамика численности и распределения куликов (подотряд Charadrii) в сельскохозяйственных ландшафтах Подмосковья. Автореф. дисс. к.б.н. М. 24 с.
- Свиридова Т.В. 2012. Сохраним луга – местообитания редких куликов «Журавлиной родины!» // Научно-популярный буклет. М. 8 с.
- Свиридова Т.В. 2014. Особенности гнездования куликов на пахотных угодьях Подмосковья в 1980-2000 гг. // Экология. № 4. С. 287-293.
- Свиридова Т.В., Волков С.В., Гринченко О.С., Зубакин В.А., Конторщиков В.В., Коновалова Т.В., Кольцов Д.Б. 2006. Влияние интенсивности сельскохозяйственной деятельности на птиц агроландшафтов северного Подмосковья. // Развитие современной орнитологии в Северной Евразии. Труды XII международной орнитологической конференции. Ставрополь: СГУ. С. 371-399.
- Свиридова Т.В., Волков С.В., Гринченко О.С., Кольцов Д.Б. 2016а. Мониторинг птиц и их местообитаний в сельскохозяйственных ландшафтах северного Подмосковья: итоги 20-летних наблюдений // Сб. Птицы и сельское хозяйство. Материалы I международной орнитологической конференции «Птицы и сельское хозяйство: современное состояние, проблемы и перспективы изучения». Москва, 17-18 ноября 2016. М.: «Знак». С. 268-277.
- Свиридова Т.В., Гринченко О.С., Волков С.В., Конторщиков В.В., Забугин В.В., Кольцов Д.Б., Коновалова Т.В., Макаров А.В. 2009. Современное состояние редких куликов, гнездящихся на северо-востоке Подмосковья // Редкие виды птиц Нечернозёмного центра России. М. С. 225-231.
- Свиридова Т.В., Кольцов Д.Б., Гринченко О.С., Волков С.В. 2016б. Кулики в условиях эколого-сельскохозяйственного менеджмента, спада и возрождения сельского хозяйства в Подмосковье // Вопросы экологии, миграции и охраны куликов Северной Евразии. Материалы 10-й юбилейной конференции Рабочей группы по куликам Северной

Евразии. Иваново-Мелитополь, 3-6 февраля 2016. И.: Ивановский государственный университет. С. 327-334.

- Свиридова Т.В., Коновалова Т.В., Кольцов Д.Б., Засна Е.А.* 2002. Большой кроншнеп, большой веретенник и чибис в сельскохозяйственных ландшафтах севера Московской области (Талдомский район) // Изучение куликов Восточной Европы и Северной Азии на рубеже столетий. Материалы IV и V совещания по вопросам изучения и охраны куликов. М. 49-57.
- Смирнова Е.В.* 1997. Экологические и исторические аспекты формирования сезонных скоплений серого журавля *Grus grus* L. на примере Талдомского предотлётного скопления. Автореф. дисс. к.б.н. М. 21 с.
- Соколов Л.В.* 2010. Климат в жизни растений и животных. СПб.: ТЕССА. 344 с.
- Суслова Е.Г.* 2019. Леса Московской области // Экосистемы: экология и динамика. Т. 3. №. 1. С. 119-190 (доступно по ссылке <http://www.ecosystemsdynamic.ru>).
- Схема развития и размещения особо охраняемых природных территорий Московской области. 2016 [Электронный ресурс <https://mep.mosreg.ru/dokumenty/napravleniya-deyatelnosti/osobo-okhranyaemye-prirodnye-territorii-moskov/skhema-razvitiya-i-razmeshcheniya-osobo-okhranyaemykh-prirodnykh-territoriy-moskovskoy-oblasti> (дата обращения 15.01.2020)].
- Тишлер В.* 1971. Сельскохозяйственная экология. М.: Колос. 455 с.
- Цветков М.А.* 1957. Изменение лесистости Европейской России с конца XVII в. по 1914 г. М.: Изд-во АН СССР. 213 с.
- Шарииков А.В., Волков С.В., Свиридова Т.В., Буслаков В.В.* 2019. Влияние трофического и погодно-климатического факторов на динамику численности птиц-миофагов в местах их размножения // Зоологический журнал. Т. 98. № 2. С. 203-2013.
- Smirnova E.V., Aksenova A.B., Sviridova T.V., Konvalova T.V., Grinchenko O.S., Zubakin V.A.* 1999. The staging area of the Common Crane in the light of landscape and land use history in the Moscow region // Proceedings of the 3rd European Crane Workshop 1996 and actual papers. Martin-Luther-Universitat, Halle-Saale, Germany. P. 169-171.

**ЗАДАЧИ И ЛАНДШАФТНО-БИОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ
СОЗДАНИЯ ПРИРОДНОГО ПАРКА «УСТЬЯНСКИЙ»
(СРЕДНЯЯ ТАЙГА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ)¹
ЧАСТЬ 2. ПРОСТРАНСТВЕННОЕ БИОРАЗНООБРАЗИЕ КЛАСТЕРА «НАУЧНЫЙ»
УСТЬЯНСКОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА²**

© 2020 г. Л.Г. Емельянова, Н.Б. Леонова, А.С. Оботуров

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1 E-mail: biosever@yandex.ru*

Поступила в редакцию 24.01.2020. После доработки 08.02.2020. Принята к публикации 20.02.2020.

Приведены результаты исследования флоры и фауны кластера «Научный» проектируемого на юге Архангельской области природного парка «Устьянский». Территория кластера расположена в двух среднетаежных ландшафтах междуречья Ваги и Северной Двины, что послужило основанием для выделения двух субкластеров – Заячирицкого и Кокшеньгского. Первый дает представление о ландшафте и биоте моренной полого-увалистой равнины, второй – о ландшафте и биоте долинных экосистем крупной северной реки Кокшеньги. Приведены данные о популяциях охраняемых видов растений и животных. Флора, терио- и орнитофауна, пространственная организация биоты кластера хорошо изучены, что может служить базисом как для организации экологических образовательных программ разного уровня, так и для организации особо охраняемых природных территорий.

Ключевые слова: средняя тайга, Европейская часть России, Устьянский природный парк, кластер «Научный», флора, териофауна, орнитофауна, редкие виды.

DOI: 10.24411/2542-2006-2020-10056

В первой части статьи о проектируемом в Устьянском районе Архангельской области природном парке «Устьянский» (Емельянова и др., 2019) были определены цель, задачи, предпосылки создания парка. Обсуждались принципы территориальной организации природного парка, намечена кластерная дифференциация территории, представлена ландшафтная структура каждого кластера, его роль в сохранении редких экосистем. Из всех позиционируемых к включению в природный парк «Устьянский» территорий только кластер «Научный» имеет длительную историю изучения биоты. Собственно именно многолетний опыт исследования ландшафтной структуры, флоры и фауны этого кластера, созданный базис для развития экологического туризма послужили рождению самой идеи создания Устьянского природного парка. Многолетний опыт исследования биоты был накоплен при проведении полевых исследований во время летних учебно-научных практик студентов географического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, студентов географического факультета университета Британской Колумбии (Канада), во время зимних экспедиций научного студенческого общества географического факультета Московского университета (Емельянова и др., 1999, 2001; Мяло, 2003; Горбунова и др., 2014). Цель настоящей статьи – раскрыть пространственную

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Проекта Всемирного фонда дикой природы «Развитие коммуникаций и вовлечение гражданского общества в охрану окружающей среды и управление природными ресурсами на Северо-Западе России и в Баренцевом море».

² Первая часть данной статьи опубликована в нашем журнале «Экосистемы: экология и динамика» в №2 за 2019 год [Электронный ресурс <http://ecosystemsdynamic.ru/wp-content/uploads/2019/06/All-Number-EED-No2-2019-P-1-250.pdf>].

организацию биоты территории кластера «Научный», показать флористическую и фаунистическую специфику субкластеров «Заячерицкий» и «Кокшеньгский» и их роль в сохранении биотического разнообразия средней тайги Европейской части России.

Материал и методы

Подробное изложение полевых материалов и использованных методов исследования выполнено в первой части статьи (Емельянова и др., 2019), в которой показано также географическое положение кластера «Научный» на картосхеме Устьянского района Архангельской области. Для написания второй части этой статьи привлечены также данные, собранные авторами ранее (Емельянова, 2003а, 2003в, 2003г; Леонова и др., 2015).

Ландшафтная дифференциация кластера «Научный» проектируемого Устьянского природного парка

Территория кластера «Научный» расположена в пределах двух ландшафтов – Кокшеньгского и Заячерицкого, обособление которых связано с различиями в генезисе, составе отложений, типах рельефа (Емельянова и др., 2001). Западная часть относится к ландшафту долины Кокшеньги, сложенной мощными аллювиальными и озёрно-ледниковыми отложениями с сосновыми лесами на песчаных подзолах по террасам и пойменными лугами, ивнякам и ольшаникам на аллювиальных почвах. Здесь наиболее ярко проявлялась роль водноледникового стока и озёрно-ледниковых режимов в долине Кокшеньги, которая в силу положения в зоне ослабленного неотектонического поднятия или опускания являлась зоной аккумуляции вещества с преобладанием лёгкого гранулометрического состава и преимущественно боковой эрозии. Результатом стало формирование широкой долины с типичной для равнинных регионов хорошо развитой системой аккумулятивных террас с господством борových местообитаний и пойм. Восточная часть территории относится к Заячерицкому ландшафту структурно-эрозионно-моренной волнистой равнины с неглубоким залеганием пермских мергелей с сочетанием мелколиственно-еловых лесов на подзолистых почвах и болот, частично распаханной в дренированных местностях. Обособление ландшафтов объясняется различной функциональной ролью территорий во время московской и валдайской ледниковых эпох.

Территория субкластера «Заячерицкий» репрезентативна для ландшафта моренно-эрозионной полого-увалистой равнины с высокой долей субнеморальных сообществ. Заячерицкий ландшафт, где расположен субкластер одноименного названия, с хозяйственной точки зрения относится к категории редких в региональном масштабе ресурсных районов. Его можно рассматривать как культурный ландшафт более чем с 700-летней историей, как памятник земледелия и пример изменений ландшафта под влиянием сельского хозяйства в условиях средней тайги. Лесная часть бассейна реки Заячьа на водосборных поверхностях и приводораздельных пологих склонах, напротив, представлена типичными и широко распространенными в средней тайге урочищами вторичных елово-берёзово-сосновых и елово-берёзово-осиновых лесов моренных равнин. Лесные урочища старовозрастных еловых лесов в тех же местоположениях в прошлом были типичны, но со второй половины XX века стремительно переходят в категорию «остаточно» редких в связи с обширными сплошными рубками. В настоящее время площадь оставшихся ельников продолжает сокращаться.

Территория кластера «Кокшеньгский» репрезентативна для ландшафта долины крупной реки с хорошо развитой системой сегментных лугово-кустарниковых пойм со старичными озёрами и борowymi террасами. Урочища сухих и свежих борových террас долины Кокшеньги относятся к категории высокопожароопасных, что накладывает ограничения на ведение лесозаготовок. В случае нарушения растительного покрова они уязвимы к дефляции.

Флора и растительность кластера «Научный»

Междуречье рек Устья и Кокшеньга, где находится кластер «Научный», отличается высокой степенью освоенности, причем сведение лесов и распашка территории начались здесь уже в X веке. Это во многом сказывается на характере современной растительности и составе флоры.

Несмотря на зональное положение в подзоне средней тайги, в составе растительных сообществ много луговых и опушечно-луговых видов растений. Среди лесных видов травяно-кустарничковом ярусе лидируют типично таежные виды – линнея северная (*Linnaea borealis* L.), черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus* L.), голокучник Линнея (*Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman) и многие другие виды бореальных лесов. В то же время здесь распространены и неморальные лесные виды: медуница неясная – *Pulmonaria obscura* Dum., живучка ползучая – *Ajuga reptans* L., копытень европейский – *Asarum europaeum* L. Общее видовое богатство территории достаточно велико по сравнению с типичными таежными районами и составляет порядка 500 видов сосудистых растений, среди которых наиболее представительны семейства сложноцветных, мятликовых, осоковых и розоцветных (Горбунова и др., 2014).

На территории кластера встречаются виды растений, находящиеся здесь у границ своих ареалов. Такие виды достаточно редки и наиболее уязвимы при нарушении их местообитаний, а потому нуждаются в особом внимании и охране. К таким видам относятся растения более южного распространения, находящиеся здесь на северной периферии ареала. Из них один древесный вид – липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), остальные – виды неморальных травянистых растений, участвующие в лесных (копытень европейский, медуница неясная и др.) и луговых сообществах (пахучка обыкновенная – *Clinopodium vulgare* L.). Следует отметить также ряд видов, распространенных в основном в азиатской части страны, ареал которых, однако, захватывает и северо-восток Европейской части России, здесь находится западная периферия их ареала. Доля этих видов во флористическом списке невелика, но они также представляют несомненный интерес как пограничные виды: из древесных – лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb., кустарник – жимолость Палласа (*Lonicera caerulea* subsp. *pallasii* (Ledeb.) Browicz), высокие травы в поймах рек – недоспелка копьевидная (*Cacalia hastata* L.), аконит северный (*Aconitum septentrionale* Koelle) и др. Здесь же проходит восточный рубеж некоторых видов европейского распространения, например, лютика кашубского (*Ranunculus cassubicus* L.), ландыша майского (*Convallaria majalis* L.). Изучение видов, находящихся на окраине ареала, представляет интерес как с научной точки зрения, так и с природоохранной (Емельянова и др., 2014). В числе видов, находящихся на границе ареала, есть остро нуждающиеся в охране: липа мелколистная, колокольчик широколистный (*Campanula latifolia* L.), ландыш майский и др. Все упомянутые ниже редкие виды растений также подлежат охране и мониторингу за состоянием их популяций (табл. 1)

На территории кластера зональными сообществами являются среднетаежные черничные зеленомошные и долгомощные типы еловых лесов по пологим склонам. В ходе интенсивного сельскохозяйственного освоения площадь их сильно сократилась. В окрестностях Заячерицкого погоста таких лесов практически не сохранилось, за исключением восточной окраины кластера (к востоку от д. Орюковская; фото 1).

На месте еловых лесов после их вырубki формируются производные сосновые (на левобережье р. Заячьей) и мелколиственные берёзовые, ольхово-берёзовые, осиново-еловые, берёзово-елово-сосновые и другие типы мелколиственно-хвойных лесов.

В силу высокой степени распашки территории эти леса представляют собой островные массивы, приуроченные к непригодным для освоения участкам водосборов, а также к склонам долин малых рек. Вторичные берёзовые, ольховые с участием ели и сосны леса на водосборных пространствах правобережья р. Заячьей (фото 3) часто представлены черничными и брусничными типами.

Таблица 1. Список редких и нуждающихся в охране видов сосудистых растений кластера «Научный». **Table 1.** List of rare vascular plants in need of protection within the “Nauchny” cluster.

Семейство	Название вида растения	Статус охраны
Папоротниковидные		
Dryopteridaceae	<i>Dryopteris cristata</i> (L.) A.Gray – щитовник гребенчатый	Список рекомендуемых к охране ККАО*
	<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott. – щитовник мужской	
Onocleaceae	<i>Matteucia struthiopteris</i> (L.) Todaro – страусник обыкновенный	Редкий
Ophioglossaceae	<i>Botrychium multifidum</i> (S.G. Gmel.) Rupr. – гроздовник многораздельный	
	<i>Botrychium lanceolatum</i> (S.G. Gmel.) Ångstr. – гроздовник ланцетный	ККАО
	<i>Botrychium lunaria</i> (L.) Sw. – гроздовник полулунный	Редкий
	<i>Ophioglossum vulgatum</i> L. – ужовник обыкновенный	
Голосеменные, класс хвойные		
Pinaceae	<i>Larix sibirica</i> Ledeb. (<i>L. archangelica</i> Laws.) – лиственница сибирская	Вид у западной границы ареала
Покрытосеменные, класс однодольные		
Scheuchzeriaceae	<i>Scheuchzeria palustris</i> L. – шейхцерия болотная	Редкий
Liliaceae	<i>Gagea granulosa</i> Turcz. – гусиный лук зернистый	Список рекомендуемых к охране ККАО
Convallariaceae	<i>Convallaria majalis</i> L. – ландыш майский	Редкий на периферии ареала
Orchidaceae	<i>Coeloglossum viride</i> (L.) Hartm. – пололепестник зеленый	ККАО 1995**
	<i>Cypripedium calceolus</i> L. – башмачок венерин	ККРФ***, ККАО
	<i>Dactylorhiza curvifolia</i> (Nyl.) Czer. (<i>D. traunsteineri</i> (Saut.) Soó) – пальчатокоренник Траунштейнера	ККАО
	<i>Dactylorhiza fuchsii</i> (Druce) Soó – пальчатокоренник Фукса (фото 2)	ККАО 1995
	<i>Dactylorhiza maculata</i> (L.) Soó (<i>Orchis maculata</i> L.) – пальчатокоренник пятнистый	
	<i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz – дремлик болотный	ККАО
	<i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz – дремлик широколистный	
	<i>Goodyera repens</i> (L.) R. Br. – гудайера ползучая	ККАО 1995
	<i>Gymnadenia conopsea</i> (L.) R. Br. – кокушник комариный	
<i>Gymnadenia odoratissima</i> (L.) Rich. – кокушник ароматнейший	Очень редкий	

Продолжение таблицы 1.

Семейство	Название вида растения	Статус охраны
Orchidaceae	<i>Listera ovata</i> (L.) R. Br. – тайник яйцевидный	ККАО 1995
	<i>Malaxis monophyllos</i> (L.) Sw. (сосняк) – мякотница однолистная	
Класс двудольные		
Aristolochiaceae	<i>Asarum europaeum</i> L. – копытень европейский	Список рекомендуемых к охране ККАО
Ranunculaceae	<i>Atragene speciosa</i> Weinm. (<i>A. sibirica</i> L. nom. ambig.) – княжик сибирский	Вид у западной границы ареала
	<i>Ranunculus cassubicus</i> L. – лютик кашубский	Вид у восточной границы ареала
Fumariaceae	<i>Corydalis solida</i> (L.) Clairv. – хохлатка плотная	ККАО
Leguminosae	<i>Astragalus danicus</i> Retz. – астрагал датский	Редкий
Polygalaceae	<i>Polygala comosa</i> Schkuhr. – истод хохлатый	Список рекомендуемых к охране ККАО
Tiliaceae	<i>Tilia cordata</i> Mill. – липа сердцелистная	
Violaceae	<i>Viola mirabilis</i> L. – фиалка удивительная	Редкий
	<i>Viola riviniana</i> Reichenb. – фиалка Ривиниуса	Список рекомендуемых к охране ККАО
	<i>Viola selkirkii</i> Pursh ex Goldie – фиалка Селькирка	ККАО
Thymelaeaceae	<i>Daphne mezereum</i> L. – волчегодник обыкновенный	ККАО 1995
Onagraceae	<i>Circaea alpina</i> L. – цирцея альпийская	Редкий
Pyrolaceae	<i>Chimaphilla umbellata</i> (L.) Barton – зимолоубка зонтичная	ККАО
	<i>Moneses uniflora</i> (L.) A. Gray – одноцветка крупноцветковая	Редкий
Monotropaceae	<i>Hypopitys monotropa</i> Crantz. – поддьельник обыкновенный	Список рекомендуемых к охране ККАО
Boraginaceae	<i>Pulmonaria obscura</i> Dum. – медуница неясная	ККАО 1995
Labiatae	<i>Ajuga reptans</i> L. – живучка ползучая	
Scrophulariaceae	<i>Pedicularis sceptrum-carolinum</i> L. – мытник королевский скипетр	Очень редкий
Rubiaceae	<i>Galium triflorum</i> Michx. – подмаренник трёхцветковый	Список рекомендуемых к охране ККАО
Campanulaceae	<i>Campanula latifolia</i> L. – колокольчик широколистный	ККАО

Примечания к таблице 1. Статус охраны дан по опубликованным источникам: ККАО* – Красная книга Архангельской области (2008); ККАО 1995** – Красная книга Архангельской ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2020, том 4, № 1

области (1995); ККРФ*** – Красная Книга Российской Федерации (2008).

Notes to table 1. The conservation status is according to the published sources: ККАО* – Red List of Arkhangelsk Region (Красная книга Архангельской области, 2008); ККАО 1995*** – Red List of Arkhangelsk Region (Красная книга Архангельской области, 1995); ККРФ** – Red List of Russian Federation (Красная Книга Российской Федерации, 2008).



Фото 1. Берёзово-еловый папоротниковый лес в долине р. Заячья (фото Н.Б. Леоновой).

Photo 1. Birch-fir fern forest in the valley of the Zayachya River (Photo by N.B. Leonova).

В островных местообитаниях на склонах оврагов и долин рек Заячьей, Стругницы, Межницы, Козловки произрастают мелколиственные берёзово-осиновые леса с заметным участием неморальных видов (медуница неясная, копытень европейский, фиалка удивительная (*Viola mirabilis* L.) и др.) и высокотравья. Неморальные виды, очевидно, находят в островных местообитаниях хорошие условия произрастания за счет плодородия почв, разнообразия древесного и кустарникового ярусов, отсутствия мохового покрова. Их участие не связано с площадью острова, даже в самых небольших долинных массивах они достигают максимальной доли – 30% флористического состава.

Высоким видовым разнообразием обладает островной лес на уступе террасы и крутом склоне левого берега р. Заячьей вблизи исторического родника у Заячерицкого погоста. Здесь произрастает осиново-сосново-еловый лес с хорошо развитым сомкнутым древостоем (сомкнутость крон 0.7-0.8; высота елей до 20-25 м, диаметр стволов 35-45 см). В подлеске развиты малина обыкновенная (*Rubus idaeus* L.), смородина колосистая (*Ribes spicatum* E. Robson), жимолость Палласа, встречается редкий вид – волчегородник обыкновенный (*Daphne mezereum* L.). В наземном покрове сочетаются обычные таежные виды – черника обыкновенная, брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.), костяника обыкновенная (*Rubus saxatilis* L.) и неморальные – медуница неясная, копытень европейский, адокса мускусная (*Adoxa moschatellina* L.), сочевичник весенний (*Orobuchus vernus* L.). Изредка встречается представитель орхидных – гудайера ползучая (*Goodyera repens* (L.) R. Br.; Леонова и др., 2015).



Фото 2. Пальчатокоренник Фукса (фото И. Добромыслова).
Photo 2. *Dactylorhiza fuchsia* (Photo by I. Dobromyslov).



Фото 3. Острова леса среди пашни у Заячерицкого Погоста (фото Н.Б. Леоновой).
Photo 3. Forest patches among the arable lands of Zayacheritsky Pogost (Photo by N.B. Leonova).

В долине р. Кокшеньги (Кокшеньгский субкластер) наиболее широко представлены сосняки: лишайниковые (фото 4, 5), брусничные, черничные зеленомошные на песчаных и супесчаных почвах (Леонова, Горяинова, 2017). В поймах и на террасах рек Кокшеньги, Заячьей, а также их притоков, распространены луговые сообщества, которые отличаются наибольшим видовым и ценоотическим разнообразием. Суходольные луга широко распространены на территории, что связано с высокой степенью нарушенности естественной растительности в ходе сельскохозяйственного освоения. В результате прекращения

использования сельскохозяйственных угодий в 90-х годах прошлого века на месте бывших пашен, сенокосов и пастбищ формируются луговые сообщества, постепенно зарастающие сосной, берёзой, ольхой (фото б).



Фото 4. Сосняк зеленомошно-лишайниковый на террасе р. Кокшеньги (фото Н.Б. Леоновой).
Photo 4. Pine forest with moss-lichen cover in the Kokshenga River valley (Photo by N.B. Leonova).

Большой интерес представляют сообщества осоково-сфагновых переходных болот с участием орхидных, расположенные в трудно проходимых и малопосещаемых участках пойм малых рек Заячья, Межница, Козловка и др. В этих сообществах сочетаются виды эвтрофных низинных болот (вахта трёхлистная – *Menyanthes trifoliata* L., сабельник болотный – *Comarum palustre* L.) и олиготрофных сфагновых болот (клюква болотная – *Oxycoccus palustris* Pers., волчегодник обыкновенный – *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench). В разреженном древесном ярусе преобладают сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) и берёза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.). Среди кустарников представлены бореальные виды: можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis* L.), роза иглистая (*Rosa acicularis* Lindl.), ива филиколистная (*Salix phylicifolia* L.), жимолость Палласа. Хорошо развит моховой покров, в котором преобладают виды сфагнума (*Sphagnum warnstorffii* Russow, *Sphagnum* spp.), довольно обильны зеленые мхи *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch. et. al., *Dicranum polysetum* Sw., *D. flexicaule* Brid., *Climacium dendroides* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr, *Rhizomnium pseudopunctatum* (Bruch & Schimp.) T.J. Кор., а также гипновые мхи *Calliergon cordifolium* (Hedw.) Kindb., *Drepanocladus* spp., *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwägr. Повторные описания, регулярно составляемые на двух участках переходных болот в пойме р. Заячьей в течение 1998-2018 гг., позволяют говорить об устойчивом сохранении набора диагностических видов при некоторых разногодичных изменениях флористического состава и особенно обилия видов.



Фото 5. Сосновый лес на берегу реки Кокшеньга (фото Н.Б. Леоновой).

Photo 5. Pine forest on the Kokshenga River bank (Photo by N.B. Leonova).

В целом видовое богатство этих сообществ насчитывает 97 видов сосудистых растений и 7 видов мхов. Видовая насыщенность составляет 27-35 видов на пробную площадь 20x20 м. Эколого-ценотический состав видов весьма своеобразен – здесь совместно произрастают представители восьми эколого-ценотических групп. Наиболее представительна группа бореальных видов (около 30% видового состава); влажнотравные виды составляют 22%. Олиготрофные виды обитают в одном сообществе с представителями неморальной, нитрофильной и луговой эколого-ценотических групп.

В данных сообществах постоянно встречается 9 видов семейства Orchidaceae: дремлик болотный (*Epipactis palustris* (L.) Crantz), кокушник комариный (*Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br.) и ароматнейший (*G. odoratissima* (L.) Rich.), любка двулистная (*Platanthera bifolia* (L.) Rich.), мякотница однолистная (*Malaxis monophyllos* (L.) Sw.), три вида пальчатокоренников (*Dactylorhiza maculate* (L.) Soo, *D. traunsteineri* (Saut.) Soo, *D. fuchsii* (Druce) Soo), тайник яйцевидный (*Listera ovata* (L.) R. Br.). Следует отметить, что популяции дремлика болотного, кокушника комариного, пальчатокоренника пятнистого, тайника яйцевидного достаточно многочисленны. В 2015-2016 гг. на болоте были обнаружены еще два редких представителя орхидных: венерин башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus* L.) и дремлик широколистный (*Epipactis helleborine* (L.) Crantz), в последующие годы наблюдений они также отмечались в описаниях с небольшим обилием. Три из перечисленных видов орхидей (башмачок настоящий, пальчатокоренник Траунштейнера и кокушник ароматнейший; фото 7, 8) включены в Красную книгу Российской Федерации (2008), а дремлик болотный (фото 9) – в Красную книгу Архангельской области (2008).

Богатство и своеобразие флоры сообществ переходных болот в поймах рек Межницы, Козловки и Заячьей (Заячерицкий субкластер) и разнообразие представленных в них видов

орхидных, позволяют ставить вопрос об охране этой территории. Подобное по флористическому составу переходное болото с большим количеством орхидных растений описано и в ложбине на террасе Кокшеньги (Ульяновский субкластер).



Фото 6. Окрестности Заячерицкого Погоста. Естественные зарастающие залежи (фото Н.Б. Леоновой). **Photo 6.** Natural overgrowing fallows near Zayacheritsky Pogost (Photo by N.B. Leonova).



Фото 7. Башмачок настоящий (фото И. Добромыслова).
Photo 7. *Cypripedium calceolus* (Photo by I. Dobromyslov).

В этом болотном сообществе произрастает еще один редкий для территории вид из семейства осоковых шейхцерия болотная (*Scheuchzeria palustris* L). Многие исследователи рассматривают такие болота как болота напорного питания, в том числе ключевые, своим происхождением обязанные подтоку глубинных, часто карбонатных вод. Судя по литературным источникам, они отмечены в разных районах северо-запада и севера Европейской России и везде характеризуются наличием редких видов (Блинова, 2003; Смагин, 2007).



Фото 8. Кокушник ароматнейший (фото И. Добромыслова).
Photo 9. *Gymnadenia odoratissima* (Photo by I. Dobromyslov).



Фото 9. Дремлик болотный (фото И. Добромыслова).
Photo 9. *Epipactis palustris* (Photo by I. Dobromyslov).

Необходимо отметить серьезную угрозу существованию редких и богатых по видовому разнообразию пойменных лесных и высокоотравных сообществ в долине Заячьей и Межницы (Заячерицкий субкластер; фото 10), которая возникла в 2019 г. в связи с новым этапом сельскохозяйственного освоения территории и работой агрокомплекса в д. Нагорской. В результате необдуманного расширения посевных площадей, прилегающих к деревням Становская, Заручевская и др., была ликвидирована лесная растительность по бровке долины Заячьей и Межницы. Работы проводились крайне грубо – крупные деревья (сосна, берёза, ольха, осина) были выкорчеваны экскаватором и свалены по склонам этих рек. Кустарники и наземный травяной покров уничтожены (фото 11). Очевидно, что данная деятельность ведет к развитию эрозии и смыву минеральных удобрений с сельскохозяйственных полей в пойменные комплексы. Особенную тревогу внушает возможность сохранения в таких условиях редких видов растений и редких растительных сообществ. В пойме р. Межницы непосредственно под участками нарушенных склонов находится единственное место произрастания колокольчика широколистного (*Campanula latifolia* L.; фото 12), вида, занесенного в Красную книгу Архангельской области (2008). Растение это необыкновенно редкое – единственное упоминание дано И.А. Перфильевым во «Флоре Северного края» 1934-1936 гг. для юга Вельского уезда (Шмидт, 2005). Выявленная нами популяция колокольчика широколистного входит в состав ивово-ольхового высокоотравного сообщества на прирусловом участке поймы. Популяция малочисленна и теперь находится под угрозой полного уничтожения.



Фото 10. Пойма р. Межницы (фото И. Добромыслова).

Photo 10. Floodplain of the Mezhnitsa River (Photo by I. Dobromyslov).

В составе Кокшеньгского субкластера следует отметить следующие сообщества с участием редких видов в долине р. Кокшеньги. На высокой пойме в окрестностях пионерского лагеря на правом и левом берегах в составе разнотравных лугов произрастает ландыш майский. Как уже было сказано, этот вид в описываемом районе находится на

северо-восточном пределе своего распространения и, вероятно в силу этого, занимает несвойственные ему в основной части ареала местообитания – открытые луговые сообщества с повышенной инсоляцией на богатых дерново-аллювиальных почвах в отличие от обычных для него лесных сообществ. Кроме того, ландыш был встречен и в составе разреженного осиново-берёзово-соснового леса на уступе террасы Кокшеньги южнее территории пионерлагеря. Здесь ландыш майский является доминантом наземного покрова, кроме него произрастают неморальные виды – перловник поникший (*Melica nutans* L.), воронец колосистый (*Actaea spicata* L.), живучка ползучая и типичные бореальные – черника обыкновенная, костяника обыкновенная, земляника лесная (*Fragaria vesca* L.) и др.



Фото 11. Берег р. Межницы после «сельскохозяйственных расчисток» (фото И. Добромysłова).
Photo 11. The Mezhnitza River bank after agricultural clearing (Photo by I. Dobromyslov).

В 2016 г. в окрестностях пионерского лагеря на правом берегу Кокшеньги на крутом склоне террасы к старичному понижению (р. Старая речка) южной экспозиции было выявлено сообщество сосново-осиново-берёзового леса с участием липы мелколистной. Стволы липы крупные – высотой до 20 м и диаметром в среднем 40 см. В подросте также участвует липа, высотой до 5-6 м и многочисленная молодая поросль липы высотой около 50-60 см. Сомкнутость древесного полога составляет 0.6. В подлеске участвуют рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), роза иглистая (*Rosa acicularis* Lindl.), княжик сибирский (*Atragene speciosa* Weinm.), жимолость Палласа, малина обыкновенная. Травостой довольно высокий, проективное покрытие составляет 50-60%. В нижней части склона травостой более густой и разнообразный, доминирует хвощ зимующий (*Equisetum hyemale* L.), участвуют аконит северный, вороний глаз четырехлистный (*Paris quadrifolia* L.), подмаренник северный (*Galium boreale* L.), герань лесная (*Geranium sylvaticum* L.), синюха обыкновенная (*Polemonium caeruleum* L.), папоротники – фегоптерис связывающий (*Phegopteris connectilis* (Michx.) Watt) и щитовник гребенчатый (*Dryopteris cristata* (L.) A. Gray) и др. Высокое видовое разнообразие достигается за счет смешения лесных, луговых и сегетальных

видов в довольно богатом по плодородию и благоприятном по микроклиматическим условиям местообитании. Липа мелколистная – вид широколиственных лесов – крайне редко встречается в Устьянском районе в естественных условиях и нуждается в охране.



Фото 12. Колокольчик широколистный, белоцветковая форма (фото И. Добромыслова).
Photo 12. *Campanula latifolia*, the white-flowered form (Photo by I. Dobromyslov).

Фауна и животное население кластера «Научный»

На территории кластера «Научный» к настоящему времени установлено обитание 46 видов млекопитающих и 148 видов птиц (Емельянова, 2003б, 2003в с добавлениями). Следует отметить слабую изученность терио- и орнитофауны междуречья Ваги и Северной Двины и в целом центрального сектора европейской тайги по сравнению с западным и восточным секторами (Емельянова, Брунов, 1987; Брунов, 1988).

Состав фауны кластера «Научный» определяется его положением в средней тайге Европейской России, историческими особенностями формирования биоты, достаточно высокой степенью сельскохозяйственной и лесохозяйственной освоенности территории, разнообразием ландшафтов. Соседство полей, лугов, вторичных хвойно-мелколиственных и коренных еловых лесов, островов леса по неудобьям, густых кустарниковых зарослей и лугов в пойме рек Кокшеньга и Заячья, небольших сохранившихся жилых и заброшенных деревень создает большую пестроту местообитаний на сравнительно небольшой территории и определяет общий смешанный облик фауны (фото 13).

В группе таежных видов – такие типичные «таежники», как: крошечная (*Sorex minutissimus*³) и средняя (*S. caecutiens*) бурозубки, бурый медведь (*Ursus arctos*), рысь (*Felis lynx*), лось (*Alces alces*), заяц беляк (*Lepus timidus*), белка (*Sciurus vulgaris*), красная (*Clethrionomys (Myodes) rutilus*) и рыжая (*C. (M.) glareolus*) полевки, бурундук (*Tamias sibiricus*), лесной лемминг (*Myopus schisticolor*), лесная мышовка, бородатая неясыть (*Strix*

³ Латинские названия видов животных даны по «Млекопитающим России» (2012) и работам Е.А. Коблика и В.Ю. Архипова (2014).

nebulosa), воробьиный сычик (*Glaucidium passerinum*), рябчик (*Bonasia bonasia*), глухарь (*Tetrao urogallus*), белая куропатка (*Lagopus lagopus*), желна (*Dryocopus martius*), трёхпалый дятел (*Picoides tridactylus*), клёст-еловик и клёст-сосновик (*Loxia curvirostra* и *L. pytyopsittacus*), зарянка (*Eritacus rubecula*), юрок (*Fringilla montifringilla*), крапивник (*Troglodytes troglodytes*), кукушка (*Perisoreus infaustus*), кедровка (*Nucifraga caryocatactes*).



Фото 13. Соседство разных типов местообитаний обуславливает разнообразие сообществ млекопитающих и птиц (фото А.А. Кадетовой). **Photo 13.** Combination of different biotopes determines biodiversity of mammal and avian communities (Photo by A.A. Kadetova).

Наряду с типичными таежниками из-за возникновения антропогенных местообитаний, не характерных для естественной таежной среды, а также, возможно, вследствие изменения климата, здесь обитают и сюда проникают виды южного генезиса – европейский крот (*Talpa europaea*), барсук (*Meles meles*), мыш-малютка (*Micromys minutus*), обыкновенная полевка (*Microtus arvalis obscurus*), полевая мышь (*Apodemus agrarius*), коростель (*Crex crex*), чибис (*Vanellus vanellus*), обыкновенная горлица (*Streptopelia turtur*), серая куропатка (*Perdix perdix*), перепел (*Coturnix coturnix*), иволга (*Oriolus oriolus*), обыкновенная чечевица (*Caprodacus erythrinus*), славка черноголовка (*Sylvia articapilla*). Однако господствующим типом фауны сплошных лесных массивов кластера остается таежный.

На территории природного парка проходит северная граница обитания многих видов млекопитающих и птиц. На северной периферии ареала здесь обитают птицы (ушастая сова (*Asio otus*), большой кроншнеп (*Numenius arquata*), дубонос (*Coccothraustes coccothraustes*), иволга, обыкновенный соловей (*Luscinia luscinia*), озерная чайка (*Larus canus*), перепел, серая куропатка, черный дрозд (*Turdus merula*)), млекопитающие (полевая мышь, обыкновенная полевка; амфибии – серая жаба (*Bufo bufo*)), рептилии (обыкновенная гадюка (*Vipera berus*)).

На территории кластера «Научный» установлено обитание ряда видов млекопитающих и птиц, нуждающихся в охране (табл. 2.).

Таблица 2. Редкие и охраняемые виды млекопитающих и птиц территории кластера «Научный». **Table 2.** Rare and protected species of mammals and birds in “Nauchny” cluster.

Название видов животных	Статус охраны*
Млекопитающие	
<i>Eptesicus nilssoni</i> – северный кожанок	ККАО
<i>Mustela nivalis</i> – ласка	ККАО
<i>Mustela lutreola</i> – европейская норка	Бионадзор
<i>Meles meles</i> – барсук	ККАО
<i>Lepus europaeus</i> – заяц-русак	ККАО
<i>Tamias sibiricus</i> – бурундук	МСОП
<i>Pteromys volans</i> – летяга	ККРФ
<i>Clethrionomys (Myodes) rutilus</i> – красная полевка	ВНО
Птицы	
<i>Anser erythropus</i> – пискулька (на осеннем пролете)	ККАО
<i>Cygnus cygnus</i> – лебедь-кликун (на пролете)	ККАО
<i>Pernis apivorus</i> – осоед	ККАО
<i>Falco columbarius</i> – дербник	МСОП
<i>Falco subbuteo</i> – чеглок	ККАО
<i>Perdix perdix</i> – серая куропатка	ККАО
<i>Coturnix coturnix</i> – перепел	ККАО
<i>Grus grus</i> – серый журавль	ККАО
<i>Crex crex</i> – коростель	ККАО
<i>Haematopus ostralegus</i> – кулик-сорока	ККРФ
<i>Numenius arquata</i> – большой кроншнеп	ККА
<i>Gallinago gallinago</i> – бекас	ВНО
<i>Streptopelia turtur</i> – обыкновенная горлица	ККАО
<i>Bubo bubo</i> – филин	ККАО
<i>Strix nebulosa</i> – бородатая неясыть	ККАО
<i>Glaucidium passerinum</i> – воробьиный сыч	ККАО
<i>Caprimulgus europaei</i> – обыкновенный козодой	Бионадзор
<i>Lanius excubitor</i> – серый сорокопут	ККАО
<i>Certhia familiaris</i> – обыкновенная пищуха	ККАО

Примечания к таблице 2. Статус охраны* – ВНО – виды, нуждающиеся в охране на территории Устьянского района Архангельской области, их численность сократилась в связи нарушением их местообитаний промышленными вырубками; ККРФ – виды, внесенные в «Красную книгу Российской Федерации» (2001); ККАО – виды, внесенные в «Красную книгу Архангельской области» (2008); Бионадзор – виды, внесенные в «Красную книгу Архангельской области» (2008) для ведения бионадзора на территории Архангельской области; МСОП – виды, внесенные в Красный список МСОП (Baillie, Groombridge, 1996;

Temple, Terry, 2007; European Red List of birds, 2015). **Notes to table 2.** Conservation status* – ВНО – species in need of conservation on the territory of Ustyansky District of Arkhangelsk Region, their number has reduced due to the industrial logging which disturbed their habitat; ККРФ – species on the Red List of Russian Federation (Красная книга Российской Федерации, 2001); ККАО – species on the Red List of Arkhangelsk Region (Красная книга Архангельской области, 2008); Бионадзор – species registered in the Red List of Arkhangelsk Region (Красная книга Архангельской области, 2008) for the biological control in the territory of Arkhangelsk Region; МСОП – the Red List of International Union for Conservation of Nature (Baillie, Groombridge, 1996; Temple, Terry, 2007; European Red ..., 2015).

Характерными представителями доминирующих по площади вторичных лесов субкластера «Заячерицкий» являются обыкновенная (*Sorex araneus*) и малая (*S. minutus*) буроzubки, белка, рыжая полевка, лесная мышовка (*Sicista betulina*), канюк (*Buteo buteo*), рябчик, вяхирь (*Columba palumbus*), большой пестрый дятел (*Dentrocopus major*), буроголовая гаичка, или пухляк (*Parus montanus*), большая синица (*P. major*), пеночка весничка (*Phylloscopus trochilus*), лесной конек (*Anthus trivialis*), зарянка, зяблик (*Fringilla coelebs*). В массивах разновозрастных вторичных лесов, перемежающихся с вырубками, обычна рысь. Ежегодно отмечаются следы лося и бурого медведя. По перелескам довольно обычен тетерев (*Lyrurus tetrix*). Популяция бурундука (*Tamias sibiricus*) представлена на территории двух кластеров (фото 14). Предпочитаемые местообитания бурундука – захлапленные долинныe леса, залесенные овраги, завалы поваленных деревьев на вырубках.



Фото 14. Бурундук в мелколиственном лесу близ д. Заячерицкий Погост (фото А.А. Емельянова). **Photo 14.** A Siberian chipmunk in a small-leaved forest near Zayacheritsky Pogost (photo by A.A. Emelyanov).

В островках леса и кустарниковых зарослях по неудобьям среди полей (ложбинам стока, у скоплений моренных валунов, вдоль проселочных дорог) довольно обычны обыкновенная

и малая бурозубки, рыжая и обыкновенная полевки, полевая мышь, серая славка (*Sylvia communis*), обыкновенная овсянка (*Emberiza citrinella*), пеночка весничка, чибис, луговой чекан (*Saxicola rubetra*), редка ушастая сова. На полях и лугах с «островами» леса обычна лисица (*Vulpes vulpes*). По обширным открытым местообитаниям (луга, поля), граничащим с лесом, обычна болотная сова (*Asio flammeus*; фото 15).



Фото 15. Болотная сова с добычей над лугами близ дер. Заячерицкий Погост (фото А.А. Кадетовой). **Photo 15.** A short-eared owl with its prey near Zayacheritsky Pogost (Photo by A.A. Kadetova).

Коренные ельники сохранились небольшими массивами в удаленных от поселков труднодоступных местах – в основном в верховьях р. Заячьей. Они занимают в настоящее время незначительные площади. Только в таких лесах обитают редкие для территории виды – крошечная бурозубка (*S. minutissimus*), лесной лемминг, красная и красно-серая полевки, летяга, воробьиный сыч. Из-за сплошных вырубок коренных и приспевающих лесов численность летяги и белки на территории субкластера «Заячерицкий» очень низкая (фото 16).

В окрестностях Устьянской научной станции с высокой плотностью гнездится большой кроншнеп (*Numenius arquata*) – самый крупный кулик нашей фауны, вид, занесенный в «Красную книгу Российской Федерации» (2001). Большой кроншнеп (фото 17) заселяет устьевые части притоков Заячьей – ручьев Козловка, Стругница, Межница, Мозголиха, граничащие с суходольными лугами по склонам холмов.

На верховом болоте Заячьей Чисть гнездится серый журавль (*Grus grus*). В середине лета этот вид неоднократно отмечался по ручью Стругница.

На территории субкластера «Кокшеньгский» важно отметить высокую численность и другого охраняемого вида – кулика-сороки (*Haematopus ostralegus*). Кулик-сорока ежегодно гнездится на песчаных отмелях р. Кокшеньга (близ дд. Матвеевская, Скочевская, Моисеевская). На Кокшеньге обычны малый зук (*Charadrius dubius*), сизая чайка (*Larus canus*; фото 18), речная крачка (*Sterna hirundo*), а по обрывистым берегам встречаются большие (до 80-100 нор) колонии ласточки-береговушки.

Выводы

1. В системе Устьянского природного парка, создание которого планируется в междуречье рек Ваги и Северной Двины, по степени изученности природных условий, в первую очередь регионального биоразнообразия, выделяется кластер «Научный».



Фото 16. Белка в настоящее время обычна в долинных лесах р. Кокшеньга, которые пока еще имеют охранный статус (фото А.А. Тверского). **Photo 16.** The Eurasian red squirrel is common in the Kokshenga valley forests, which have not acquired a conservation status yet (photo by A.A. Tverskoy).



Фото 17. Популяция большого кроншнепа близ д. Заячерицкий Погост – одна из самых многочисленных в междуречье Ваги и Северной Двины (фото А.А. Тверского). **Photo 17.** The Eurasian curlew population near Zayacheritsky Pogost is one of the largest between the Vaga and the Northern Dvina Rivers (Photo by A.A. Tverskoy).

Кластер представлен двумя субкластерами. Субкластер «Заячерецкий» расположен в долине небольшой реки Заячья, для этой территории характерны экосистемы моренно-эрозионного ландшафта. Субкластер «Кокшеньгский» расположен в среднем течении реки Кокшеньга, на его территории представлены экосистемы долины крупной реки, одной из самых чистых рек Европейской части России. Многолетний опыт исследования биоты был накоплен при проведении полевых исследований во время летних учебно-научных практик студентов географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, студентов географического факультета университета Британской Колумбии (Канада), во время зимних маршрутных учетов.

2. Территория кластера «Научный» представляет высокую ценность как с ботанико-географической, так и с зоогеографической точек зрения.

3. На территории кластера выявлено 43 редких и нуждающихся в охране вида сосудистых растений (из них 7 видов папоротникообразных, 1 вид – представитель голосеменных, 35 видов покрытосеменных – 15 однодольных и 20 двудольных растений). Они включены в «Красную книгу Архангельской области» (2008) либо рекомендованы к охране.



Фото 18. В таких необычных местах сизая чайка (*Larus canus*) довольно редко устраивает свое гнездо, однако на старом здании в дер. Заячерицкий Погост она гнездится ежегодно (наблюдалась нами около десяти лет; фото А.А. Емельянова). **Photo 18.** The common gull (*Larus canus*) rarely nests in such unusual places. However, it has been nesting on an old building in Zayacheritsky Pogost for almost 10 years (Photo by A.A. Emelyanov).

4. На территории кластера встречаются виды растений, находящиеся у границ своих ареалов – северной, восточной и западной, что является значимым фактором включения данной территории в список ООПТ, поскольку изучение видов, находящихся на окраине своих ареалов, представляет огромный интерес с научной точки зрения.

5. Несмотря на то, что в ходе интенсивного сельскохозяйственного освоения большая часть зональных растительных сообществ, типичных для средней тайги, в настоящее время сильно нарушена, на территории кластера «Научный» сохранился ряд слабонарушенных

редких сообществ, имеющих высокую природоохранную ценность. К ним относятся: 1) осоково-сфагновые переходные болота в поймах притоков р. Заячьей с участием большого числа видов семейства орхидных, в том числе включенных в «Красную книгу Российской Федерации» (2008) и «Красную книгу Архангельской области» (1995, 2008); 2) лесные сообщества в долине р. Кокшеньги с участием липы мелколистной – вида широколиственных лесов, крайне редко встречающегося в Устьянском районе в естественных условиях и нуждающегося в охране; 3) сообщества в долине р. Кокшеньги с участием ландыша майского – вида, находящегося на северо-восточном пределе своего ареала; 4) островные мелколиственные берёзово-осиновые леса с участием неморальных видов растений, характеризующиеся высоким ботаническим разнообразием и сохраняющиеся на неудобьях среди распаханых массивов территории; 5) коренные островные слабонарушенные ельники черничные зеленомошные и долгомошные, практически исчезнувшие в средней тайге в настоящее время.

6. Серьезную угрозу существованию редких и богатых по видовому разнообразию пойменных лесных и высокотравных сообществ в долине р. Заячья представляет деятельность агрокомплекса в д. Нагорской. В последние годы масштабное загрязнение реки Заячья, впадающих в нее ручьев и огромной водосборной территории жидкими и твердыми отходами этого агрокомплекса угрожает существованию редких природных экосистем и охраняемых видов растений и животных.

7. Териофауна сплошных лесных массивов на территории кластера «Научный» сохраняет преимущественно таежный аспект с незначительным участием видов южного происхождения. Виды птиц и млекопитающих южного происхождения занимают ведущие позиции на кратковременных сукцессионных стадиях после вырубki лесов, на зарастающих сельскохозяйственных угодьях.

8. Особое внимание при планировании охраняемых территорий следует обратить на охрану редких видов и их местообитаний – большого кроншнепа, кулика-сороки, белки-летяги.

9. Необходимо дать высокий статус охраны редким сохранившимся экосистемам, имеющим высокую природоохранную ценность. К ним относятся: 1) уникальные массивы коренных ельников и приспевающих лесов в верхнем течении реки Заячья, служащие местообитанием целого ряда видов редких видов млекопитающих и птиц (рыси, филина, воробьиного сычика, белки-летяги) и обеспечивающих успешное возобновление хвойных пород на вырубках и гарях; 2) долинные высокобонитетные леса реки Кокшеньга; 3) островные леса среди распаханых массивов субкластера «Заячерицкий» как сохранившиеся местообитания с высоким фаунистическим разнообразием.

10. Из 46 видов млекопитающих на территории кластера «Научный» 8 видов – редкие и охраняемые, из 148 видов птиц к этой категории относится 19. На территории кластера обитают виды животных, находящиеся у границ своих ареалов. Всё это является значимым фактором для включения данной территории в список особо охраняемых природных территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Блинова И.В. 2003. Онтогенетическая структура и динамика популяций *Cypripedium calceolus* (Orchidaceae) в разных частях ареала вида // Ботанический журнал. Т. 88. № 6. С. 36-47.
- Брунов В.В. 1988. Библиографический и адресный кадастр работ по населению птиц СССР. М.: Наука. 116 с.
- Булатова Н.Ш., Голенищев Ф.Н., Ковальская Ю.М., Емельянова Л.Г., Быстракова Н.В., Павлова С.В., Наджафова Р.С., Лавренченко Л.А. 2010. Цитогенетическое изучение

- парапатрической зоны контакта двух 46 хромосомных форм обыкновенной полевки в Европейской России // Генетика. Т. 46. № 4. С. 502-508.
- Горбунова И.А., Емельянова Л.Г., Леонова Н.Б. 2014. Учебная почвенно-биогеографическая практика в средней тайге. М.: Географический факультет МГУ. 156 с.
- Емельянова Л.Г. 2003а. Конспект фауны млекопитающих // Флора и фауна тайги Архангельской области (междуречье Устьи и Кокшеньги). М. С. 52-60.
- Емельянова Л.Г. 2003б. Восстановленное и актуальное видовое разнообразие млекопитающих центрального сектора европейской тайги // Биогеография. Вып. 16. М.: Русское Географическое общество. С. 10-20.
- Емельянова Л.Г. 2003в. Фауна млекопитающих // Флора и фауна средней тайги Архангельской области (междуречье Устьи и Кокшеньги). М.: Географический факультет МГУ. С. 42-47.
- Емельянова Л.Г. 2003г. Фауна птиц // Флора и фауна средней тайги Архангельской области (междуречье Устьи и Кокшеньги). М.: Географический факультет МГУ. С. 48-59.
- Емельянова Л.Г., Брунов В.В. 1987. Кадастровые карты по населению млекопитающих и птиц. М.: Изд-во Московского ун-та. 95 с.
- Емельянова Л.Г., Горяинова И.Н., Леонова Н.Б. 2014. Виды растений и животных южного происхождения в междуречье Ваги и Северной Двины // Вестник САФУ. Серия: Естественные науки. № 2. С.12-22.
- Емельянова Л.Г., Горяинова И.Н., Мяло Е.Г. 1999. Жизнь тайги. Экологические экскурсии в Устьянском районе Архангельской области. М.-Архангельск. 163 с.
- Емельянова Л.Г., Немчинова А.В., Хорошев А.В., Зайцев В.А., Кулясова А.А., Емельянов А.А., Оботуров А.С. 2019. Задачи и ландшафтно-биогеографические предпосылки создания природного парка «Устьянский» (средняя тайга Архангельской области). Ч. 1. Природные условия и обоснование создания природного парка // Экосистемы: экология и динамика. Т. 3. № 2. С. 155-207 (доступно по ссылке <http://www.ecosystemsdynamic.ru>).
- Емельянова Л.Г., Хорошев А.В., Гаврилова И.П., Мяло Е.Г., Горбунова И.А. 2001. Устьянская (Архангельская) учебно-научная станция // Учебно-научные станции ВУЗов России. М.: Географический факультет МГУ. С. 257-283.
- Коблик Е.А., Архипов В.Ю. 2014. Фауна птиц стран Северной Евразии в границах бывшего СССР: списки видов. М.: Товарищество научных изданий КМК. 171 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). 2008. М.: Товарищество научных изданий КМК. 855 с.
- Красная книга Российской Федерации. Животные. 2001. М.: АСТ Астрель. 862 с.
- Красная книга Архангельской области. 2008. Архангельск: Комитет по экологии Архангельской области. 351 с.
- Красная книга Архангельской области: редкие и охраняемые виды растений и животных. 1995. Архангельск: Комитет по окружающей среде Архангельской области. 330 с.
- Леонова Н.Б., Горяинова И.Н. 2017. Фиторазнообразие лесных сообществ в ландшафтах средней тайги Европейской России // Proceedings of International Conference “Landscape Dimensions of Sustainable Development: Science – Planning – Governance”. Ivane Javakhishvili Tbilisi State University. Tbilisi, Georgia. С. 159-167.
- Леонова Н.Б., Горяинова И.Н., Мухин Г.Д. 2015. Фиторазнообразие островных лесов в агроландшафте юга Архангельской области // Вестник САФУ. Серия Естественные науки. № 3. С. 40-51.
- Мяло Е.Г. 2003. Характеристика района исследований // Флора и фауна средней тайги Архангельской области (междуречье Устьи и Кокшеньги). М.: Географический факультет МГУ. С. 5-10.
- Млекопитающие России. Систематико-географический справочник. 2012 /

- Ред. И.Я. Павлинов, А.А. Лисовский. М.: Товарищество научных изданий КМК. 604 с.
- Смагин В.А. 2007. Растительность союза *Bistorta-Caricion diandrae* all. nov. на болотах таёжной зоны европейской части России // Ботанический журнал. Т. 92. № 9. С. 1340-1365.
- Шмидт В.М. 2005. Флора Архангельской области. СПб: Изд-во Спб. ун-та. 345 с.
- Baillie J., Groombridge B. 1996. IUCN Red List of Threatened Animals. 368 p.
- ИВА. 2019 [Электронный ресурс <http://www.birdlife.org> (дата обращения 10.01.2020)].
- European Red List of Birds. 2015. Luxembourg. 67 p.
- Temple H., Terry A. 2007. The status and distribution of European mammals. Luxembourg. 45 p.

UDC: 502.172

**OBJECTIVES AND LANDSCAPE-BIOGEOGRAPHIC BACKGROUND
OF THE USTYANSKY NATURE PARK (ARKHANGELSK OBLAST, MIDDLE TAIGA)
PART 2. BIODIVERSITY OF THE “NAUCHNY” CLUSTER
OF THE USTYANSKY NATURE PARK⁴**

© 2020. L.G. Emelyanova, N.B. Leonova, A.S. Oboturov

*M.V. Lomonosov Moscow State University
Russia, 119991, Moscow, Leninskiye Gory, 1. E-mail: biosever@yandex.ru*

Received January 24, 2020. After revision February 08, 2020. Accepted February 20, 2020.

The “Nauchny” cluster projected within the framework of the Ustyansky Nature Park in the south of Archangelsk Oblast has an important significance for study and conservation of the European middle taiga biota. The paper presents the results of the flora and fauna study in the cluster. The cluster territory is located within two middle taiga landscapes in the interfluvium area of the Vaga and Northern Dvina rivers. Thus, two subclusters were proposed: Zayacheritsky and Kokshengsky. The first subcluster presents the biota of moraine gently sloping plain; the second one includes the valley ecosystems of the large northern river named Kokshenga. The paper concerns the data on protected plants and animals’ species populations. Flora, theriofauna and ornithofauna, as well as peculiarities of biota spatial organization are well studied during many years of research and student training conducted by the Geography faculty of M.V. Lomonosov Moscow State University. This experience represents the basis for different environmental educational programs and for specially protected natural areas forming.

Keywords: middle taiga, European part of Russia, Ustyansky Nature Park, “Nauchny” cluster, flora, theriofauna, ornithofauna, rare species.

DOI: 10.24411/2542-2006-2020-10056

Conclusions

1. The “Nauchny” Cluster is distinguished by the degree of knowledge of natural conditions and primarily regional biodiversity within the framework of the Ustyansky Natural Park, which creation is planned in the watershed basin of the Vaga and Severnaya Dvina rivers. The cluster is represented by two subclusters. The subcluster Zayacheritsky is located in the valley of the small river named Zayachya. This territory is characterized by moraine-erosion landscape ecosystems, various as in biogeographic aspect. The Kokshengsky subcluster is located in the middle reaches of the Kokshenga River, one of the cleanest rivers in the European part of Russia. Here the ecosystems of the large river valley are dominating. A well-developed system of segmented meadow-shrub floodplains is presented here, accompanied by bayou lakes and pine forest terraces and spruce forests over watershed area. Many years of experience in the study of the cluster biota was accumulated during field studies and summer scientific trainings of students from the

⁴ The first part of the article is available in Vol. 3, No. 2 of “Ecosystems: Ecology and Dynamics” and can be found there [<http://ecosystemsdynamic.ru/wp-content/uploads/2019/06/All-Number-EED-No2-2019-P-1-250.pdf>].

Faculties of Geography of M.V. Lomonosov Moscow State University and University of British Columbia (Canada), as well as during winter route accounting.

2. The territory of the “Nauchny” Cluster is of high botanical-geographical and zoogeographic value.

3. Its total flora species richness is about 500 species of vascular plants. Among them, 43 are rare and in need of protection were identified within the cluster area (including 7 species of ferns, 1 gymnosperm, 35 angiosperms: 15 monocotyledonous and 20 dicotyledonous plants). These plants are included into the “Red List of Arkhangelsk Oblast” (2008) or recommended for protection. Some plant species of the cluster are located at the northern, eastern and western borders of their areas. This phenomenon is a significant factor for inclusion of the territory into the list of special protected natural sites, because the study of the borderline species is of great biogeographical interest.

4. Despite the fact that during intensive agricultural development most of the zonal vegetation communities, common for the middle taiga, have been severely disturbed, some of the rare communities stayed undisturbed within the cluster. Now they are of a great nature conservation value. These communities are as follows: 1) sedge-sphagnum transitory bogs in the floodplains of the Zayachya river tributaries; with many orchids species, including the ones from the “Red List of the Russian Federation” (2008) and “Red List of Arkhangelsk Oblast”; 2) forest communities with linden (*Tilia cordata* L.) in the Kokshenga river valley, because linden is a common species for broad-leaved forests, it is extremely rare in the natural habitats of the Ustyansky region and in need of protection; 3) vegetation communities with May lily (*Convallaria majalis* L.) in the Kokshenga river valley, the lily growing along the north-eastern border of its area; 4) patches of small-leaved birch-aspens forests with nemoral species and high botanical diversity; these communities keep growing on the sites, unsuitable for plowing, among agricultural lands; 5) patches of native intact spruce forests (with bilberry, green moss and haircap moss), almost gone from the middle taiga nowadays.

5. There are 46 mammals' species within the “Nauchny” cluster, among which 8 species are rare and protected, registered in the “Red List of the Russian Federation” (2001) and “Red List of Arkhangelsk Oblast” (2005, 2008). There also 148 birds' species within this territory, among which 19 are of the same status. Some of the animals are as follows: Eurasian curlew, continental population of oyster catcher, European mink, flying squirrel. The conservation of these species and their habitats demands special attention and planning of special protected natural areas.

6. The fauna of birds and mammals of continuous forested areas within the territory of the cluster preserves mainly the taiga aspect with insignificant participation of southern origin species. There are animal species located at the borders of their areas. Birds and mammals species of southern origin occupy leading positions in the short-term succession stages after deforestation, in the overgrown agricultural lands.

7. Rare ecosystems of high nature conservation value, due to their unique composition of mammals and birds population, are in an urgent need of high conservation status. These ecosystems are as follows: 1) unique virgin spruce massifs and old forests in the upper reaches of the Zayachya river, serving as habitats for some rare mammals and birds (such as lynx, owl, gnome owl, wood grouse and flying squirrel); these forests supply successful reforestation within clearings and burned areas; 2) high-boniteit forests in the Kokshenga river valley; 3) patches of forests serving as habitats with high faunistic diversity; they are preserved among agricultural lands of the Zayacheritzky subcluster; 4) high bog Zayachya Chist and ecotone ecosystems along its periphery, serving as habitats for common crane, wood grouse and as resting sites for numerous flocks of brants, goose and swans during their spring and summer migrations.

8. A serious threat to the existence of rare and rich with species floodplain forests and tall grass communities in the valley of the Zayachya river are the activities of the agricultural complex in the Nagorskaya village. In the recent years, large-scale pollution of the Zayachya river and its tributaries, caused by the liquid and solid wastes of this complex, is threatening the conservation of the rare natural ecosystems and protected species of plants and animals.

9. The cluster is an important permanent station for the study and monitoring of middle taiga ecosystems, their regional biodiversity and impact of modern climate transformation on the biotic components of the landscape. There are currently no such scientific stations with a long period of comprehensive scientific biogeographic and landscape research in the central sector of the European taiga. There are no natural protected areas here as well.

10. Out of 46 species of mammals in the territory of the cluster 8 species are rare and in need of

protection; out of 148 bird species there are 19 rare species in need of protection. There are animal species that live at along the borderline of their areas. Thus, it is a significant factor for inclusion of this area into the list of specially protected natural territories.