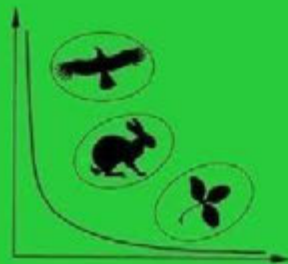


Том
Volume **6**

Номер
Number **2**

Июнь
June

2022



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

2022

WATER PROBLEMS INSTITUTE
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

**ECOSYSTEMS:
ECOLOGY AND DYNAMICS**

Vol. 6, No. 2, 2022, June

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

2022

ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА

Том 6, № 2, 2022, июнь

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

2022

© 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 6, номер 2, 2022 июнь

ИСТОРИЯ НАУКИ

Вехи творческого пути Е.И. Панковой в исследовании засоленных почв
[на русском; аннотация на русском и английском]

И.А. Ямнова

5-71

МЕТОДЫ ПОДДЕРЖАНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Комплексная методика оценки защищенности и уязвимости грунтовых и
напорных подземных вод от различных загрязняющих веществ и ее
апробация на части территории Калужской области в зоне радиоактивного
следа от аварии на ЧАЭС
[на русском; аннотация на русском и английском]

А.П. Белоусова, Е.Э. Руденко

72-98

Integrated Methodology for Assessing the Protection Degree of Ground
and Confined Subterranean Water from Different Pollutants as Well as
Their Vulnerability to Pollution and Its Application in the Kaluga Region
in the Radioactive Trace from the Accident at the Chernobyl NPP [на
английском; аннотация на английском и русском]

A.P. Belousova, E.E. Rudenko

99-122

Международный научный проект по трансграничным рекам
«Экологический сток – основа сохранения экологической системы»
[на русском; аннотация на русском и английском]

В.Г. Дубинина

123-133

The International Scientific Project on Environmental Flow as the Basis for
Ecosystem Conservation
[на английском; аннотация на английском и русском]

V.G. Dubinina

134-144

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Влияние изменения высоты над уровнем моря на морфометрическую
изменчивость сосны черной в Черногории
[на русском; аннотация на русском и английском]

С.О. Король, Т.О. Король, Е.И. Голубева

145-163

How Does Elevation above Sea Level Affect the Morphometric Growth of
Pinus Nigra in Montenegro
[на английском; аннотация на английском и русском]

S.O. Korol, T.O. Korol, E.I. Golubeva

164-181

CONTENTS

Volume 6, Number 2, 2022 June

HISTORY OF SCIENCE

Milestones of E.I. Pankova's Research of Salt Soils
[in Russian; Abstract is available in Russian and English]

I.A. Yamnova

5-71

METHODS OF SUSTENANCE AND RESERVATION OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

Integrated Methodology for Assessing the Protection Degree of Ground and Confined Subterranean Water from Different Pollutants as Well as Their Vulnerability to Pollution and Its Application in the Kaluga Region in the Radioactive Trace from the Accident at the Chernobyl NPP
[in Russian; Abstract is available in Russian and English]

A.P. Belousova, E.E. Rudenko

72-98

Integrated Methodology for Assessing the Protection Degree of Ground and Confined Subterranean Water from Different Pollutants as Well as Their Vulnerability to Pollution and Its Application in the Kaluga Region in the Radioactive Trace from the Accident at the Chernobyl NPP
[in English; Abstract is available in English and Russian]

A.P. Belousova, E.E. Rudenko

99-122

The International Scientific Project on Environmental Flow as the Basis for Ecosystem Conservation
[in Russian; Abstract is available in Russian and English]

V.G. Dubinina

123-133

The International Scientific Project on Environmental Flow as the Basis for Ecosystem Conservation
[in English; Abstract is available in English and Russian]

V.G. Dubinina

134-144

DYNAMICS OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

How Does Elevation above Sea Level Affect the Morphometric Growth of *Pinus Nigra* in Montenegro
[in Russian; Abstract is available in Russian and English]

S.O. Korol, T.O. Korol, E.I. Golubeva

145-163

How Does Elevation above Sea Level Affect the Morphometric Growth of *Pinus Nigra* in Montenegro
[in English; Abstract is available in English and Russian]

S.O. Korol, T.O. Korol, E.I. Golubeva

164-181

УДК 631.48

ВЕХИ ТВОРЧЕСКОГО ПУТИ Е.И. ПАНКОВОЙ В ИССЛЕДОВАНИИ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ

*К 90-летнему юбилею
выдающегося почвовед-географа
Евгении Ивановны Панковой*

© 2022 г. И.А. Ямнова

*Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»
Россия, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7. E-mail: irinayamnova@mail.ru*

Поступила в редакцию 20.05.2022. После доработки 22.05.2022. Принята к публикации 22.05.2022.



Статья посвящена творческому пути почвовед-географа Евгении Ивановны Панковой, всю жизнь изучавшей вопросы генезиса, географии и эволюции засоленных почв. Она окончила географический факультета МГУ, ее научным руководителем стала М.А. Глазовская, привившая любовь к аридным почвам. Проработав 6 лет в институте Гипроводхоз, Е.И. Панкова получила неоценимый опыт в области мелиоративного почвоведения в экспедициях в Восточную Сибирь, в Молдавию, Азербайджан, Монголию. После окончания аспирантуры и защиты кандидатской диссертации с 1964 года по настоящее время Евгения Ивановна работает в отделе генезиса и мелиорации засоленных почв Почвенного института им. В.В. Докучаева.

Е.И. Панкова является ведущим ученым Почвенного института, в течение многих лет разрабатывающим приоритетные направления почвоведения, связанные с изучением географии, генезиса, картографии и классификации засоленных почв аридных территорий России, а также стран Центральной и Средней Азии, Монголии и Китая. Одним из важных открытий докторской диссертации Е.И. Панковой был вывод о проявлении и неизбежности процесса соленакопления в гидроморфных ландшафтах аридных территорий, особенно при орошении. Результатом союза с Н.И. Базилевич явились широко используемые в научных и практических целях методические руководства по учету засоленных почв и карты типов химизма засоления почв. Е.И. Панкова является одним из основоположников направления, связанного с применением дистанционных методов изучения засоления почв. Большой вклад внесла Е.И. Панкова в изучение антропогенного влияния на географию, генезис и эволюцию засоленных почв. Е.И. Панкова является автором и ответственным редактором первого крупного обобщения в области засоления почв России – монографии «Засоленные почвы России». Научная деятельность Е.И. Панковой признана во всем мире, она является членом Международного общества почвоведов, а также членом Европейского общества охраны почв. Е.И. Панкова является создателем научной школы по изучению и картографированию засоленных почв. Ею опубликовано более 300 работ, в том числе 7 монографий.

Ключевые слова: почвовед, Е.И. Панкова, засоленные почвы, путь в науке.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-2-5-71

EDN: BWNKHV

22 мая 2022 года талантливому почвоведу-географу, исследователю засоленных почв и замечательному человеку Евгении Ивановне Панковой исполняется 90 лет.

Она родилась в г. Волгограде в семье инженера-строителя – руководителя крупных заводов, мама занималась воспитанием троих дочерей. Любовь и уважение,

взаимопонимание и доброжелательность, умение радоваться успехам других людей и сопереживать их невзгодам, стремление всегда и во всем помогать людям – эти благородные черты родителей Евгения Ивановна унаследовала в полной мере.

Обладая открытым, ярким, доброжелательным характером и будучи творческим, глубоко порядочным человеком, Евгения Ивановна всегда была в центре коллектива, а ее высокий профессионализм, любовь к науке и неиссякаемая энергия заслужили уважение коллег разного возраста.

Евгения Ивановна окончила кафедру географии почв и геохимии ландшафтов географического факультета МГУ в 1955 году. Руководителем курсовой и дипломной работ, а позже кандидатской диссертации, стала Мария Альфредовна Глазовская. Евгения Ивановна считает М.А. Глазовскую своим первым учителем, привившим любовь к аридным почвам, которыми она занималась всю жизнь, а также страсть к путешествиям – экспедициям. Еще учась в МГУ, Евгения Ивановна была в экспедициях в Прикаспии, в Восточной Сибири, в Средней Азии (фото 1-3).



Фото 1. Е.И. Панкова с И.С. Михайловым на субботнике, на фоне строящегося здания МГУ, 1953 г. **Photo 1.** E.I. Pankova and I.S. Mikhailov on a community work day in 1953; the Moscow State University building under construction can be seen behind them.

Свою трудовую деятельность Е.И. Панкова начала в отделе изысканий института Гипроводхоз МСХ СССР, где проработала с 1955 по 1961 год под руководством замечательного почвоведом Бориса Александровича Калачева, которого она считает своим вторым учителем в области мелиоративного почвоведения. Экспедиции Е.И. Панковой в район строительства Братской ГЭС, в Молдавию, Азербайджан, Монголию способствовали развитию творческого интереса к изучению генезиса, географии и мелиорации почв. А Монголия, ее своеобразные природные условия и почвы стали любовью Евгении Ивановны на всю жизнь. Работа в Гипроводхозе убедила Е.И. Панкову в том, что полученные разработки имеют большое значение тогда, когда они востребованы производителями. И в своей научной деятельности она всегда была верна этому принципу, помогая мелиораторам в мелиоративном строительстве.



Фото 2. В экспедиции в Средней Азии, 1954 г.
Photo 2. On the expedition to Central Asia, 1954.



Фото 3. Е.И. Панкова в первой экспедиции в Восточную Сибирь, 1956 г.
Photo 3. E.I. Pankova on her first expedition to Eastern Siberia, 1956.

В 1965 г. Е.И. Панкова окончила аспирантуру географического факультета МГУ и защитила кандидатскую диссертацию по теме «Каштановые почвы Монголии, их генезис и мелиоративные свойства» (Каштановые ..., 1965).

После окончания аспирантуры Географического факультета МГУ с 1964 года по настоящее время Евгения Ивановна работает в отделе генезиса и мелиорации засоленных почв Почвенного института им. В.В. Докучаева. Е.И. Панкова является ведущим ученым Почвенного института, в течение многих лет разрабатывающим приоритетные направления почвоведения, связанные с изучением географии, генезиса, картографии и классификации засоленных почв аридных территорий России, а также стран Центральной и Средней Азии, Монголии и Китая.

По словам самой Евгении Ивановны, Средняя Азия была главным объектом ее работ. Но жизнь сложилась так, что одновременно с работами в Средней Азии она работала и в Советско-(Российской)-Монгольской комплексной биологической экспедиции (СМКБЭ-СРМКБЭ; фото 4-6).



Фото 4. Е.И. Панкова в экспедиции в Восточной Монголии, 1960 г.

Photo 4. E.I. Pankova on an expedition to Eastern Mongolia, 1960.

Во время работ в оазисе Эхийн-Гол Монголии ею была впервые составлена детальная почвенная карта оазиса, а позднее в 2019 г. написана совместно П.Д. Гуниным и Д.Л. Головановым монография, в которой впервые дана детальная характеристика почв оазиса Эхийн-Гол. В 2019 году Российско-монгольской экспедицией был опубликован атлас «Экосистемы Монголии», одним из авторов которого является Е.И. Панкова.

Многолетние исследования генезиса, географии и мелиорации засоленных почв Монголии и Средней Азии легли в основу ее докторской диссертации «Засоленные почвы аридных территорий и методы их дистанционного изучения в целях мониторинга», которую она защитила в 1989 году, а также монографии «Генезис засоленных почв пустынь» (1992).

В этих работах дан глубокий анализ процессам соленакопления в автоморфных и гидроморфных почвах пустынь Средней Азии и Монголии. Установлено, что проблемы генезиса почв южных районов во многом определяются историей развития региона и засоленностью почвообразующих пород, а континентальность климата снижает активность выветривания, почвообразования и соленакопления. Одним из важных открытий был вывод о проявлении и неизбежности процесса соленакопления в гидроморфных ландшафтах аридных территорий, что особенно ярко проявляется при условии создания гидроморфного режима почв при орошении.



Фото 5. Е.И. Панкова в экспедиции в Голодной степи (Узбекистан), 1967 г.
Photo 5. E.I. Pankova on an expedition to the Mirzacho'l Steppe (Uzbekistan), 1967.

Поистине благотворным был творческий союз и дружба Е.И. Панковой с известным ученым Наталией Ивановной Базилевич (фото 7), которую Евгения Ивановна считает своим третьим учителем. Результатом этого союза явились интересные исследования и широко используемые в научных и практических целях работы: «Методические указания по учету засоленных почв» (Базилевич, Панкова, 1968а, 1968б) и «Карта типов химизма засоления почв СССР» (1976).

Е.И. Панкова является одним из основоположников направления, связанного с применением дистанционных методов изучения засоления почв. Ею впервые были заложены основы дистанционного мониторинга засоления орошаемых почв аридных регионов. Впервые была разработана методика дистанционной оценки засоления орошаемых почв по состоянию (выпадам) хлопчатника. Руководителем этой темы была Е.И. Панкова (фото 8). Эта тема разрабатывалась впервые для орошаемых почв Средней Азии. В итоге была создана и опубликована методика по дистанционной оценке состояния полей хлопчатника (Панкова, Мазиков, 1975, 1976, 1985; Панкова и др., 1978).

Позже исследования по картографированию и оценке засоления орошаемых почв с учетом структуры почвенного покрова на основе анализа аэро- и космических снимков были продолжены Е.И. Панковой в соавторстве с Д.А. Соловьевым, а результаты были опубликованы в монографии «Дистанционный мониторинг орошаемых почв» (1993), а также в работах: «Методические рекомендации по использованию аэрофотосъемки для оценки



Фото 6. Е.И. Панкова в экспедиции в пустыне Гоби (Монголия), 1978 г.
Photo 6. E.I. Pankova on an expedition to the Gobi Desert (Mongolia), 1978.



Фото 7. Евгения Ивановна Панкова (третья слева) с Натальей Ивановной Базилевич (вторая слева) на конференции в Каире (Египет), 1972 г. **Photo 7.** Evgenia Ivanovna Pankova (third from the left) and Natalia Ivanovna Bazilevich (second from the left) at the conference in Cairo (Egypt), 1972.

засоления почв и проведения солевых съемок орошаемых территорий хлопкосеющей зоны в крупных и средних масштабах» (Панкова, Мазиков, 1985), методические рекомендации «Составление крупномасштабных почвенных карт с показом структуры почвенного покрова» (Панкова и др., 1989) и др.

Большой вклад внесла Е.И. Панкова в изучение антропогенного влияния на географию, генезис и эволюцию засоленных почв, что нашло отражение в монографии в соавторстве «Природное и антропогенное засоление почв бассейна Аральского моря» (Панкова и др., 1996). В этой монографии выявлены причины и последствия нарушения экологического равновесия природных ландшафтов, приведшие к развитию процессов вторичного засоления. Результатом обобщения сведений о распространении и свойствах засоленных почв южных регионов Европейской территории СССР и Закавказья явилась коллективная монография «Засоленные почвы Европейской части СССР и Закавказья» (Панкова и др., 1973а, 1973б, 1973в, 1973г).



Фото 8. Е.И. Панкова на поле хлопчатника в Голодной Степи (Узбекистан), 1985 г.

Photo 8. E.I. Pankova on a cotton field in the Mirzacho'l Steppe (Uzbekistan), 1985.

Вторичное засоление как одно из важнейших деграционных почвенных процессов рассмотрено в монографии «Научные основы предотвращения деградации почв (земель) и формирование систем воспроизводства» (Хитров, Панкова и др., 2013).

Е.И. Панкова является автором и ответственным редактором первого крупного обобщения в области засоления почв России – монографии «Засоленные почвы России» (2006), содержащей обширные сведения о свойствах, географии и генезисе засоленных почв основных экономических районов России. В работе над этой монографией проявился организаторский талант Евгении Ивановны. Ей удалось создать творческий коллектив авторов – специалистов по генезису и географии засоленных почв разных регионов России. Кроме того, она является также автором и редактором разномасштабных карт засоления почв СССР, России и отдельных регионов (Панкова, Доржготов, 1990; Панкова, Мандахбаяр, 1990 и др.). Е.И. Панкова – автор и член редколлегии «Атласа экосистем Монголии» (Ecosystems ..., 2019). Круг ее научных интересов чрезвычайно широк и разнообразен – от количественной оценки распространения аридных территорий (Рухович, Панкова и др., 2019) и связи аридизации климата с засолением почв (Панкова, Черноусенко, 2020) до форм проявления солевых аккумуляций в почвенном профиле (Ямнова, Панкова, 2013).

Научная деятельность Е.И. Панковой признана во всем мире, она является членом Международного общества почвоведов, а также членом Европейского общества охраны почв (фото 9). Кроме того, Е.И. Панкова является редактором Международной энциклопедии по мелиорации почв и автором раздела, посвященного мелиорации засоленных почв (Pankova et al., 2008). В течение многих лет Е.И. Панкова была участником международных съездов, конференций, в качестве эксперта работала на Кубе и в Монголии.



Фото 9. Е.И. Панкова на заседании Ученого совета в Почвенном институте им. В.В. Докучаева. **Photo 9.** E.I. Pankova at the meeting of the Academic Council at V.V. Dokuchaev Soil Institute.



Фото 10. Выступление Е.И. Панковой на географическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова.

Photo 10. E.I. Pankova at the Faculty of Geography of M.V. Lomonosov Moscow State University.

Е.И. Панкова является создателем научной школы по изучению и картографированию засоленных почв. Под ее непосредственным руководством успешно защищены 5 кандидатских диссертаций, а в 3 докторских работах она была научным консультантом. В числе ее учеников – В.М. Мазиков, Д.А. Соловьев, И.А. Ямнова, О.Ф. Неглядюк, Ж. Мандахбаяр, М.В. Конюшкова, И.Н. Горохова, Д.И. Рухович, Д.Л. Голованов, Г.И. Черноусенко. В 2010 году ей было присвоено звание профессор по специальности «Почвоведение» (фото 10). Многие годы Е.И. Панкова была членом редколлегии журнала «Почвоведение» и членом экспертного совета Российского Фонда Фундаментальных Исследований, в настоящее время является членом редколлегии журналов «Аридные экосистемы» и «Экосистемы: экология и динамика».

В течение многих лет Е.И. Панкова была членом Диссертационного совета при ФБГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева и Диссертационного совета при ФГОУ ВПО Московский государственный университет природообустройства (МГУП; фото 9, 10). Ею опубликовано более 300 работ, в том числе 7 монографий (Приложение).

Закончить эту статью хотелось бы словами самой Евгении Ивановны, высказанные ею в своих воспоминаниях:

«Моя жизнь в Почвенном институте позволила мне увидеть разнообразные уникальные районы Средней и Центральной Азии, и мира в целом. Я побывала в Индии и в Китае, в Венгрии и на Кубе, но в моем сердце навсегда осталась любовь к аридным регионам Средней Азии и Монголии.

Я считаю, что мне повезло! Мне 90 лет, я ровесник Отдела генезиса и мелиорации засоленных почв Почвенного института имени В.В. Докучаева. Всю жизнь я занималась засоленными почвами: их классификацией, картографированием, эволюцией в природных условиях и при орошении. Но многие проблемы остались нерешенными. Надеюсь, что новые поколения исследователей продолжат наши исследования и решат эти вопросы!»

К этим словам вряд ли можно что-то добавить.

Поздравляем дорогую Евгению Ивановну с юбилеем и желаем ей здоровья, долгих лет жизни, благополучия, счастья и душевного равновесия!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. *Базилевич Н.И., Панкова Е.И.* 1968а. Инструкция по учету засоленных земель. М.: Гипроводхоз. 50 с.
1. Pankova EI, Bazilevich NI. Instructions for accounting of the saline lands [*Instruktsiya po uchetu zasolennykh zemel*]. Moscow: Giprovodkhoz, 1968:50.
2. *Базилевич Н.И., Панкова Е.И.* 1968б. Методические указания по учету засоленных почв. М.: Гипроводхоз. С. 3-91.
2. Pankova EI, Bazilevich NI. Guidelines for the accounting of the saline soils [*Metodicheskiye ukazaniya po uchetu zasolennykh pochv*]. Moscow: Giprovodkhoz, 1968:3-91.
3. *Гунин П.Д., Панкова Е.И., Голованов Д.Л., Мандахбаяр Ж.* 2018. Экосистемы природных оазисов пустынной зоны Центральной Азии. Часть I. Эхийн-гол – природниковый оазис Заалтайской Гоби / Ред. П.Д. Гунин, Е.И. Панкова // Биологические ресурсы и природные условия Монголии: Труды Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции. Т. 65. М.: Тов-во научн. изданий КМК. 216 с.
3. Gunin PD, Pankova EI, Golovanov DL, Mandakhbayar J. *Ecosystems of natural oases in the desert zone of Central Asia, Pt. I [Ekosistemy prirodnykh oazisov pustynnoy zony Tsentral'noy Azii]. Ehiin-gol – natural oasis of the Trans-Altai Gobi [Ekhiyn-gol – prirodnikovyy oazis Zaaltayskoy Gobi] Biological resources and natural conditions of Mongolia: Proc. of the Joint Russian-Mongolian complex biological expedition [Biologicheskkiye resursy i prirodnyye usloviya Mongolii: Trudy Sovmestnoy Rossiysko-Mongol'skoy kompleksnoy biologicheskoy ekspeditsii]* / eds. P.D. Gunin, E.I. Pankova. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK. 2018;65:216.
4. Засоленные почвы России. 2006 / Ред. Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова. М.: ИКЦ Академкнига. 854 с.
4. Saline soils of Russia [*Zasolennyye pochvy Rossii*] / eds. L.L. Shishov, E.I. Pankov. Moscow: IKTS Akademkniga. 2006:854.
5. Карта типов химизма засоления почв СССР. 1976. Масштаб 1:2500000 / Ред. и сост. В.В. Егоров, Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова. М.: Главное
5. Map of types of salinization chemistry of soils in the USSR [*Karta tipov khimizma zasoleniya pochv SSSR*]. Scale 1:2 500 000 / eds. V.V. Egorov, N.I. Bazilevich, E.I. Pankova. Moscow: Glavnoye upravleniye geodezii i kartografii pri Sovete

- управление геодезии и картографии при Совете министров СССР. 6 л.
6. Панкова Е.И., Егоров В.В., Базилевич Н.И. 1973а. Принципы составления карты типов засоления почв // Засоленные почвы Европейской части СССР и Закавказья. Труды Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. М. С. 4-7.
 7. Панкова Е.И., Базилевич Н.И., Козловский Ф.И. 1973б. Физико-географические условия ареалов распространения засоленных почв // Засоленные почвы Европейской части СССР и Закавказья. Труды Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. М. С. 8-13.
 8. Панкова Е.И., Базилевич Н.И. 1973в. Характеристика засоленных почв // Засоленные почвы Европейской части СССР и Закавказья. Труды Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. М. С. 21-23.
 9. Панкова Е.И., Базилевич Н.И., Козловский Ф.И., Зимовец Б.А. 1973г. Краткая характеристика основных регионов развития засоленных почв // Засоленные почвы Европейской части СССР и Закавказья. Труды Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. М. С. 204-267.
 10. Панкова Е.И., Мазиков В.М. 1975. Методические вопросы использования аэрофотоснимков для оценки засоления почв // Почвенно-мелиоративные процессы в районах нового орошения. Труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. С. 97-111.
 11. Панкова Е.И., Мазиков В.М. 1976. Оценка засоления орошаемых почв хлопковых полей // Почвоведение. № 5. С. 55-65.
 12. Панкова Е.И., Мазиков В.М., Исаев В.А., Ямнова И.А. 1978. Опыт использования
 - Ministrov SSSR, 1976:6.
 6. Pankova EI, Egorov VV, Bazilevich NI. Principles of compiling a map of soil salinization types [*Printsipy sostavleniya karty tipov zasoleniya pochv*]. *Saline soils of the European part of the USSR and Transcaucasia [Zasolennyye pochvy Yevropeyskoy chasti SSSR i Zakavkaz'ya]*. *Proc. of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Trudy Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva]*. 1973:4-7.
 7. Pankova EI. Physico-geographical conditions of areas of distribution of saline soils [*Fiziko-geograficheskiye usloviya arealov rasprostraneniya zasolennykh pochv*]. *Saline soils of the European part of the USSR and Transcaucasia [Zasolennyye pochvy Yevropeyskoy chasti SSSR i Zakavkaz'ya]*. *Proc. of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Trudy Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva]*. 1973:8-13.
 8. Pankova EI, Bazilevich NI. Characteristics of saline soils [*Kharakteristika zasolennykh pochv*]. *Saline soils of the European part of the USSR and Transcaucasia [Zasolennyye pochvy Yevropeyskoy chasti SSSR i Zakavkaz'ya]*. *Proc. of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Trudy Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva]*. 1973:21-23.
 9. Pankova EI, Bazilevich NI, Kozlovsky FI, Zimovets BA. Brief description of the main regions of the development of saline soils [*Kratkaya kharakteristika osnovnykh regionov razvitiya zasolennykh pochv*]. *Saline soils of the European part of the USSR and Transcaucasia [Zasolennyye pochvy Yevropeyskoy chasti SSSR i Zakavkaz'ya]*. *Proc. of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Trudy Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva]*. 1973:204-267.
 10. Pankova EI, Mazikov VM. Methodological issues of using aerial photographs to assess soil salinity [*Metodicheskiye voprosy ispol'zovaniya aerofotosnimkov dlya otsenki zasoleniya pochv*]. *Soil-meliorative processes in areas of new irrigation [Pochvenno-meliorativnyye protsessy v rayonakh novogo orosheniya]*. *Proc. of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Trudy Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva]*. 1975:97-111.
 11. Pankova EI, Mazikov VM. Estimation of salinity of irrigated soils of cotton fields [*Otsenka zasoleniya oroshayemykh pochv khlopkovykh poley*]. *Eurasian Soil Science*. 1976;5:55-65.
 12. Pankova EI, Mazikov VM, Isaev VA, Yamnova IA.

- аэрофотоснимков для характеристики засоления почв неорошаемых территорий сероземной зоны // Почвоведение. № 3 С. 82-85
13. Панкова Е.И., Мазиков В.М. 1985. Методические рекомендации по использованию аэрофотосъемки для оценки засоления почв и проведения солевых съемок орошаемых территорий хлопкосеющей зоны в крупных и средних масштабах. Типография ВАСХНИЛ. 73 с.
14. Панкова Е.И., Шишов Л.Л., Сорокина Н.П. 1989. Составление крупномасштабных почвенных карт с показом структуры почвенного покрова // Методические рекомендации. М.: Минсельхоз СССР. 55 с.
15. Панкова Е.И. Генезис засоления почв пустынь. 1992. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева. 136 с.
16. Панкова Е.И., Айдаров И.П., Ямнова И.А., Новикова А.Ф., Благоволин Н.С. 1996. Природное и антропогенное засоление почв бассейна Аральского моря (география, генезис, эволюция). М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 187 с.
17. Панкова Е.И., Соловьев Д.А. 1993. Дистанционный мониторинг засоления орошаемых почв. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева. 191 с.
18. Панкова Е.И., Доржготов Д. 1990. Монгольская Народная Республика. Национальный атлас. Карта засоления почв Монголии. Уланбаатор-М.: АН МНР, ГУГК, ГСК, АН СССР. 144 с.
19. Панкова Е.И., Мандахбаяр Ж. 1990. Карта засоления почв оазиса Эхийн-гол. Улабаатор-М.: АН МНР, ГУГК, ГСК, АН СССР. 144 с.
- Experience in the use of aerial photographs to characterize the salinization of soils in non-irrigated territories of the sierozem zone [Opyt ispol'zovaniya aerofotosnimkov dlya kharakteristiki zasoleniya pochv neoroshayemykh territoriy serozemnoy zony]. *Eurasian Soil Science*. 1978;3:82-85.
13. Pankova EI, Mazikov VM. Guidelines for the use of aerial photography to assess soil salinity and conduct salt surveys of irrigated areas of the cotton-growing zone on a large and medium scale [Metodicheskiye rekomendatsii po ispol'zovaniyu aerofotos'yemki dlya otsenki zasoleniya pochv i provedeniya solevykh s'yemok oroshayemykh territoriy khlopkoseyushchey zony v krupnykh i srednikh masshtabakh]. Tipografiya VASKHNIL, 1985:1-73.
14. Pankova EI, Shishov LL, Sorokina NP. Compilation of large-scale soil maps showing the structure of the soil cover [Sostavleniye krupnomasshtabnykh pochvennykh kart s pokazom struktury pochvennogo pokrova]. *Methodical recommendations [Metodicheskiye rekomendatsii]*. Moscow: Minsel'khos SSSR, 1989:50.
15. Pankova EI. Genesis of salinization of desert soils [Genezis zasoleniya pochv pustyn']. Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Institute. 1992:136.
16. Pankova EI, Aidarov IP, Yamnova IA, Novikova AF, Blagovolin NS. Natural and anthropogenic salinization of soils in the Aral Sea basin (geography, genesis, evolution) [Prirodnoye i antropogennoye zasoleniye pochv basseyna Aral'skogo morya (geografiya, genezis, evolyutsiya)]. Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Institute, 1996:87.
17. Pankova EI, Solovyov DA. Remote monitoring of salinization of irrigated soils [Distantzionnyy monitoring zasoleniya oroshayemykh pochv]. Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Institute, 1993:191.
18. Pankova E.I., Dorzhgotov D. Mongolian People's Republic. National Atlas. Soil salinization map of Mongolia [Mongol'skaya Narodnaya Respublika. Natsional'nyy atlas. Karta zasoleniya pochv Mongolii]. Ulaanbaatar-Moscow: AN MNR, GUGK, GSK, AN SSSR. 1990:14.
19. Pankova E.I., Mandakhbayar Zh. Map of soil salinization in the Ekhiin-gol oasis [Karta zasoleniya pochv oazisa Ekhiyn-gol]. Ulaanbaatar-Moscow: AN MNR, GUGK, GSK, AN SSSR.

20. Панкова Е.И., Черноусенко Г.И. 2020. Проблема активизации засоления в почвах юга Восточной Сибири и Монголии в связи с аридизацией климата // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. Вып. 101. С. 92-116.
21. Рухович Д.И., Панкова Е.И., Калинина Н.В., Черноусенко Г.И., Иванов А.Л. 2019. Количественный подход к районированию аридных территорий России с учетом климатических и почвенно-гранулометрических параметров // Доклады Академии Наук. Т. 485. № 5. С. 621-624.
22. Хитров Н.Б., Панкова Е.И., А.Ф. Новикова, Г.И. Черноусенко, И.А. Ямнова. 2013. Теоретические и методические основы предупреждения вторичного засоления // Научные основы предотвращения деградации почв (земель) и формирование систем воспроизводства. Т. 1. М.: Российская академия с/х наук. С. 383-462.
23. Ямнова И.А., Панкова Е.И. 2013. Гипсовые новообразования и формирующие их элементарные почвообразовательные процессы // Почвоведение. № 12. С. 1423-1436.
24. Ecosystems of Mongolia Atlas. 2019. Ulaanbator: Admon. 264 p.
25. Pankova Ye.I., Khitrov N.B., Novikova A.F., Koroleva I.E., Utkaeva V.F., Vorob'eva L. 2008. Chemical amelioration of soils. Chapter 14.1. Agricultural Land Improvement: Amelioration and Reclamation // Knowledge for sustainable development. An insight into the Encyclopedia of life support systems. Vol. III. Oxford, UK: UNESCO Publishing – EOLSS Publishers. 31 p.
20. Pankova EI, Chernousenko GI. The problem of salinization activation in the soils of the south of Eastern Siberia and Mongolia due to climate aridization [Problema aktivizatsii zasoleniya v pochvakh yuga Vostochnoy Sibiri i Mongolii v svyazi s aridizatsiyey klimata]. *Bulletin of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchayeva]*. 2020;101:92-116.
21. Rukhovich DI, Pankova EI, Kalinina NV, Chernousenko GI, Ivanov AL. Quantitative approach to the zoning of arid territories in Russia, taking into account climatic and soil-granulometric parameters [Kolichestvennyy podkhod k rayonirovaniyu aridnykh territoriy Rossii s uchetom klimaticheskikh i pochvenno-granulometricheskikh parametrov]. *Reports of the Academy of Sciences [Doklady Akademii Nauk]*. 2019;485 (5):621-624.
22. Khitrov NB, Pankova EI, Novikova AF, Chernousenko GI, Yamnova IA. Theoretical and methodological foundations for preventing secondary salinization [Teoreticheskiye i metodicheskiye osnovy preduprezhdeniya vtorichnogo zasoleniya]. *Scientific foundations for preventing soil (land) degradation and the formation of reproduction systems [Nauchnyye osnovy predotvrashcheniya degradatsii pochv (zemel') i formirovaniye sistem vosproizvodstva]*. Moscow: Rossiyskaya akademiya sel'skokhozyaystvennykh nauk, 2013;1:383-462.
23. Yamnova IA, Pankova EI. Gypsum neof ormations and elementary soil-forming processes that form them [Gipsovyye novoobrazovaniya i formiruyushchiye ikh elementarnyye pochvoobrazovatel'nyye protsessy]. *Eurasian Soil Science*. 2013;12:1423-1436.
24. Ecosystems of Mongolia Atlas. Ulaanbator: Admon, 2019:264.
25. Pankova Ye.I., Khitrov N.B., Novikova A.F., Koroleva I.E., Utkaeva V.F., Vorobyeva L. Chemical amelioration of soils. Ch. 14.1. Agricultural Land Improvement: Amelioration and Reclamation. Knowledge for sustainable development. An insight into the Encyclopedia of life support systems. Oxford, UK: UNESCO Publishing – EOLSS Publishers, 2008;3:31.

Приложение. Публикации Е.И. Панковой.**Основные публикации
Е.И. Панковой за 1960 – 2022 год****Публикации 1960 год**

1. Панкова Е.И. 1960. Опыт составления крупномасштабных почвенных и гидрогеологических карт для условий Кура-Араксинской низменности // Сборник докладов научно-технической конференции молодых специалистов водного хозяйства. № 2 (13). М.: Гипроводхоз. С. 66-68.

Публикации 1962 год

2. Панкова Е.И., Гусенков Е.П. 1962. Почвы речных долин северной Монголии на примере долины реки Борогол // Почвоведение. № 8. С. 64-72.
3. Панкова Е.И. 1962. Ветровая эрозия на распаханых землях Монгольской Народной Республики // Труды Всесоюзного научно-исследовательского и проектно-изыскательского института Гипроводхоз. Вып. 21. С. 17-18.

Публикации 1963 год

4. Панкова Е.И., Гусенков Е.П. 1963. Каштановые суглинистые и супесчано-песчаные почвы как объект орошаемого земледелия (на примере почв Монголии) // Вестник МГУ. Вып. 5. Серия географическая. № 1. С. 40-42.

Публикации 1964 год

5. Панкова Е.И., Гусенков Е.П. 1964. Водно-физические свойства каштановых супесчаных почв Восточно-Монгольской равнины // Почвоведение. № 9. С. 44-51.
6. Панкова Е.И. 1964. О применении терминов «горные и равнинные» к

**Main works of E.I. Pankova
for 1960 – 2022****Publications of 1960**

1. Pankova EI. Experience of compilation of large soil and hydrogeological maps for the conditions of the Kura-Araks Lowland [*Opyt sostavleniya krupnomasshtabnykh pochvennykh i gidrogeologicheskikh kart dlya usloviy Kura-Araksinskoj nizmennosti*]. *Collection of reports from the scientific and technical conference for young water management specialists [Sbornik dokladov nauchno-tekhnicheskoy konferentsii molodykh spetsialistov vodnogo khozyaystva]*. Moscow: Giprovodkhoz, 1960;2 (13):66-68.

Publications of 1962

2. Pankova EI, Gusenkov EP. Soils of the river valleys of Northern Mongolia on the example of the Borogol River Valley [*Pochvy rechnykh dolin severnoy Mongolii na primere doliny reki Borogol*]. *Eurasian Soil Science*. 1962;8:64-72.
3. Pankova EI. Wind erosion on the plowed lands of the Mongolian People's Republic [*Vetrovaya eroziya na raspakhannykh zemlyakh Mongol'skoy Narodnoy Respubliki*]. *Proc. of the All-Union Scientific Research and Design and Survey Institute "Giprovodkhoz"* [*Trudy Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo i proyektno-izyskatel'nogo instituta Giprovodkhoz*]. 1962;21:17-18.

Publications of 1963

4. Pankova EI, Gusenkov EP. Chestnut loamy and sandy-loamy soils as an object of irrigated agriculture (on the example of Mongolian soils) [*Kashtanovyye suglinistyye i supeschano-peschanyye pochvy kak ob'yekt oroshayemogo zemledeliya (na primere pochv Mongolii)*]. *Bulletin of Moscow State University [Vestnik MGU]*, Issue 5, Geography Series. 1963;1:40-42.

Publications of 1964

5. Pankova EI, Gusenkov EP. Water-physical properties of chestnut sandy loamy soils of the East Mongolian Plain [*Vodno-fizicheskiye svoystva kashtanovykh supeschanykh pochv Vostochno-Mongol'skoy ravniny*]. *Eurasian Soil Science*.

каштановым почвам Монголии // Известия АН СССР. Серия Географическая. № 5. С. 77-79.

7. Панкова Е.И. 1964. Каштановые почвы Восточно-Монгольской равнины и их краткая мелиоративная оценка // В кн.: Почвенно-геохимические и ландшафтно-геохимические исследования. М.: МГУ. С. 158-181.

Публикации 1967 год

8. Панкова Е.И. 1967. Опыт агромелиоративной характеристики каштановых почв легкого механического состава на примере Монгольской Народной республики // В кн.: География почв и геохимия ландшафтов. М.: МГУ. С. 216-237.
9. Панкова Е.И. 1967. О внутритиповом разделении типа каштановых почв для целей крупномасштабного картирования // Труды Всесоюзного научно-исследовательского и проектно-изыскательского института Гипроводхоз. Вып. 2. С. 32-35.

Публикации 1968 год

10. Панкова Е.И., Базилевич Н.И. 1968. Опыт классификации почв по засолению // Почвоведение. № 11. С. 3-16.
11. Панкова Е.И., Базилевич Н.И. 1968. Инструкция по учету засоленных земель. М.: Гипроводхоз. 50 с.
12. Панкова Е.И., Базилевич Н.И. 1968. Методические указания по учету засоленных почв. М.: Гипроводхоз. С. 3-91.

Публикации 1969 год

13. Pankova E.I. 1969. Classification of Soil According to the Their Chemistry and Degree of Salinization // Agrokemia

1964;9:44-51.

6. Pankova EI. Application of the terms 'mountain' and 'plain' to the chestnut soils of Mongolia [O primenenii terminov "gornyye i ravninnyye" k kashtanovym pochvam Mongolii]. *News of AN SSSR [Izvestiya AN SSSR]*, Geography Series. 1964;5:77-79.
7. Pankova EI. Chestnut soils of the East Mongolian Plain and their brief reclamation assessment [*Kashtanovyeye pochvy Vostochno-Mongol'skoy ravniny i ikh kratkaya meliorativnaya otsenka*]. *Soil-geochemical and landscape-geochemical studies [Pochvenno-geokhimicheskiye i landshaftno-geokhimicheskiye issledovaniya]*. Moscow: Moscow State University, 1964:158-181.

Publications of 1967

8. Pankova EI. Experience of agro-ameliorative characteristization of chestnut soils of light mechanical composition on the example of the Mongolian People's Republic [*Opyt agromeliorativnoy kharakteristiki kashtanovykh pochv legkogo mekhanicheskogo sostava na primere Mongol'skoy Narodnoy respubliki*] *Geography of soils and geochemistry of landscapes [Geografiya pochv i geokhimiya landshaftov]*. Moscow: Moscow State University, 1967:216-237.
9. Pankova EI. On the intratype division of the chestnut soils type for the large-scale mapping [*O vnutritipovom razdelenii tipa kashtanovykh pochv dlya tseley krupnomasshtabnogo kartirovaniya*]. *Proc. of the All-Union Scientific Research and Design and Survey Institute "Giprovodkhoz" [Trudy Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo i proyektno-izyskatel'nogo instituta Giprovodkhoz]*. 1967;2:32-35.

Publications of 1968

10. Pankova EI, Bazilevich NI. Experience in classification of soils by their salinity [*Opyt klassifikatsii pochv po zasoleniyu*]. *Eurasian Soil Science*. 1968;11:3-16.
11. Pankova EI, Bazilevich NI. Instructions for accounting of the saline lands [*Instruktsiya po uchetu zasolennykh zemel'*]. Moscow: Giprovodkhoz, 1968:50.
12. Pankova EI, Bazilevich NI. Guidelines for the accounting of the saline soils [*Metodicheskiye ukazaniya po uchetu zasolennykh pochv*].

estalajtan. Vol. 18. Pp. 219-226.

Moscow: Giprovodkhoz, 1968:3-91.

Публикации 1970 год

14. Панкова Е.И., Молодцов В.А. 1970. Результаты производственных промывок на землях нового орошения Голодной степи // Почвоведение. № 8. С. 106-118.
15. Панкова Е.И., Базилевич Н.И. 1970. Учет засоленных почв // В сб.: Методические рекомендации по мелиорации солонцов и учету засоленных почв. М.: Колос. Ч. 2. С. 80-111.

Публикации 1971 год

16. Панкова Е.И., Базилевич Н.И. 1971. Классификация почв по химизму и степени засоления // В кн.: Почвы содового засоления и их мелиорация. Материалы Международного симпозиума по мелиорации почв содового засоления, Ереван, 1969. С. 582-601.
17. Панкова Е.И., Егоров В.В., Базилевич Н.И. 1971. О принципах составления карты типов засоления Европейской части СССР // В кн.: Почвы содового засоления и их мелиорация. Материалы Международного симпозиума по мелиорации почв содового засоления, Ереван, 1969. С. 601-605.

Публикации 1972 год

18. Панкова Е.И. 1972. Оценка засоления и опыт составления крупномасштабных карт засоления почв (на примере изучения почв Джизакской степи) // Бюллетень почвенного института им. В.В. Докучаева. Вып. V. С. 41-50.
19. Панкова Е.И., Базилевич Н.И. 1972. Опыт классификации почв

Publications of 1969

13. Pankova EI. Classification of Soil According to the Their Chemistry and Degree of Salinization. *Agrokemia estalajtan*. 1969;18:219-226.

Publications of 1970

14. Pankova EI, Molodtsov VA. Results of industrial leaching on new irrigated lands of the Hungry Steppe [Rezultaty proizvodstvennykh promyvok na zemlyakh novogo orosheniya Golodnoy stepi]. *Eurasian Soil Science*. 1970;8:106-118.
15. Pankova EI, Bazilevich NI. Accounting for saline soils [*Uchet zasolennykh pochv*]. *Methodological recommendations for melioration of solonetztes and accounting of the saline soils [Metodicheskiye rekomendatsii po melioratsii solontsov i uchetu zasolennykh pochv]*, Ch. 2. Moscow: Kolos, 1970:80-111.

Publications of 1971

16. Pankova EI, Bazilevich NI. Classification of soils by their chemistry and salinity [*Klassifikatsiya pochv po khimizmu i stepeni zasoleniya*]. *Soils of soda salinity and their reclamation [Pochvy sodovogo zasoleniya i ikh melioratsiya]*. *Proc. of the International Symposium on Melioration of Soda Salinized Soils*, Yerevan, 1969 [*Materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma po melioratsii pochv sodovogo zasoleniya*]. 1971:582-601.
17. Pankova EI, Egorov VV, Bazilevich NI. Principles map compilation for salinization types in the European part of the USSR [*O printsipakh sostavleniya karty tipov zasoleniya Yevropeyskoy chasti SSSR*]. *Soils of soda salinity and their reclamation [Pochvy sodovogo zasoleniya i ikh melioratsiya]*. *Proc. of the International Symposium on Melioration of Soda Salinized Soils*, Yerevan, 1969 [*Materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma po melioratsii pochv sodovogo zasoleniya*]. 1971:601-605.

Publications of 1972

18. Pankova EI. Estimation of salinity and experience in compiling large-scale maps of soil salinity (on the example of studying the soils of the Jizzakh steppe) [*Otsenka zasoleniya i opyt sostavleniya krupnomasshtabnykh kart zasoleniya pochv (na*

по содержанию токсичных солей и ионов // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. Вып. V. С. 36-40.

Публикации 1973 год

20. Панкова Е.И., Петросян Г.П., Базилевич Н.И. 1973. О международном симпозиуме по засоленным почвам // Почвоведение. № 6. С. 139-140.
21. Панкова Е.И. 1973. Опыт составления крупномасштабных карт засоления почв орошаемых территорий // В кн.: Составление почвенных карт орошаемых территорий. Государственный институт по контролю за качеством сельскохозяйственных продуктов и почв. Будапешт. С. 27-33.
22. Панкова Е.И., Игнатова В.П., Абатурова Т.И. 1973. Солонцеватые почвы Джизакской степи (вопросы генезиса и мелиорации) // Почвоведение. № 5. С. 15-25.
23. Панкова Е.И., Егоров В.В., Базилевич Н.И. 1973. Принципы составления карты типов засоления почв // В кн.: Засоленные почвы Европейской части СССР и Закавказья. Труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. М. С. 4-7.
24. Панкова Е.И. 1973. Физико-географические условия ареалов распространения засоленных почв // В кн.: Засоленные почвы Европейской части СССР и Закавказья. Труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. М. С. 8-13.
25. Панкова Е.И., Базилевич Н.И. 1973. Характеристика засоленных почв // В кн.: Засоленные почвы Европейской части СССР и Закавказья. Труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. М. С. 4-7.
19. Pankova EI, Bazilevich NI. Experience in classifying soils according to the content of toxic salts and ions [Opyt klassifikatsii pochv po soderzhaniyu toksichnykh soley i ionov]. *Bulletin of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Byulleten' pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva]*. 1972;V:41-50.
20. Pankova EI, Petrosoyan GP, Bazilevich NI. About the international symposium on saline soils [O mezhdunarodnom simpoziume po zasolennym pochvam]. *Eurasian Soil Science*. 1973;6:139-140.
21. Pankova EI. Experience in compiling large-scale maps of soil salinity in irrigated areas [Opyt sostavleniya krupnomasshtabnykh kart zasoleniya pochv oroshayemykh territoriy]. *Compilation of soil maps of irrigated areas [Sostavleniye pochvennykh kart oroshayemykh territoriy]*. Budapest: State Institute for Quality Control of Agricultural Products and Soils, 1973:27-33.
22. Pankova EI, Ignatova VP, Abaturova TI. Alkaline soils of the Jizzakh steppe (problems of genesis and melioration) [Solontsevatyye pochvy Dzhizakskoy stepi (voprosy genezisa i melioratsii)]. *Eurasian Soil Science*. 1973;5:15-25.
23. Pankova EI, Egorov VV, Bazilevich NI. Principles of compiling a map of soil salinization types [Printsipy sostavleniya karty tipov zasoleniya pochv]. *Saline soils of the European part of the USSR and Transcaucasia [Zasolennyye pochvy Yevropeyskoy chasti SSSR i Zakavkaz'ya]*. Proc. of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Trudy Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva]. 1973:4-7.
24. Pankova EI. Physico-geographical conditions of areas of distribution of saline soils [Fiziko-geograficheskiye usloviya arealov rasprostraneniya zasolennykh pochv]. *Saline soils of the European part of the USSR and Transcaucasia [Zasolennyye pochvy Yevropeyskoy chasti SSSR i Zakavkaz'ya]*. Proc. of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Trudy

Докучаева. М. С. 21-23.

26. Панкова Е.И., Базилевич Н.И., Козловский Ф.И., Зимовец Б.А. 1973. Краткая характеристика основных регионов развития засоленных почв // В кн.: Засоленные почвы Европейской части СССР и Закавказья. Труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. М. С. 204-267.

Публикации 1974 год

27. Панкова Е.И. 1974. Генетические свойства каштановых почв Центрально-Азиатской почвенно-географической провинции (на примере почв МНР) // Почвоведение. № 12. С. 42-53.

Публикации 1975 год

28. Панкова Е.И., Мазиков В.М. 1975. Методические вопросы использования аэрофотоснимков для оценки засоления почв // В сб.: Почвенно-мелиоративные процессы в районах нового орошения. Труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. С. 97-111.
29. Панкова Е.И., Мазиков В.М. 1975. Оценка засоления почв однородных по фотоизображению контуров // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. № 9. С. 24-34.
30. Pankova E.I. 1975. Solonets-solonchak Soils of the Central Asia Sierozem Zone with Particular Reference to their Reclamation // International Symposium on New Developments in the Field of Salt Affected Soils. Cairo. Pp. 759-766.
31. Pankova E.I., Egorov V.V., Bazilevich N.I. 1975. The Map of the Salinity Types of the USSR Soils // International Symposium on New Developments in the Field of

Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva]. 1973:8-13.

25. Pankova EI, Bazilevich NI. Characteristics of saline soils [*Kharakteristika zasolennykh pochv*]. *Saline soils of the European part of the USSR and Transcaucasia* [*Zasolennyye pochvy Yevropeyskoy chasti SSSR i Zakavkaz'ya*]. *Proc. of V.V. Dokuchaev Soil Institute* [*Trudy Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva*]. 1973:21-23.
26. Pankova EI, Bazilevich NI, Kozlovsky FI, Zimovets BA. Brief description of the main regions of the development of saline soils [*Kratkaya kharakteristika osnovnykh regionov razvitiya zasolennykh pochv*]. *Saline soils of the European part of the USSR and Transcaucasia* [*Zasolennyye pochvy Yevropeyskoy chasti SSSR i Zakavkaz'ya*]. *Proc. of V.V. Dokuchaev Soil Institute* [*Trudy Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva*]. 1973:204-267.

Publications of 1974

27. Pankova EI. Genetic properties of chestnut soils of the Central Asian soil-geographical province (on the example of the soils of the Mongolian People's Republic) [*Geneticheskiye svoystva kashtanovykh pochv Tsentral'no-Aziatskoy pochvenno-geograficheskoy provintsii (na primere pochv MNR)*]. *Eurasian Soil Science*. 1974;12:42-53.

Publications of 1975

28. Pankova EI, Mazikov VM. Methodological issues of using aerial photographs to assess soil salinity [*Metodicheskiye voprosy ispol'zovaniya aerofotosnimkov dlya otsenki zasoleniya pochv*]. *Soil-meliorative processes in areas of new irrigation* [*Pochvenno-meliorativnyye protsessy v rayonakh novogo orosheniya*]. *Proc. of V.V. Dokuchaev Soil Institute* [*Trudy Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva*]. 1975:97-111.
29. Pankova EI, Mazikov VM. Estimation of salinity of soils with homogeneous contours according to the photographic image [*Otsenka zasoleniya pochv odnorodnykh po fotoizobrazheniyu konturov*]. *Bulletin of V.V. Dokuchaev Soil Institute* [*Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva*]. 1975;9:24-34.
30. Pankova EI. Solonets-solonchak Soils of the

Salt Affected Soils. December 1972, Cairo. Pp. 4-9.

Публикации 1976 год

32. Панкова Е.И., Мазиков В.М. 1976. Оценка засоления орошаемых почв хлопковых полей // Почвоведение. № 5. С. 55-65.

33. Панкова Е.И., Козловский Ф.И. 1976. О методике изучения солевого режима почв (на примере некоторых типов почв Джизакской степи // В сб.: Орошаемые почвы и методы их изучения. Ташкент. С. 98-109.

34. Панкова Е.И., Молодцов В.А., Мазиков В.М. 1976. Контроль за изменением засоления почв Новой зоны орошения Голодной степи с использованием материалов аэрофотосъемки // Доклад на совещании в Баку. С. 265-272.

35. Панкова Е.И. 1976. Совещание по мелиорации орошаемых почв // Почвоведение. № 5. С. 12-144.

Публикации 1978 год

36. Панкова Е.И., Мазиков В.М., Исаев В.А., Ямнова И.А. 1978. Опыт использования аэрофотоснимков для характеристики засоления почв неорошаемых территорий сероземной зоны // Почвоведение. № 3. С. 82-85.

Публикации 1979 год

37. Панкова Е.И., Молодцов В.А. 1979. Солончаки сазовой зоны Голодностепской подгорной равнины и их мелиоративные особенности // Почвоведение. № 2. С. 116-129.

Публикации 1980 год

38. Панкова Е.И., Якунин Г.Н., Биндарья М. 1980. Опыт и

Central Asia Sierozem Zone with Particular Reference to their Reclamation. *International Symposium on New Developments in the Field of Salt Affected Soils*. Cairo, 1975:759-766.

31. Pankova EI, Egorov VV, Bazilevich NI. The Map of the Salinity Types of the USSR Soils. *International Symposium on New Developments in the Field of Salt Affected Soils*, Cairo, December 1972. 1975:4-9.

Publications of 1976

32. Pankova EI, Mazikov VM. Estimation of salinity of irrigated soils of cotton fields [Otsenka zasoleniya oroshayemykh pochv khlopkovykh poley]. *Eurasian Soil Science*. 1976;5:55-65.

33. Pankova EI, Kozlovsky FI. On the methodology for studying the salt regime of soils (on the example of some types of soils of the Jizzakh steppe [O metodike izucheniya solevogo rezhima pochv (na primere nekotorykh tipov pochv Dzhizakskoy stepi)]. *Irrigated soils and methods of their study [Oroshayemyye pochvy i metody ikh izucheniya]*. Tashkent, 1976:98-109.

34. Pankova EI, Molodtsov VA, Mazikov VM. Monitoring changes in soil salinity in the New Irrigation Zone of the Hungry Steppe using aerial photography [Kontrol' za izmeneniyem zasoleniya pochv Novoy zony orosheniya Golodnoy stepi s ispol'zovaniyem materialov aerofotos'yemki]. *Report at the meeting in Baku [Doklad na soveshchaniy v Baku]*. 1976:265-272.

35. Pankova E.I. Conference on reclamation of irrigated soils [Soveshchaniye po melioratsii oroshayemykh pochv]. *Eurasian Soil Science*. 1976;5:12-144.

Publications of 1978

36. Pankova EI, Mazikov VM, Isaev VA, Yamnova IA. Experience in the use of aerial photographs to characterize the salinization of soils in non-irrigated territories of the sierozem zone [Opyt ispol'zovaniya aerofotosnimkov dlya kharakteristiki zasoleniya pochv neoroshayemykh territoriy serozemnoy zony]. *Eurasian Soil Science*. 1978;3:82-85.

Publications of 1979

37. Pankova EI, Molodtsov VA. Solonchaks of the Saz zone of the Golodno-steppe piedmont plain

перспективы освоения земель оазиса Эхийн-Гол // Проблемы освоения пустынь. № 2. С. 82-95.

39. Панкова Е.И., Ямнова И.А. 1980. Формы солевых аккумуляций в гидроморфных хлоридных и сульфатных солончаках Монголии // Почвоведение. № 2. С. 99-109.
40. Панкова Е.И. 1980. Почвы оазисов Южно-Гобийских пустынь МНР (на примере оазиса Эхийн-Гол) // Проблемы освоения пустынь. № 5. С. 62-73.
41. Панкова Е.И., Федорова И.Т. 1980. О связи растительности и почв (на примере оазиса Эхийн-Гол) // В сб.: Геоботаническое картирование. Л.: Наука. С. 44-52.
42. Панкова Е.И., Федорова И.Т. 1980. Оазис Эхийн-Гол. М.: Наука. С. 1-11.

Публикации 1981 год

43. Панкова Е.И. 1981. Почвы Хавастского конуса выноса // Научные труды ВАСХНИЛ, Почвенный институт им. В.В. Докучаева. Сб. «Распределение и движение солей в орошаемых почвах и методы регулирования солевых процессов». М. С. 84-90.

Публикации 1982 год

44. Панкова Е.И., Турсина Т.В., Ямнова И.А. 1982. Изучение морфологии легко- и труднорастворимых солей и микростроение засоленных почв // Микроморфологическая диагностика почв и почвообразовательных процессов. М.: Наука. С. 89-109.
45. Панкова Е.И. 1982. Засоление почв Джизакской степи, закономерности его распространения и критерии оценки // Почвоведение. № 4. С.

and their ameliorative features [Solonchaki sazovoy zony Golodnostepskoy podgornoy ravniny i ikh meliorativnyye osobennosti]. Eurasian Soil Science. 1979;2:116-129.

Publications of 1980

38. Pankova EI, Yakunin GN, Bindarya M. Experience and prospects of land development in the Ekhiin-Gol oasis [Opyt i perspektivy osvoyeniya zemel' oazisa Ekhiyn-Gol]. *Problems of desert development [Problemy osvoyeniya pustyn']*. 1980;2:82-95.
39. Pankova EI, Yamnova IA. Forms of salt accumulations in hydromorphic chloride and sulfate solonchaks of Mongolia [Formy solevykh akkumulyatsiy v gidromorfnykh khloridnykh i sul'fatnykh solonchakakh Mongolii]. *Eurasian Soil Science*. 1980;2:99-109.
40. Pankova EI. Soils of the oases of the South Gobi deserts of the MPR (on the example of the Ekhiin-Gol oasis) [Pochvy oazisov Yuzhno-Gobiyskikh pustyn' MNR (na primere oazisa Ekhiyn-Gol)]. *Problems of desert development [Problemy osvoyeniya pustyn']*. 1980;5:62-73.
41. Pankova EI, Fedorova IT. On the connection between vegetation and soils (on the example of the Ekhiin-Gol oasis) [O svyazi rastitel'nosti i pochv (na primere oazisa Ekhiyn-Gol)]. *Geobotanical mapping [Geobotanicheskoye kartirovaniye]*. Leningrad: Nauka, 1980:44-52.
42. Pankova EI, Fedorova IT. Ehiin-Gol oasis [Oazis Ekhiyn-Gol]. Moscow: Nauka, 1980:1-11.

Publications of 1981

43. Pankova EI. Soils of the Khavast alluvial removal [Pochvy Khavastskogo konusa vynosa]. *Scientific Works of the All-Russian Academy of Agricultural Sciences, V.V. Dokuchaev Soil Institute [Nauchnyye trudy VASKHNIL, Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchayeva]*. Distribution and movement of salts in irrigated soils and methods of regulation of salt processes [Raspredeleniye i dvizheniye soley v oroshayemykh pochvakh i metody regulirovaniya solevykh protsessov]. Moscow, 1981:84-90.

Publications of 1982

44. Pankova EI, Tursina TV, Yamnova IA. Study of the morphology of easily and sparingly soluble

90-100.

Публикации 1983 год

46. Панкова Е.И., Евстифеев Ю.Г., Гунин П.Д. 1983. Поверхностные и грунтовые воды // В кн.: Комплексная характеристика пустынных экосистем Заалтайской Гоби. Пушино. С. 13-17.
47. Панкова Е.И., Королюк Т.В. 1983. Засоленные почвы в американской почвенной классификации // Почвоведение. № 4. С. 129-138.
48. Панкова Е.И., Айдаров И.П., Гунин П.Д., Евстифеев Ю.Г., Рачковская Е.И., Федорова И.Т. 1983. Основные процессы и прогноз развития главных типов экосистем Заалтайской Гоби // Сборник научных трудов АН СССР, совместная советско-монгольская экспедиция АН СССР и АН МНР: Комплексная характеристика пустынных экосистем Заалтайской Гоби. Пушино. С. 84-89.
49. Панкова Е.И., Евстифеев Ю.Г., Якунин Г.Н. 1983. Почвенный покров Заалтайской Гоби // Сборник научных трудов АН СССР, совместная советско-монгольская экспедиция АН СССР и АН МНР: Комплексная характеристика пустынных экосистем Заалтайской Гоби. Пушино. С. 17-21.
50. Панкова Е.И., Королюк Т.В. 1983. Почвы солонцового ряда в американской и советской почвенной классификациях // В кн.: Проблемы диагностики и мелиорации солонцов. Новочеркасск. С. 10-18.
51. Панкова Е.И., Рубцова Л.П. 1983. Засоление почв сухих и опустыненных степей Монголии // Почвоведение. № 9. С. 13-21.
- salts and the microstructure of saline soils [*Izucheniye morfologii legko- i trudnorastvorimyykh soley i mikrostroyeniye zasolennykh pochv*]. *Micromorphological diagnostics of soils and soil-forming processes* [*Mikromorfologicheskaya diagnostika pochv i pochvoobrazovatel'nykh protsessov*]. Moscow: Nauka, 1982:89-109.
45. Pankova EI. Salinization of soils in the Jizzakh steppe, patterns of its distribution and evaluation criteria [*Zasoleniye pochv Dzhizakskoy stepi, zakonomernosti yego rasprostraneniya i kriterii otsenki*]. *Eurasian Soil Science*. 1982;4:90-100.

Publications of 1983

46. Pankova EI, Evstifeev YuG, Gunin PD. Surface and ground waters [*Poverkhnostnyye i gruntovyye vody*]. *Comprehensive characteristics of desert ecosystems of the Transaltai Gobi* [*Kompleksnaya kharakteristika pustynnykh ekosistem Zaaltayskoy Gobi*]. Pushchino, 1983:13-17.
47. Pankova EI, Korolyuk TV. Saline soils in the American soil classification [*Zasolennyye pochvy v amerikanskoй pochvennoy klassifikatsii*]. *Eurasian Soil Science*. 1983;4:129-138.
48. Pankova EI, Aidarov IP, Gunin PD, Evstifeev YuG, Rachkovskaya EI, Fedorova IT. Main processes and forecast of the development of the main types of ecosystems in the Trans-Altai Gobi [*Osnovnyye protsessy i prognoz razvitiya glavnykh tipov ekosistem Zaaltayskoy Gobi*]. *Collection of scientific works of the Academy of Sciences of the USSR, joint Soviet-Mongolian expedition of the Academy of Sciences of the USSR and the Academy of Sciences of the Mongolian People's Republic: A comprehensive description of the desert ecosystems of the Trans-Altai Gobi* [*Sbornik nauchnykh trudov AN SSSR, sovmestnaya sovetско-mongol'skaya ekspeditsiya AN SSSR i AN MNR: Kompleksnaya kharakteristika pustynnykh ekosistem Zaaltayskoy Gobi*]. Pushchino, 1983:84-89.
49. Pankova EI, Evstifeev YuG, Yakunin GN. Soil cover of the Trans-Altai Gobi [*Pochvennyy pokrov Zaaltayskoy Gobi*]. *Collection of scientific papers of the Academy of Sciences of the USSR, joint Soviet-Mongolian expedition of the Academy of Sciences of the USSR and the Academy of Sciences of the Mongolian People's Republic: A*

Публикации 1984 год

52. Панкова Е.И. 1984. Методические рекомендации по использованию материалов аэрофотосъемки для оценки засоления почв и проведения солевых съемок орошаемых территорий хлопкосеющей зоны // Доклады V Всесоюзного совещания по мелиорации, гидрогеологии, инженерной геологии и мелиоративного почвоведения. М. С. 147-180.
53. Панкова Е.И. 1984. Земельные ресурсы оазисов Гобийских пустынь и проблема их сохранения и рационального использования // В кн.: Природные условия и ресурсы пустынь СССР, их рациональное использование. Туркменистан: ЫЛЫМ. С. 223-229.
54. Панкова Е.И., Королюк Т.В. 1984. Диагностика, номенклатура и классификационное положение засоленных почв в Американской и Советской почвенных классификациях. М.: Союзводпроект. С. 1-46.
55. Панкова Е.И., Замана С.П., Воробьева Л.А. 1984. Природа щелочности почв оазисов Южно-Гобийских пустынь Монголии // Почвоведение. № 12. С. 95-101.
56. Панкова Е.И., Евстифеев Ю.Г. 1984. Географическое распространение и особенности засоления почв пустынной зоны МНР // Проблемы освоения пустынь. № 1. С. 44-51.

Публикации 1985 год

57. Панкова Е.И. 1985. Методические рекомендации по использованию аэрофотоматериалов при почвенно-солевых съемках орошаемой территории

comprehensive description of the desert ecosystems of the Trans-Altai Gobi [Sbornik nauchnykh trudov AN SSSR, sovместnaya sovetsko-mongol'skaya ekspeditsiya AN SSSR i AN MNR: Kompleksnaya kharakteristika pustynnykh ekosistem Zaaltayskoy Gobi]. Pushchino, 1983:17-21.

50. Pankova EI, Korolyuk TV. Soils of the solonetz series in the American and Soviet soil classifications [*Pochvy solontsovogo ryada v amerikanskoj i sovetskoj pochvennoj klassifikatsiyakh*]. *Problems of diagnostics and melioration of solonetz* [*Problemy diagnostiki i melioratsii solontsov. Novocherkassk*]. Novocherkassk, 1983:10-18.
51. Pankova EI, Rubtsova LP. Salinization of soils in dry and desert steppes of Mongolia [*Zasoleniya pochv sukhikh i opustynennykh stepey Mongolii. Eurasian Soil Science. 1983;9:13-21.*

Publications of 1984

52. Pankova EI. Guidelines for the use of aerial photography materials for assessing soil salinization and conducting salt surveys of irrigated areas of the cotton-growing zone [*Metodicheskiye rekomendatsii po ispol'zovaniyu materialov aerofotos'yemki dlya otsenki zasoleniya pochv i provedeniya solevykh s'yemok oroshayemykh territoriy khlopkoseyushchey zony*]. *Proc. of the 5th All-Union Conference on Melioration, Hydrogeology, Engineering Geology and Ameliorative Soil Science [Doklady V Vsesoyuznogo soveshchaniya po melioratsii, gidrogeologii, inzhenernoy geologii i meliorativnogo pochvovedeniya]*. 1984:147-180.
53. Pankova EI. Land resources of the oases of the Gobi deserts and the problem of their conservation and rational use [*Zemel'nyye resursy oazisov Gobiyskikh pustyn' i problema ikh sokhraneniya i ratsional'nogo ispol'zovaniya*]. *Natural conditions and resources of the deserts of the USSR, their rational use [Prirodnyye usloviya i resursy pustyn' SSSR, ikh ratsional'noye ispol'zovaniye]*. Turkmenistan: YLYM, 1984:223-229.
54. Pankova EI, Korolyuk TV. Diagnostics, nomenclature and classification position of saline soils in the American and Soviet soil classifications [*Diagnostika, nomenklatura i*

- хлопкосеющей зоны // В кн.: Почвенно-мелиоративное обоснование проектов мелиоративного строительства (пособие к ВСН «Почвенные изыскания для мелиоративного строительства»). М.: Министерство Мелиорации и водного хозяйства СССР. С. 172-193.
58. Панкова Е.И., Прохоров А.Н. 1985. О методике оценки пригодности воды для орошения по рекомендациям ФАО // В кн.: Почвенно-мелиоративное обоснование проектов мелиоративного строительства. Пособие к ВСН «Почвенные изыскания для мелиоративного строительства». М.: Министерство Мелиорации и водного хозяйства СССР. С. 150-172.
59. Панкова Е.И., Гусенков Е.П., Ильина М.П., Новикова А.Ф., Головина Н.Н. 1985. Характеристика мелиоративного фонда республик Средней Азии // Доклады симпозиумов VII делегатского съезда Всесоюзного общества почвоведов. Ч. 6. Ташкент: Мехнат. С. 14-30.
60. Панкова Е.И., Прохоров А.Н. 1985. Оценка оросительных вод по методике ФАО // Гидротехника и мелиорация. № 10. С. 54-58.
61. Панкова Е.И., Мазиков В.М. 1985. Методические рекомендации по использованию аэрофотосъемки для оценки засоления почв и проведения солевых съемок орошаемых территорий хлопкосеющей зоны в крупных и средних масштабах // Типография ВАСХНИЛ. С. 1-73.
62. Панкова Е.И., Орлов Д.С., Абрикова И.В. 1985. Содержание *klassifikatsionnoye polozheniye zasolennykh pochv v Amerikanskoj i Sovetskoy pochvennykh klassifikatsiyakh*. Moscow: Soyuzvodproekt, 1984:1-46.
55. Pankova EI, Zamana SP, Vorobieva LA. Nature of alkalinity in soils of oases in the South Gobi deserts of Mongolia [Priroda shchelochnosti pochv oazisov Yuzhno-Gobiyskikh pustyn' Mongolii]. *Eurasian Soil Science*. 1984;12:95-101.
56. Pankova EI, Evstifeev YuG. Geographic distribution and features of soil salinization in the desert zone of the Mongolian People's Republic [Geograficheskoye rasprostraneniye i osobennosti zasoleniya pochv pustynnoy zony MNR]. *Problems of desert development [Problemy osvoyeniya pustyn']*. 1984;1:44-51.
- Publications of 1985**
57. Pankova EI. Guidelines for the use of aerial photographs in soil-salt surveys of the irrigated area of the cotton-growing zone [*Metodicheskiye rekomendatsii po ispol'zovaniyu aerofotomaterialov pri pochvenno-solevykh s'yemkakh oroshayemoy territorii khlopkoseyushchey zony*]. *Soil-meliorative substantiation of reclamation construction projects (manual to the VSN "Soil surveys for reclamation construction")* [*Pochvenno-meliorativnoye obosnovaniye proyektov meliorativnogo stroitel'stva (posobiye k VSN "Pochvennyye izyskaniya dlya meliorativnogo stroitel'stva")*]. Moscow: Ministerstvo Melioratsii i vodnogo khozyaystva SSSR, 1985:172-193.
58. Pankova EI, Prokhorov AN. On the methodology for assessing the suitability of water for irrigation according to the recommendations of the FAO [*O metodike otsenki prigodnosti vody dlya orosheniya po rekomendatsiyam FAO*]. *Soil-meliorative substantiation of reclamation construction projects (manual to the VSN "Soil surveys for reclamation construction")* [*Pochvenno-meliorativnoye obosnovaniye proyektov meliorativnogo stroitel'stva (posobiye k VSN "Pochvennyye izyskaniya dlya meliorativnogo stroitel'stva")*]. Moscow: Ministerstvo Melioratsii i vodnogo khozyaystva SSSR, 1985:150-172.
59. Pankova EI, Gusenkov EP, Ilyina MP, Novikova

и состав гумуса в почвах пустынной зоны МНР // В сб.: Свойства и пути мелиорации засоленных почв. Новочеркасск. С. 18-32.

Публикации 1986 год

63. Панкова Е.И., Евстифеев Ю.Г., Якунин Г.Н. 1986. Почвенный покров и диагностика почв // В кн.: Пустыни Заалтайской Гоби. М.: Наука. С. 53-80.
64. Панкова Е.И. 1986. Засоление почв Монголии // Почвоведение. № 10. С. 81-89.
65. Панкова Е.И., Гусенков Е.П. 1986. Состав и объем почвенно-мелиоративных исследований для обоснования проектов мелиоративных систем на засоленных землях // Научные труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. Методы изучения и повышения плодородия засоленных почв. М. С. 5-14.
66. Панкова Е.И., Генусов А.З., Гарммуратов Д., Елюбаев С.М., Кунгиров Т.К., Ли В.Н. 1986. Структура почвенного покрова орошаемой территории аридной зоны // В кн.: География и генезис антропогенно-измененных и естественных почв. М. С. 139-143.
67. Панкова Е.И., Головина Н.Н., Венцкевич С.Д., Панадиади Е.А. 1986. Опыт оценки засоления почв орошаемых территорий Средней Азии по материалам космической съемки // Почвоведение. № 3. С. 138-146.

Публикации 1987 год

68. Панкова Е.И., Соловьев Д.А. 1987. Картирование почв орошаемых территорий хлопкосеющей зоны по космическим снимкам //

AF, Golovina NN. Characteristics of the reclamation fund of the republics of Central Asia [*Kharakteristika meliorativnogo fonda respublik Sredney Azii*]. Reports of the symposiums of the VII delegate congress of the All-Union Society of Soil Scientists, Pt. 6 [*Doklady simpoziumov VII delegatskogo s'yezda Vsesoyuznogo obshchestva pochvovedov*]. Tashkent: Mekhnat, 1985:14-30.

60. Pankova EI, Prokhorov AN. Evaluation of irrigation water according to the FAO methodology [Otsenka orositel'nykh vod po metodike FAO]. *Hydrotechnics and Melioration*. 1985;10:54-58.
61. Pankova EI, Mazikov VM. Guidelines for the use of aerial photography to assess soil salinity and conduct salt surveys of irrigated areas of the cotton-growing zone on a large and medium scale [*Metodicheskiye rekomendatsii po ispol'zovaniyu aerofotos'yemki dlya otsenki zasoleniya pochv i provedeniya solevykh s'yemok oroshayemykh territoriy khlopkoseyushchey zony v krupnykh i srednikh masshtabakh*]. Tipografiya VASKHNIL, 1985:1-73.
62. Pankova EI, Orlov DS, Abrukova IV. The content and composition of humus in the soils of the desert zone of the Mongolian People's Republic [*Soderzhaniye i sostav gumusa v pochvakh pustynnoy zony MNR*]. Properties and ways of melioration of saline soils [*Svoystva i puti melioratsii zasolennykh pochv*]. Novocherkassk, 1985:18-32.

Publications of 1986

63. Pankova EI, Evstifeev YuG, Yakunin GN. Soil cover and soil diagnostics [*Pochvennyy pokrov i diagnostika pochv*]. Deserts of the Transaltai Gobi [*Pustyni Zaaltayskoy Gobi*]. Moscow: Nauka, 1986:53-80.
64. Pankova EI. Soil salinization in Mongolia [*Zasoleniye pochv Mongolii*]. *Eurasian Soil Science*. 1986;10:81-89.
65. Pankova EI, Gusenkov EP. Composition and scope of soil-reclamation research to substantiate projects of meliorative systems on saline lands [*Sostav i ob'yem pochvenno-meliorativnykh issledovaniy dlya obosnovaniya proyektov meliorativnykh sistem na zasolennykh zemlyakh*]. Scientific works of V.V. Dokuchaev Soil Institute [*Nauchnyye trudy Pochvennogo instituta im. V.V.*

Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. Вып. 41. С. 44-55.

69. Панкова Е.И., Мурадова З.М. 1987. Мелиоративное сельскохозяйственное освоение гипсоносных почв Джизакской степи // Вестник сельскохозяйственной науки. № 4. С. 54-60.
70. Панкова Е.И., Ямнова И.А. 1987. Формы гипсовых новообразований как фактор, определяющий мелиоративные свойства гипсовых почв // Почвоведение. № 7. С. 101-109.
71. Панкова Е.И., Ямнова И.А. 1987. Использование микроморфологических методов при изучении засоленных почв // Гидротехника и мелиорация. № 9. С. 31-34.

Публикации 1988 год

72. Панкова Е.И. 1988. Научно-методические основы организации мониторинга засоления почв // Вестник сельскохозяйственной науки. № 9. С. 132-134.
73. Панкова Е.И., Чижикова Н.П., Евстифеев Ю.Г. 1988. Минералогический состав илистой фракции пустынных почв Монголии // Почвоведение. № 8. С. 44-55.

Публикации 1989 год

74. Панкова Е.И., Гунин П.Д., Востокова Е.А. 1989. Методические рекомендации по оценке и картографированию современного состояния экосистем. Улан-Батор. С. 1-107.
75. Панкова Е.И., Буданов В.Е., Соловьев Д.А. 1989. Опыт использования различных материалов аэрофотосъемки для картографирования засоления

Dokuchayeva]. Methods for studying and improving the fertility of saline soils [Metody izucheniya i povysheniya plodorodiya zasolennykh pochv]. 1986:5-14.

66. Pankova EI, Genusov AZ, Garmuratov D, Elyubaev SM, Kungirov TK, Li VN. The structure of the soil cover of the irrigated territory of the arid zone [*Struktura pochvennogo pokrova oroshayemoy territorii aridnoy zony*]. *Geography and Genesis of Anthropogenically Modified and Natural Soils [Geografiya i genezis antropogenno-izmenennykh i yestestvennykh pochv]. 1986:139-143.*
67. Pankova EI, Golovina NN, Ventskevich SD, Panadiadi EA. Experience in assessing soil salinity in irrigated areas of Central Asia based on satellite imagery [*Opyt otsenki zasoleniya pochv oroshayemykh territoriy Sredney Azii po materialam kosmicheskoy s'yemki*]. *Eurasian Soil Science. 1986;3:138-146.*

Publications of 1987

68. Pankova EI, Solovyov DA. Mapping of soils in irrigated areas of the cotton-growing zone based on satellite images [*Kartirovaniye pochv oroshayemykh territoriy khlopkoseyushchey zony po kosmicheskim snimkam*]. *Bulletin of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva]. 1987;41:44-55.*
69. Pankova EI, Muradova ZM. Ameliorative agricultural development of gypsum-bearing soils of the Jizzakh steppe [*Meliorativnoye sel'skokhozyaystvennoye osvoyeniye gipsonosnykh pochv Dzhizakskoy stepi*]. *Bulletin of Agricultural Science [Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki]. 1987;4:54-60.*
70. Pankova EI, Yamnova IA. Forms of gypsum neoformations as a factor determining the ameliorative properties of gypsum soils [*Formy gipsovykh novoobrazovaniy kak faktor, opredelyayushchiy meliorativnyye svoystva gipsovykh pochv*]. *Eurasian Soil Science. 1987;101-109.*
71. Pankova EI, Yamnova IA. The use of micromorphological methods in the study of saline soils [*Ispol'zovaniye mikromorfologicheskikh metodov pri izuchenii zasolennykh pochv*]. *Hydrotechnics and Melioration. 1987;9:31-34.*

орошаемых земель Средней Азии // В кн.: Аэрокосмические методы в почвоведении. М.: Колос. С. 121-123.

76. Панкова Е.И., Андроников В.Л., Королюк Т.В. 1989. Дистанционные методы почвенного мониторинга на службе расширенного воспроизводства плодородия почв // В кн.: Аэрокосмические методы в почвоведении. М.: Колос. С. 90-91.

77. Панкова Е.И., Сахатов Б.К. 1989. Почвенно-мелиоративные условия сероземно-луговых почв подгорной равнины Центрального Копетдага // В кн.: Орошаемые почвы – основа интенсификации с/х производства Туркменистана. С. 25-31.

78. Панкова Е.И., Шишов Л.Л., Сорокина Н.П. 1989. Составление крупномасштабных почвенных карт с показом структуры почвенного покрова // Методические рекомендации. М.: Минсельхоз СССР. 55 с.

79. Панкова Е.И. 1989. Дистанционный мониторинг засоления почв орошаемых территорий Средней Азии // Тезисы докладов VIII Всесоюзного Съезда почвоведов, Новосибирск, 14-18 августа 1989 г. Кн. 4. С. 342.

Публикации 1990 год

80. Панкова Е.И., Айдаров И.П., Балдандорж Ц. 1990. Направленность изменения почвенных процессов в богарных и орошаемых почвах Монголии // Сб.: Методические вопросы оценки состояния природной среды МНР (международное совещание). Пушино. С. 29-32.

81. Панкова Е.И., Мурадова З.М.

Publications of 1988

72. Pankova EI. Scientific and methodological foundations of soil salinity monitoring [Nauchno-metodicheskiye osnovy organizatsii monitoringa zasoleniya pochv]. *Bulletin of Agricultural Science [Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki]*. 1988;9:132-134.

73. Pankova EI, Chizhikova NP, Evstifeev YuG. Mineralogical composition of the clay fraction of desert soils in Mongolia [Mineralogicheskiy sostav ilistoy fraktsii pustynnykh pochv Mongolii]. *Eurasian Soil Science*. 1988;8:44-55.

Publications of 1989

74. Pankova EI, Gunin PD, Vostokova EA. Methodological guidelines for assessing and mapping the current state of ecosystems [Metodicheskiye rekomendatsii po otsenke i kartografirovaniyu sovremennogo sostoyaniya ekosistem]. Ulaanbaatar, 1989:1-107.

75. Pankova EI, Budanov VE, Soloviev DA. Experience in the use of various aerial photography materials to map the salinity of irrigated lands in Central Asia [Opyt ispol'zovaniya razlichnykh materialov aerofotos'yemki dlya kartografirovaniya zasoleniya oroshayemykh zemel' Sredney Azii]. *Aerospace methods in soil science [Aerokosmicheskiye metody v pochvovedenii]*. Moscow: Kolos, 1989:121-123.

76. Pankova EI, Andronikov VL, Korolyuk TV. Remote methods of soil monitoring in the service of expanded reproduction of soil fertility [Distantсионные методы почвенного мониторинга на службе расширенного воспроизводства плодородия почв]. *Aerospace methods in soil science [Aerokosmicheskiye metody v pochvovedenii]*. Moscow: Kolos, 1989:90-91.

77. Pankova EI, Sakhatov BK. Soil-meliorative conditions of sierozem-meadow soils of the piedmont plain of the Central Kopetdag [Pochvenno-meliorativnyye usloviya serozemno-lugovykh pochv podgornoy ravniny Tsentral'nogo Kopetdaga]. *Irrigated soils are the basis for the intensification of agricultural production in Turkmenistan [Oroshayemye pochvy – osnova intensifikatsii s/kh proizvodstva Turkmenistana]*.

1990. Почвенно-литолого-геоморфологическое районирование Голодностепской подгорной равнины // Сборник научных трудов Почвенного института им. В.В. Докучаева «Условия формирования и свойства трудномелиорируемых почв Джизакской степи». М. С. 4-12.
82. Панкова Е.И. 1990. Трудномелиорируемые почвы Джизакской степи // Сборник научных трудов Почвенного института им. В.В. Докучаева «Условия формирования и свойства трудномелиорируемых почв Джизакской степи». М. С. 13-20.
83. Панкова Е.И., Головина Н.Н., Минский Д.Е., Соловьев Д.А. 1990. Применение машинного дешифрирования аэрофотоснимков для картографирования засоления почв хлопкосеющей зоны // В кн.: Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве. М.: Наука. С. 226-231.
84. Панкова Е.И. 1990. Дистанционная диагностика засоления почв под культурой хлопчатника // В кн.: Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве. М.: Наука. С. 175-183.
85. Панкова Е.И. 1990. Наталья Ивановна Базилевич (к 80-летию со дня рождения) // Почвоведение. № 5. С. 166-168.
86. Панкова Е.И., Андроников В.Л., Королюк Т.В. 1990. О проблеме организации аэрокосмического почвенного мониторинга // Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве. М.: Наука. С. 1989:25-31.
78. Pankova EI, Shishov LL, Sorokina NP. Compilation of large-scale soil maps showing the structure of the soil cover [*Sostavleniye krupnomasshtabnykh pochvennykh kart s pokazom struktury pochvennogo pokrova*]. *Methodical recommendations [Metodicheskiye rekomendatsii]*. Moscow: Minsel'khoz SSSR, 1989:50.
79. Pankova E.I. Remote monitoring of soil salinization in irrigated areas of Central Asia [*Distantsionnyy monitoring zasoleniya pochv oroshayemykh territoriy Sredney Azii*]. *Abstracts of reports of the VIII All-Union Congress of soil scientists, Book 4, Novosibirsk, 14-18 August 1989 [Tezisy докладov VIII Vsesoyuznogo S'yezda pochvedov]*. 1989:342.

Publications of 1990

80. Pankova EI, Aidarov IP, Baldandorzh Ts. Direction of changes in soil processes in rainfed and irrigated soils of Mongolia [*Napravlennost' izmeneniya pochvennykh protsessov v bogarnykh i oroshayemykh pochvakh Mongolii*]. *Methodological issues of assessing the state of the natural environment of the Mongolian People's Republic (international meeting) [Metodicheskiye voprosy otsenki sostoyaniya prirodnoy sredy MNR (mezhdunarodnoye soveshchaniye)]*. Pushchino, 1990:29-32.

81. Pankova EI, Muradova ZM. Soil-lithological-geomorphological zoning of the Golodno-steppe piedmont plain [*Pochvenno-litologo-geomorfologicheskoye rayonirovaniye Golodnostepskoy podgornoj ravniny*]. *Collection of scientific works of V.V. Dokuchaev Soil Institute "Conditions of formation and properties of hard-to-reclaim soils of the Jizzakh steppe" [Sbornik nauchnykh trudov Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva "Usloviya formirovaniya i svoystva trudnomelioriruyemykh pochv Dzhizakskoy stepi"]*. 1990:4-12.

82. Pankova EI. Difficult-reclaimed soils of the Jizzakh steppe [*Trudnomelioriruyemyye pochvy Dzhizakskoy stepi*]. *Collection of scientific works of V.V. Dokuchaev Soil Institute "Conditions of formation and properties of hard-to-reclaim soils of the Jizzakh steppe" [Sbornik nauchnykh trudov Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva*

- хозяйстве. М.: Наука. С. 154-161.
87. Панкова Е.И., Балдандорж Ц., Батбаяр Д. 1990. Состояние орошаемых земель и процессы деградации орошаемых почв массива Хархорин // Сб.: Методические вопросы оценки состояния природной среды МНР (Международное совещание). Пушино. С. 36-37.
88. Панкова Е.И., Балдандорж Ц., Батбаяр Д. 1990. Орошаемые земли как объект антропогенной нарушенности природных экосистем Монголии // Сб.: Экология и природопользование в Монголии. Улан-Батор. С. 35-37.
89. Панкова Е.И., Гунин П.Д., Амелина Т.В., Балабко П.Н. 1990. Богарные пашни как объект антропогенной нарушенности природных экосистем МНР // Сб.: Экология и природопользование в Монголии. Улан-Батор. С. 32-35.
90. Панкова Е.И., Доржготов Д. 1990. Монгольская Народная Республика. Национальный атлас. Карта засоления почв Монголии. Улан-Батор-М.: АН МНР, ГУГК, ГСК, АН СССР. С. 14.
91. Панкова Е.И., Мандахбаяр Ж. 1990. Карта засоления почв оазиса Эхийн-гол. Улан-Батор-М.: АН МНР, ГУГК, ГСК, АН СССР. С. 144.
- Публикации 1991 год**
92. Панкова Е.И., Орлов Д.С., Караванова Е.И. 1991. Влияние легкорастворимых солей на спектральную отражательную способность почв сероземной зоны // Почвоведение. № 4. С. 120-135.
93. Pankova E.I., Shishov L.L., Zimovets B.A., Pyagei E.T. 1991. "Usloviya formirovaniya i svoystva trudnomelioriruyemykh pochv Dzhizakskoy stepi". 1990:13-20.
83. Pankova EI, Golovina NN, Minsky DE, Soloviev DA. Application of machine interpretation of aerial photographs for mapping soil salinity in the cotton-growing zone [*Primeneniye mashinnogo deshifirovaniya aerofotosnimkov dlya kartografirovaniya zasoleniya pochv khlopkoseyushchey zony*]. *Aerospace methods in soil science and their use in agriculture [Aerokosmicheskiye metody v pochvovedenii i ikh ispol'zovaniye v sel'skom khozyaystve]*. Moscow: Nauka, 1990:226-231.
84. Pankova EI. Remote diagnostics of soil salinization under cotton crops [*Distantcionnaya diagnostika zasoleniya pochv pod kul'turoy khlopchatnika*]. *Aerospace methods in soil science and their use in agriculture [Aerokosmicheskiye metody v pochvovedenii i ikh ispol'zovaniye v s/kh]*. Nauka, 1990:175-183.
85. Pankova EI. Natalya Ivanovna Bazilevich (on the occasion of her 80th birthday) [Natal'ya Ivanovna Bazilevich (k 80-letiyu so dnya rozhdeniya)]. *Eurasian Soil Science*. 1990;5:166-168.
86. Pankova EI, Andronikov VL, Korolyuk TV. On the problem of organizing aerospace soil monitoring [*O probleme organizatsii aerokosmicheskogo pochvennogo monitoringa*]. *Aerospace methods in soil science and their use in agriculture [Aerokosmicheskiye metody v pochvovedenii i ikh ispol'zovaniye v sel'skom khozyaystve]*. Moscow: Nauka, 1990:154-161.
87. Pankova EI, Baldandorzh Ts, Batbayar D. The state of irrigated lands and the processes of degradation of irrigated soils of the Kharkhorin massif [*Sostoyaniye oroshayemykh zemel' i protsessy degradatsii oroshayemykh pochv massiva Kharkhorin*]. *Methodological issues of assessing the state of the natural environment of the Mongolian People's Republic (International meeting) [Metodicheskiye voprosy otsenki sostoyaniya prirodnoy sredy MNR (Mezhdunarodnoye soveshchaniye)]*. Pushchino, 1990:36-37.
88. Pankova EI, Baldandorzh Ts, Batbayar D. Irrigated lands as an object of anthropogenic disturbance of natural ecosystems in Mongolia [*Oroshayemyye zemli kak ob'yekt antropogennoy*

Contemporary Problems of Genesis Melioration and Use of Salinized and Solonchic Soils in the USSR // Genesis and Control of Fertility of Salt Affected Soils. Pp. 18-36.

94. *Pankova E.I.* 1991. Specifications of Soil Salinization of the Middle Asia and Mongolia Arid Regions // Genesis and Control of Fertility of Salt Affected Soils. Pp. 145-148.

Публикации 1992 год

95. *Панкова Е.И.* 1992. Генезис засоления почв пустынь. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. С. 136.
96. *Панкова Е.И.* 1992. Засоление почв пустынь в связи с аридностью и континентальностью климат // Проблемы освоения пустынь. № 3. С. 54-61.
97. *Панкова Е.И., Сингх, Воробьева Л.А.* 1992. Гидроморфизм и особенности засоления почв сероземной зоны Вестник Московского университета. Почвоведение. № 1. Сер.17. С. 50-55.
98. *Панкова Е.И., Зимовец Б.А., Зайдельман Ф.Р., Бойко С.В.* 1992. Концептуальные основы мелиорации почв Мелиорация и водное хозяйство. № 5-6. С. 7-10.
99. *Панкова Е.И., Долинина Е.А.* 1992. Сопоставление засоления почв Голодной степи за различные годы Мелиорация и водное хозяйство. № 1. С. 31-33.
100. *Панкова Е.И., Айдаров И.П.* 1992. Элементарные почвенные процессы миграции вещества в почве // В кн.: Элементарные почвообразовательные процессы. М.: Наука. С. 71-83.

Публикации 1993 год

101. *Панкова Е.И., Андроников В.Л., Симакова М.С., Королук Т.В.,*

narushennosti prirodnykh ekosistem Mongolii]. Ecology and nature management in Mongolia [Ekologiya i prirodopol'zovaniye v Mongolii]. Ulaanbaatar, 1990:35-37.

89. *Pankova EI, Gunin PD, Amelina TV, Balabko PN.* Rain-fed arable lands as an object of anthropogenic disturbance of the natural ecosystems of the Mongolian People's Republic [*Bogarnnyye pashni kak ob'yekt antropogennoy narushennosti prirodnykh ekosistem MNR]. Ecology and nature management in Mongolia [Ekologiya i prirodopol'zovaniye v Mongolii]. Ulaanbaatar, 1990:32-35.*
90. *Pankova E.I., Dorzhgotov D.* Mongolian People's Republic. National Atlas. Soil salinization map of Mongolia [*Mongol'skaya Narodnaya Respublika. Natsional'nyy atlas. Karta zasoleniya pochv Mongolii]. Ulaanbaatar-Moscow: AN MNR, GUGK, GSK, AN SSSR. 1990:14.*
91. *Pankova E.I., Mandakhbayar Zh.* Map of soil salinization in the Ekhiin-gol oasis [*Karta zasoleniya pochv oazisa Ekhiyn-gol]. Ulaanbaatar-Moscow: AN MNR, GUGK, GSK, AN SSSR. 1990:144.*

Publications of 1991

92. *Pankova EI, Orlov DS, Karavanova EI.* Influence of easily soluble salts on the spectral reflectivity of soils of the serozem zone [*Vliyaniye legkorastvorimyykh soley na spektral'nyuyu otrazhatel'nyuyu sposobnost' pochv serozemnoy zony]. Eurasian Soil Science. 1991;4:120-135.*
93. *Pankova EI, Shishov LL, Zimovets BA, Pyagei ET.* Contemporary Problems of Genesis Melioration and Use of Salinized and Solonchic Soils in the USSR. Genesis and Control of Fertility of Salt Affected Soils. 1991:18-36.
94. *Pankova EI.* Specifications of Soil Salinization of the Middle Asia and Mongolia Arid Regions. Genesis and Control of Fertility of Salt Affected Soils. 1991:145-148.

Publications of 1992

95. *Pankova EI.* Genesis of salinization of desert soils [*Genezis zasoleniya pochv pustyn']. Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Institute. 1992:136.*
96. *Pankova EI.* Salinization of desert soils due to aridity and continental climate [*Zasoleniye pochv pustyn' v svyazi s aridnost'yu i kontinental'nost'yu*

- Синицына М.Г., Щербенко Е.В. 1993. Аэрокосмические методы – основа картографии почв // В кн.: География и картография почв. М.: Наука. С. 206-216.
102. Панкова Е.И., Бурханова Н.Э. 1993. Диагностика по космофотоснимкам деградационных почвенных процессов аридных территорий // В кн.: География и картография почв. М.: Наука. С. 246-254.
103. Панкова Е.И., Соловьев Д.А. 1993. Дистанционный мониторинг засоления орошаемых почв М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 191 с.
104. Панкова Е.И., Ямнова И.А. 1993. Диагностика и классификация солончаков // Почвоведение. № 10. С. 28-38
105. Панкова Е.И. 1993. Деградационные процессы в агроэкосистемах Монголии // Почвоведение. № 12. С. 92-98.
106. Панкова Е.И., Зимовец Б.А., Королюк Т.В. 1993. Структура почвенного покрова аридных территорий суббореального пояса Евразии // Почвоведение. № 7. С. 56-64.
107. Панкова Е.И., Зимовец Б.А., Зайдельман Ф.Р., Бойко С.В. 1993. Экологическая концепция мелиорации почв // Почвоведение. № 7. С. 71-78.
97. Pankova EI, Singh, Vorobieva LA. Hydromorphism and salinity features of soils in the sierozem zone Bulletin of the Moscow University [Gidromorfizm i osobennosti zasoleniya pochv serozemnoy zony Vestnik Moskovskogo universiteta]. *Eurasian Soil Science*. 1992;1:50-55.
98. Pankova EI, Zimovets BA, Zaidelman FR, Boyko SV. Conceptual foundations of soil reclamation [Kontseptual'nyye osnovy melioratsii pochv Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo]. *Melioration and Water Management [Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo]*. 1992;5-6:7-10.
99. Pankova EI, Dolinina EA. Comparison of soil salinity in the Hungry Steppe for different years [Sopostavleniye zasoleniya pochv Golodnoy stepi za razlichnyye gody Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo]. *Melioration and Water Management [Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo]*. 1992;1:31-33.
100. Pankova EI, Aidarov IP. Elementary soil processes of matter migration in the soil [Elementarnyye pochvennyye protsessy migratsii veshchestva v pochve]. *Elementary soil-forming processes [Elementarnyye pochvoobrazovatel'nyye protsessy]*. Moscow: Nauka, 1992:71-83.

Publications of 1993

Публикации 1994 год

108. Панкова Е.И., Королюк Т.В., Ямнова И.А. 1994. Влияние трансгрессии Каспийского моря на засоление почв прибрежной зоны в пределах России // Тезисы международной конференции почвоведов, 7-12 сентября 1994 г.: Почвенные ресурсы Прикаспийского региона и рациональное использование в климат]. *Problems of desert development [Problemy osvoyeniya pustyn']*. 1992;3:54-61.
102. Pankova EI, Burkhanova NE. Diagnostics by space photographs of soil degradation processes in arid territories [Diagnostika po kosmofotosnimkam degradatsionnykh pochvennykh protsessov aridnykh territoriy]. *Geography and cartography of soils [Geografiya i kartografiya pochv]*. Moscow: Nauka, 1993:246-254.
103. Pankova EI, Solovyov DA. Remote monitoring of salinization of irrigated soils [Distantzionny monitoring zasoleniya oroshayemykh pochv]. Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Institute,

- современных социально-экономических условиях. Астрахань. С. 232-239.
109. Панкова Е.И., Соловьев Д.А. 1994. Опыт дистанционной оценки многолетней динамики засоления Новой зоны орошения Голодной степи // Проблемы освоения пустынь. № 3-4. С. 5-12.
110. Панкова Е.И. 1994. Программа организации мониторинга засоленных почв // В сб.: Почвы засушливой зоны и их изменения под влиянием мелиорации. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. С. 107-115.
111. Панкова Е.И., Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 1994. Влияние обводненности территории на почвенно-растительный покров оазисов Южной Гоби // Водные ресурсы. Т. 21. № 3. С. 358-364.
- 1993:191.
104. Pankova EI, Yamnova IA. Diagnostics and classification of solonchaks [Diagnostika i klassifikatsiya solonchakov]. *Eurasian Soil Science*. 1993;10:28-38
105. Pankova EI. Degradation processes in the agroecosystems of Mongolia [Degradatsionnyye protsessy v agroekosistemakh Mongolii]. *Eurasian Soil Science*. 1993;12:92-98.
106. Pankova EI Zimovets BA, Korolyuk TV. Structure of the soil cover in arid territories of the subboreal zone of Eurasia [Struktura pochvennogo pokrova aridnykh territoriy subboreal'nogo poyasa Yevrazii]. *Eurasian Soil Science*. 1993;7:56-64.
107. Pankova EI, Zimovets BA, Zaidelman FR, Boyko SV. Ecological concept of soil reclamation [Ekologicheskaya kontseptsiya melioratsii pochv]. *Eurasian Soil Science*. 1993;7:71-78.

Publications of 1994

Публикации 1995 год

112. Pankova E.I. 1995. Salt Affected Soils in the Caspian Coast and Their Evolution as Related to Fluctuation of the Sea Level // International Symposium on Salt Affected Lagoon Ecosystems, Valencia (Spain), 18-25 September 1995. Pp. 52-53.
113. Pankova E.I., Novikova A.F. 1995. Salinity of Soils under Irrigation and its Remote Monitoring in Russia // International Symposium on Salt Affected Lagoon Ecosystems, Valencia (Spain), 18-25 September 1995. Pp. 147-148.
114. Pankova E.I., Novikova A.F. 1995. Salt Affected Soils in the Caspian Coast and Their Evolution as Related to Fluctuation of the Sea Level // International Symposium on Salt Affected Lagoon Ecosystems, Valencia (Spain), 18-25 September 1995. Pp. 52-53.
115. Pankova E.I., Pavlov V.A. 1995. On
108. Pankova EI, Korolyuk TV, Yamnova IA. Influence of transgression of the Caspian Sea on soil salinization of the coastal zone within Russia [Vliyaniye transgressii Kaspiyskogo morya na zasoleniye pochv pribrezhnoy zony v predelakh Rossii]. *Abstracts of the international conference of soil scientists, September 7-12, 1994 [Tezisy mezhdunarodnoy konferentsii pochvedov] Soil resources of the Caspian region and rational use in modern socio-economic conditions [Pochvennyye resursy Prikaspiyskogo regiona i ratsional'noye ispol'zovaniye v sovremennykh sotsial'no-ekonomicheskikh usloviyakh]*. Astrakhan, 1994:232-239.
109. Pankova EI, Soloviev DA. Experience of remote assessment of long-term dynamics of salinization in the New Irrigation Zone of the Hungry Steppe [Opyt distantsionnoy otsenki mnogoletney dinamiki zasoleniya Novoy zony orosheniya Golodnoy stepi]. *Problems of Desert Development [Problemy osvoyeniya pustyn']*. 1994;3-4:5-12.
110. Pankova EI. Program for organizing monitoring of saline soils [Programma organizatsii monitoringa zasolennykh pochv]. *Soils of the arid zone and their changes under the influence of melioration [Pochvy zasushlivoy zony i ikh izmeneniya pod vliyaniyem melioratsii]*. Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Institute, 1994:107-115.
111. Pankova EI, Kuzmina ZhV, Treshkin SE.

Three Problems Related to the soil Salinity Mapping // International Symposium on Salt Affected Lagoon Ecosystems, Valencia (Spain), 18-25 September. Pp. 150-152.

116. Панкова Е.И., Востокова Е.А., Евстифеев Ю.Г., Якунин Г.Н. 1995. Почвенный покров // В кн.: Экосистемы Монголии. С. 61-78.
117. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. 1995. Засоленные почвы России (диагностика, география, площади) // Почвоведение. № 1. С. 73-83.
118. Панкова Е.И., Воробьева Л.А. 1995. Природа щелочности и диагностика щелочных почв аридных и семиаридных территорий // Почвоведение. № 7. С. 108-114.
119. Панкова Е.И., Айдаров И.П. 1995. Экологические требования к качеству оросительных вод // Почвоведение. № 7. С. 870-878.
120. Панкова Е.И., Айдаров И.П., Зимовец Б.А. 1995. Экологические требования к качественному составу оросительных вод, обеспечивающих предотвращение засоления и осолонцевание почв. Руководство. Министерство с/х и продовольствия РФ, Центр научно-технической информации. 31 с.
121. Панкова Е.И. 1995. Рецензия на статью В.Г. Агабабян «Мелиорация содовых солонцов-солончаков серной кислотой» // Почвоведение. № 4. С. 523-524.

Публикации 1996 год

122. Панкова Е.И., Айдаров И.П., Ямнова И.А., Новикова А.Ф., Благоволин Н.С. 1996. Природное и антропогенное засоление почв бассейна Аральского моря

Influence of watering of the territory on the soil and vegetation cover of the oases of the South Gobi [*Vliyaniye obvodnennosti territorii na pochvenno-rastitel'nyy pokrov oazisov Yuzhnoy Gobi*]. *Water Resources [Vodnyye resursy]*. 1994;21 (3):358-364.

Publications of 1995

112. Pankova EI. Salt affected soils in the Caspian Coast and their evolution as related to fluctuation of the sea level. International symposium on salt affected lagoon ecosystems, Valencia (Spain), 18-25 September 1995. 1995:52-53.
113. Pankova EI, Novikova AF. Salinity of soils under irrigation and its remote monitoring in Russia. International symposium on salt affected lagoon ecosystems, Valencia (Spain), 18-25 September 1995. 1995:147-148.
114. Pankova EI, Novikova AF. Salt affected soils in the Caspian Coast and their evolution as related to fluctuation of the sea level International symposium on salt affected lagoon ecosystems, Valencia (Spain), 18-25 September 1995. 1995:52-53.
115. Pankova EI, Pavlov VA. On three problems related to the soil salinity mapping International symposium on salt affected lagoon ecosystems, Valencia (Spain), 18-25 September 1995. 1995:150-152.
116. Pankova EI, Vostokova EA, Evstifeev YuG, Yakunin GN. Soil cover [*Pochvennyy pokrov*]. *Ecosystems of Mongolia [Ekosistemy Mongolii]*. 1995:61-78.
117. Pankova EI, Novikova AF. Saline soils of Russia (diagnostics, geography, areas) [*Zasolennyye pochvy Rossii (diagnostika, geografiya, ploshchadi)*]. *Eurasian Soil Science*. 1995;1:73-83
118. Pankova EI, Vorobieva LA. The nature of alkalinity and diagnostics of alkaline soils in arid and semi-arid territories [*Priroda shchelochnosti i diagnostika shchelochnykh pochv aridnykh i semiaridnykh territoriy*]. *Eurasian Soil Science*. 1995. No. 7. pp.108-114
119. Pankova EI, Aidarov IP. Ecological requirements for the quality of irrigation water [*Ekologicheskiye trebovaniya k kachestvu orositel'nykh vod*]. *Eurasian Soil Science*. 1995;7:870-878
120. Pankova EI, Aidarov IP, Zimovets BA., et al.

- (география, генезис, эволюция). М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 187 с.
123. Панкова Е.И., Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 1996. Состояние тугайной растительности в оазисах Южной Монголии и перспектива их восстановления // Аридные экосистемы. № 2-3. С. 131-144
124. Панкова Е.И., Новикова А.Ф., Никольская А.А., Кормыш Е.И. 1996. Почвенно-экологическое районирование земель Барабы // Мелиорация и водное хозяйство. № 4. С. 789-798.
- Публикации 1997 год**
125. Панкова Е.И., Аидаров И.П. 1997. Soil Salinity in Arid Ecosystems of the Aral Sea basin // International Symposium on Sustainable Management of Salt Affected Soils in the Arid Ecosystem, Cairo, Egypt, 22-26 September 1997. Pp. 69-70.
126. Панкова Е.И. 1997. Soil Salinity in Caspian Coast and its Evolution as Related to the Sea Level Fluctuation // International Symposium on Salt Affected Lagoon Ecosystems. Pp. 109-113.
127. Панкова Е.И., Шануро М.Б. 1997. Деграционные процессы на пашнях Монголии // Материалы конференции «Проблемы антропогенного почвообразования». М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. С. 147-149.
128. Панкова Е.И. 1997. Закономерности формирования почвенного покрова и особенности почв степей и пустынь Монголии // Почвоведение. № 7. С. 789-798.
129. Панкова Е.И., Горохова И.Н. 1997. Метод дистанционного контроля за состоянием Ecological requirements for the qualitative composition of irrigation waters that prevent salinization and solonchization of soils [Ekologicheskiye trebovaniya k kachestvennomu sostavu orositel'nykh vod, obespechivayushchikh predotvrashcheniye zasoleniya i osolontsevaniye pochv]. A Guide [Rukovodstvo]. Moscow: Ministerstvo s/kh i prodovol'stviya RF, Tsentr nauchno-tehnicheskoy informatsii, 1995:31.
121. Pankova EI. Review of the article "Reclamation of soda solonchets-salt marshes with sulfuric acid" by V.G. Aghababyan [Retsenziya na stat'yu V.G. Agababyan "Melioratsiya sodovykh solontsov-solonchakov sernoy kislotoy"]. *Eurasian Soil Science*. 1995;4:523-524.
- Publications of 1996**
122. Pankova EI, Aidarov IP, Yamnova IA, Novikova AF, Blagovolin NS. Natural and anthropogenic salinization of soils in the Aral Sea basin (geography, genesis, evolution) [*Prirodnoye i antropogennoye zasoleniye pochv basseyna Aral'skogo morya (geografiya, genezis, evolyutsiya)*]. Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Institute, 1996:87.
123. Pankova EI, Kuzmina ZhV, Treshkin SE. State of tugai vegetation in the oases of Southern Mongolia and the prospect of their restoration [Sostoyaniye tugaynoy rastitel'nosti v oazisakh Yuzhnoy Mongolii i perspektiva ikh vosstanovleniya]. *Arid Ecosystems*. 1996;2-3:131-144.
124. Pankova EI, Novikova AF, Nikolskaya AA, Korмыш EI. Soil-ecological zoning of the lands of Baraba [Pochvenno-ekologicheskoye rayonirovaniye zemel' Baraby]. *Reclamation and Water Management [Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo]*. 1996;4:789-798.
- Publications of 1997**
125. Pankova EI, Aidarov IP. Soil salinity in arid ecosystems of the Aral Sea basin. International symposium on sustainable management of salt affected soils in the arid ecosystem, Cairo, Egypt, 22-26 September 1997. 1997:69-70.
126. Pankova EI. Soil salinity in Caspian coast and its evolution as related to the sea level fluctuation. International symposium on salt affected Lagoon ecosystems. 1997:109-113.

орошаемых земель юга России // Аридные экосистемы. Т. 3. № 5. С. 26-34.

Публикации 1998 год

130. Панкова Е.И., Неглядюк О.Ф., Воробьева Л.А. 1998. Особенности засоления гидроморфных почв пустынь Монголии // Почвоведение. № 1. С. 19-26.
131. Панкова Е.И., Неглядюк О.Ф., Воробьева Л.А. 1998. Засоление автоморфных почв пустынь Гоби // Почвоведение. № 1. С. 13-18.
132. Панкова Е.И., Мазиков В.М. 1998. Дистанционная диагностика деградационных процессов на пахотных землях России // Тезисы и доклады Всероссийской конференции «Антропогенная деградация почвенного покрова». М. Т. 1. С. 185-187.
133. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. 1998. Карта почвенно-экологического районирования с/х земель РФ // Экология. № 1. С. 28-35.

Публикации 1999 год

134. Панкова Е.И., Рухович Д.И. 1999. Дистанционный мониторинг орошаемых территорий // Почвоведение. № 2. С. 253-263
135. Панкова Е.И., Зайдельман Ф.Р. 1999. Проблемы мелиорации на страницах журнала «Почвоведение» // Почвоведение. № 1. С. 90-96.
136. Панкова Е.И., Новикова А.Ф., Борисочкина Т.И. 1999. Почвенно-экологическое районирование Прикаспийского региона // В сб.: Повышение продуктивности и охрана аридных ландшафтов. М.: Издательство Московского университета. С. 147-150.

127. Pankova EI, Shapiro MB. Degradation processes on arable lands of Mongolia [*Degradatsionnyye protsessy na pashnyakh Mongolii*]. Proc. of the conference "Problems of Anthropogenic Soil Formation" [Mat-ly konferentsii "Problemy antropogennogo pochvoobrazovaniya"]. Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Institute, 1997:147-149.
128. Pankova EI. Patterns of soil cover formation and features of soils of the steppes and deserts of Mongolia [akonomernosti formirovaniya pochvennogo pokrova i osobennosti pochv stepy i pustyn' Mongolii]. *Eurasian Soil Science*. 1997;7:789-798.
129. Pankova EI, Gorohova IN. Method of remote monitoring of the state of irrigated lands in the south of Russia [Metod distantsionnogo kontrolya za sostoyaniyem oroshayemykh zemel' yuga Rossii]. *Arid Ecosystems*. 1997;3 (5):26-34.

Publications of 1998

130. Pankova EI, Neglyadyuk OF, Vorobieva LA. Features of salinization of hydromorphic soils of the deserts of Mongolia [Osobennosti zasoleniya gidromorfnykh pochv pustyn' Mongolii]. *Eurasian Soil Science*. 1998;1:19-26.
131. Pankova EI, Neglyadyuk OF, Vorobieva LA. Salinization of automorphic soils of the Gobi deserts [Zasoleniye avtomorfnykh pochv pustyn' Gobi]. *Eurasian Soil Science*. 1998;1:13-18.
132. Pankova EI, Mazikov VM. Remote diagnostics of degradation processes on arable lands of Russia [*Distantsionnaya diagnostika degradatsionnykh protsessov na pakhotnykh zemlyakh Rossii*]. Abstracts and reports of the All-Russian Conference "Anthropogenic degradation of soil cover" [Tezisy i doklady Vserossiiskoi konferentsii "Antropogennaya degradatsiya pochvennogo pokrova"]. Moscow, 1998;1:185-187.
133. Pankova EI, Novikova AF. Map of soil-ecological zoning of agricultural lands of the Russian Federation [Karta pochvenno-ekologicheskogo rayonirovaniya s/kh zemel' RF]. *Ecology*. 1998;1:28-35.

Publications of 1999

134. Pankova EI, Rukhovich DI. Remote monitoring of irrigated territories [Distantsionnyy monitoring

137. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. 1999. О некоторых недостатках оценки качества сельскохозяйственных земель России // Доклады РАСХН. № 4. С. 26-28.
138. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. 1999. Почвенно-экологическое районирование с/х земель Ростовской обл. // Генезис, география, экология грунтов. Львов. С. 189-191.
135. Pankova EI, Zaidelman FR. Problems of land reclamation on the pages of the journal "Soil Science" [Problemy melioratsii na stranitsakh zhurnala "Pochvovedeniye"]. *Eurasian Soil Science*. 1999;1:90-96.
136. Pankova EI, Novikova AF, Borisochkina TI. Soil-ecological zoning of the Caspian region [Pochvenno-ekologicheskoye rayonirovaniye Prikaspiyskogo regiona]. Increasing productivity and protection of arid landscapes [Povysheniye produktivnosti i okhrana aridnykh landshaftov]. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 1999:147-150.

Публикации 2000 год

139. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. 2000. Деградационные почвенные процессы на с/х землях России // Почвоведение. № 3. С. 366-379.
140. Панкова Е.И., Славный Ю.А. 2000. Новый взгляд на проблему соленакопления в Западной Сибири // Почвоведение. № 9. С. 1162-1165.
141. Панкова Е.И., Айдаров И.П. 2000. Иригация и засоление // Тезисы докладов III съезда Докучаевского общества почвоведов, Суздаль, 11-15 июля 2000 г. Кн. II. С. 237-238.
142. Воробьева Л.А., Неглядюк О.Ф., Панкова Е.И. 2000. Окраска и состояние железа в почвах гобийских пустынь Монголии // Почвоведение. № 2. С. 34-39.
137. Pankova EI, Novikova AF. On some shortcomings in assessing the quality of agricultural land in Russia [O nekotorykh nedostatkakh otsenki kachestva sel'skokhozyaystvennykh zemel' Rossii]. *Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences [Doklady RASKHN]*. 1999;4:26-28.
138. Pankova E.I., Novikova A.F. Soil-ecological zoning of agricultural lands of the Rostov region [Pochvenno-ekologicheskoye rayonirovaniye s/kh zemel' Rostovskoy obl.]. *Genesis, geography, ecology of soils [Genezis, geografiya, ekologiya gruntov]*. Lvov, 1999:189-191.

Publications of 2000

Публикации 2001 год

143. Карта засоления почв России, М 1:2 500 000. 2001. (Авторский оригинал Почвенного института им. В.В. Докучаева). 1 л.

Публикации 2002 год

144. Голованов А.И., Панкова Е.И., Сотнева Н.И. 2002. Оценка направленности и интенсивности процесса соленакопления (на примере почв юга Западной Сибири) // Почвоведение. № 5. С.
139. Pankova EI, Novikova AF. Degradation soil processes on the agricultural lands of Russia [Degradatsionnyye pochvennyye protsessy na s/kh zemlyakh Rossii]. *Eurasian Soil Science*. 2000;3:366-379.
140. Pankova EI, Slavny YuA. A new look at the problem of salt accumulation in Western Siberia [Novyy vzglyad na problemu solenakopleniya v Zapadnoy Sibiri]. *Eurasian Soil Science*. 2000;9:1162-1165.
141. Pankova EI, Aidarov IP. Irrigation and salinization [Irrigatsiya i zasoleniye]. *Abstracts of the 3rd Congress of the Dokuchaev Society of Soil Scientists, Book II, Suzdal, 11-15 July 2000 [Tezisy докладov SH s'yezda Dokuchayevskogo obshchestva pochvovedov]*. 2000:237-238.
142. Vorobieva LA, Neglyadyuk OF, Pankova EI. The color and state of iron in the soils of the Gobi deserts of Mongolia [Okraska i sostoyaniye

- 531-544.
145. Панкова Е.И. 2002. Фациальные особенности засоления почв центральноазиатских экстраконтинентальных пустынь суббореального пояса Азии // Почвоведение. № 11. С. 1308-1322.
146. Панкова Е.И., Айдаров И.П. 2002. Гидроморфизм и засоление в почвах аридных территорий // Пленарные доклады на Всероссийской научно-практической конференции «Гидроморфные почвы – генезис, мелиорация и использование», Москва, 8-12 июля 2002 г. М.: Издательство МГУ. С. 52-62.
147. Панкова Е.И., Козловский Ф.И. 2002. Карта засоления почв, М 1:30 млн. // Экологический атлас России. Министерство природы, Федеральный экологический фонд, Географический факультет МГУ: ЗАО «Карта».
148. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. 2002. Карты засоления почв России // Почвоведение. № 7. 2002. С. 817-831.
149. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. 2002. О морфологической и химической устойчивости солонцов // Тезисы докладов Всероссийской конференции «Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям». М. С. 335-336.

Публикации 2003 год

150. Голованов А.И., Панкова Е.И., Сотнева Н.И. 2003. Мелиорация и рациональное использование земель Северного Прикаспия // Известия АН. № 6. Серия Географическая. С. 66-76.
151. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. 2003. Карты засоления почв России // Почвоведение. № 7. С. 817-831.
- zheleza v pochvakh gobiyskikh pustyn' Mongolii]. *Eurasian Soil Science*. 2000;2:34-39.
- #### Publications of 2001
143. Soil salinization map of Russia, Scale 1:2 500 000 [*Karta zasoleniya pochv Rossii*]. (Author's original from V.V. Dokuchaev Soil Institute). 2001:1.
- #### Publications of 2002
144. Golovanov AI, Pankova EI, Sotneva NI. Evaluation of the direction and intensity of the process of salt accumulation (on the example of soils in the south of Western Siberia) [*Otsenka napravlenosti i intensivnosti protsessa solenakopleniya (na primere pochv yuga Zapadnoy Sibiri)*]. *Eurasian Soil Science*. 2002;5:531-544.
145. Pankova EI. Facies features of soil salinization in the Central Asian extracontinental deserts of the subboreal belt of Asia [*Fatsial'nyye osobennosti zasoleniya pochv tsentral'noaziatskikh ekstrakontinental'nykh pustyn' subboreal'nogo poyasa Azii*]. *Eurasian Soil Science*. 2002;11:1308-1322.
146. Pankova EI, Aidarov IP. Hydromorphism and salinization in soils of arid territories [*Gidromorfizm i zasoleniye v pochvakh aridnykh territoriy*]. *Plenary reports at the All-Russian scientific and practical conference "Hydromorphic soils: their genesis, reclamation and use"*, Moscow, 8-12 July 2002 [*Plenarnyye doklady na Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Gidromorfnyye pochvy – genезis, melioratsiya i ispol'zovaniye"*]. Moscow: Izdatel'stvo MGU, 2002:52-62.
147. Pankova EI, Kozlovsky FI. Map of soil salinity, Scale 1:30 million [*Karta zasoleniya pochv, M 1:30 mln.*]. *Ecological Atlas of Russia [Ekologicheskiy atlas Rossii]*. Ministerstvo prirody, Federal'nyy ekologicheskiy fond, Geograficheskiy fakul'tet MGU: ZAO "Karta", 2002.
148. Pankova EI, Novikova AF. Maps of soil salinization in Russia [*Karty zasoleniya pochv Rossii*]. *Eurasian Soil Science*. 2002;7:817-831.
149. Pankova EI, Novikova AF. On the morphological and chemical stability of solonchaks [*O morfoloģicheskoy i khimicheskoy ustoychivosti*

Публикации 2004 год

152. Pankova E.I., Khitrov N.B. 2004. History of the Department of the Genesis and Amelioration of Salt-Affected Soils, Dokuchaev Soil Science Institute // *Eurasian Soil Science*. Vol. 37. No. 2. Pp. 207-214.
153. Панкова Е.И. 2004. Вторичное засоление почв Среднеазиатского региона // *Материалы IV съезда Докучаевского общества почвоведов «Почвы – национальное достояние России»*, Новосибирск, 9-13 августа 2004 г. Новосибирск: Наука-Центр. Кн. 2. С. 472.
154. Панкова Е.И., Голованов Д.Л., Мандахбаяр Ж. 2004. Мониторинг засоления оазиса Эхийн-Гол в пустыне Гоби на локальном уровне // *Аридные экосистемы*. Т. 10. № 24-25. С. 149-161.
155. Панкова Е.И., Мандахбаяр Ж., Голованов Д.Л. 2004. Изменение засоления почв оазиса Эхийн-Гол (Монголия) по данным обследований 1977 и 2001 годов // *Почвоведение*. № 9. С. 1040-1056.
156. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. 2004. Мелиоративное состояние и вторичное засоление орошаемых земель Волгоградской области // *Почвоведение*. № 6. С. 731-744.
157. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. 2004. Площади засоленных почв России // *Материалы научной сессии по фундаментальному почвоведению*. С. 159-160.
158. Панкова Е.И., Сотнева Н.И. 2004. Экспресс-методы оценки засоления почв для целей экологического мониторинга // *Материалы Международной научной конференции «Экология*

solontsov]. *Abstracts of the All-Russian Conference “Soil resistance to natural and anthropogenic impacts” [Tezisy докладov Vserossiyskoy konferentsii “Ustoychivost’ pochv k yestestvennym i antropogennym vozdeystviyam”]*. Moscow, 2002:335-336.

Publications of 2003

150. Golovanov AI, Pankova EI, Sotneva NI. Land reclamation and rational use of the lands of the Northern Caspian [Melioratsiya i ratsional’noye ispol’zovaniye zemel’ Severnogo Prikaspiya]. *News of the AN [Izvestiya AN]*. Geographic Series [Seriya Geograficheskaya]. 2003;6:66-76.
151. Pankova EI, Novikova AF. Maps of soil salinization in Russia [Karty zasoleniya pochv Rossii]. *Eurasian Soil Science*. 2003;7:817-831.

Publications of 2004

152. Pankova EI, Khitrov NB. History of the Department of the Genesis and Amelioration of Salt-Affected Soils, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute. *Eurasian Soil Science*. 2004;37 (2):207-214.
153. Pankova EI. Secondary salinization of soils in the Central Asian region [Vtorichnoye zasoleniye pochv Sredneaziatskogo regiona]. *Proc. of the IV Congress of the Dokuchaev Society of Soil Scientists “Soils are the national heritage of Russia”, Book 2*, Novosibirsk, August 9-13, 2004 [Materialy IV s’yezda Dokuchayevskogo obshchestva pochvovedov “Pochvy – natsional’noye dostoyaniye Rossii”]. Novosibirsk: Nauka-Tsentr, 2004:472.
154. Pankova EI, Golovanov DL, Mandakhbayar J. Monitoring of salinization of the Ekhiin-Gol oasis in the Gobi Desert at the local level [Monitoring zasoleniya oazisa Ekhiin-Gol v pustyne Gobi na lokal’nom urovne]. *Arid Ecosystems*. 2004;10 (24-25):149-161.
155. Pankova EI, Mandakhbayar J, Golovanov DL. Changes in salinity of soils in the Ekhiin-Gol oasis (Mongolia) according to survey data in 1977 and 2001 [Izmeneniye zasoleniya pochv oazisa Ekhiin-Gol (Mongoliya) po dannym obsledovaniy 1977 i 2001 godov]. *Eurasian Soil Science*. 2004;9:1040-1056.
156. Pankova EI, Novikova AF. Ameliorative state and secondary salinization of irrigated lands in the

и биология почв». Ростов-на-Дону. С. 209-213.

159. Панкова Е.И., Хитров Н.Б. 2004. История отдела генезиса и мелиорации засоленных почв Почвенного института им. В.В. Докучаева // Почвоведение. № 2. С. 243-250.

Публикации 2005 год

160. Pankova E.I. 2005. Similarity and Difference in the Soil Salinization of the Main Ecosystems in Deserts of Mongolia and Republics of Central Asia // Труды Международной конференции, Улан-Батор, Монголия, 5-9 сентября 2005 г. Улан-Батор: Бемби Сан. 391-396 p.
161. Pankova E.I., Golovanov D.L. 2005. Changes in Soil Salinity of Ekhiin-Gol Oasis According to Monitoring Data // Arid Lands Geography. No. 6. Pp. 3-18.
162. Новикова А.Ф., Панкова Е.И. 2005. Карта ландшафтно-почвенно-экологического районирования Прикаспийского региона (Астраханская обл., республика Калмыкия) // Биоресурсы и биоразнообразие экосистем Поволжья: Международное совещание, 24-28 апреля 2005 г. Саратов: РАН. С. 32-34.
163. Панкова Е.И. 2005. Черты сходства и различия в засолении почв основных экосистем пустынь Монголии и республик Средней Азии // Экосистемы Монголии и пограничных территорий соседних стран: природные ресурсы, биоразнообразие и экологические перспективы: Труды международной конференции, Улан-Батор, Монголия, 5-9 сентября 2005 г. Улан-Батор: Бемби Сан. С. 391-396.
157. Pankova EI, Novikova AF. Areas of saline soils in Russia [*Ploshchadi zasolennykh pochv Rossii*]. *Proc. of the scientific session on fundamental soil science [Materialy nauchnoy sessii po fundamental'nomu pochvovedeniyu]*. 2004;6:731-744.
158. Pankova EI, Sotneva NI. Express methods for assessing soil salinity for the purposes of environmental monitoring [*Ekspress-metody otsenki zasoleniya pochv dlya tseley ekologicheskogo monitoringa*]. *Proc. of the International Scientific Conference "Ecology and Biology of Soils" [Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Ekologiya i biologiya pochv"]*. Rostov-on-Don, 2004:209-213.
159. Pankova EI, Khitrov NB. History of the department of genesis and melioration of saline soils of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Istoriya otdela genезisa i melioratsii zasolennykh pochv Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva]. *Eurasian Soil Science*. 2004;2:243-250.

Publications of 2005

160. Pankova EI. Similarity and Difference in the Soil Salinization of the Main Ecosystems in Deserts of Mongolia and Republics of Central Asia. *Proc. of the International Conference, Ulaanbaatar, Mongolia, September 5-9, 2005 [Trudy Mezhdunarodnoy konferentsii]*. Ulaanbaatar: Bembi San. 2005:391-396.
161. Pankova EI, Golovanov D.L. Changes in Soil Salinity of Ekhiin-Gol Oasis According to Monitoring Data. *Arid Lands Geography*. 2005;6:3-18.
162. Novikova AF, Pankova EI. Map of landscape-soil-ecological zoning of the Caspian region (Astrakhan region, Republic of Kalmykia) [*Karta landshaftno-pochvenno-ekologicheskogo rayonirovaniya Prikaspiyskogo regiona (Astrakhanskaya obl., respublika Kalmykiya)*]. *Bioresources and biodiversity of Volga ecosystems: International meeting, April 24-28, 2005 [Bioresursy i bioraznoobraziye ekosistem Povolzh'ya: Mezhdunarodnoye soveshchaniye]*. Saratov: RAN, 2005:32-34.

- 396.
164. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. 2005. Площади засоленных почв в земельном фонде России. // Почвоведение. № 8. С. 931-944.
- Публикации 2006 год**
165. Pankova E.I. 2006. Soil Salinity in Gobi (Mongolia) // 18th World Congress of Soil Science, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 8-15 July 2006. Pp. 596-597.
166. Pankova E.I., Novikova A.F., Chernousenko G.I., Yamnova I.A., Gabchenko M.V. 2006. A Compendium of Data on Salt-Affected Soils of Russia: New Monograph and Maps // 18th World Congress of Soil Science, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 8-15 July 2006. Pp. 58.
167. Евстифеев Ю.Г., Панкова Е.И. 2006. Особенности засоления почв пустынной зоны Монгольской Народной Республики // Очерки физической географии Монголии. Улан-Батор: Бэмби сан. С. 261-267.
168. Панкова Е.И. 2006. Каштановые почвы Центрально-Азиатской почвенно-географической провинции: на примере почв Монгольской Народной Республики // Очерки физической географии Монголии. Улан-Батор: Бэмби сан. С. 247-260.
169. Засоленные почвы России. 2006 / ред. Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова. М.: ИКЦ Академкнига. 854 с.
170. Панкова Е.И., Воробьева Л.А. 2006. Диагностика и критерии оценки засоления почв // Засоленные почвы России / ред. Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова. М.: ИКЦ Академкнига. С. 6-48.
171. Панкова Е.И. 2006. Засоленные почвы Центрально-Черноземного
163. Pankova EI. Similarities and differences in soil salinity in the main ecosystems of the deserts of Mongolia and the republics of Central Asia [*Cherty skhodstva i razlichiya v zasolenii pochv osnovnykh ekosistem pustyn' Mongolii i respublik Sredney Azii*]. *Ecosystems of Mongolia and the border areas of neighboring countries: natural resources, biodiversity and environmental perspectives* [*Ekosistemy Mongolii i pogranychnykh territoriy sosednikh stran: prirodnyye resursy, bioraznoobraziye i ekologicheskiye perspektivy*]. *Proc. of the international conference*, Ulaanbaatar, Mongolia, September 5-9, 2005 [*Trudy mezhdunarodnoy konferentsii*]. Ulaanbaatar: Bembi San, 2005:391-396.
164. Pankova EI, Novikova AF. Areas of saline soils in the land fund of Russia [Ploshchadi zasolennykh pochv v zemel'nom fonde Rossii]. *Eurasian Soil Science*. 2005;8:931-944.
- Publications of 2006**
165. Pankova EI. Soil Salinity in Gobi (Mongolia). 18th World Congress of Soil Science, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 8-15 July 2006. 2006:596-597.
166. Pankova EI, Novikova AF, Chernousenko GI, Yamnova IA, Gabchenko MV. A Compendium of Data on Salt-Affected Soils of Russia: New Monograph and Maps. 18th World Congress of Soil Science, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 8-15 July 2006. 2006:58.
167. Evstifeev YuG, Pankova EI. Features of soil salinization in the desert zone of the Mongolian People's Republic [*Osobennosti zasoleniya pochv pustynnoy zony Mongol'skoy Narodnoy Respubliki*]. *Essays on the physical geography of Mongolia* [*Ocherki fizicheskoy geografii Mongolii*]. Ulaanbaatar: Bembi San. 2006:261-267.
168. Pankova EI. Chestnut soils of the Central Asian soil-geographical province: on the example of the soils of the Mongolian People's Republic [*Kashtanovyye pochvy Tsentral'no-Aziatskoy pochvenno-geograficheskoy provintsii: na primere pochv Mongol'skoy Narodnoy Respubliki*]. *Essays on the physical geography of Mongolia* [*Ocherki fizicheskoy geografii Mongolii*]. Ulaanbaatar: Bembi San. 2006:247-260.

- экономического района // Засоленные почвы России / ред. Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова. М.: ИКЦ Академкнига. С. 59-87.
172. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. 2006. Засоленные почвы Поволжского экономического района // Засоленные почвы России / ред. Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова. М.: ИКЦ Академкнига. С. 173-323.
173. Панкова Е.И., Горохова И.Н., Новикова А.Ф. 2006. Засоленные почвы Оренбургской области // Засоленные почвы России / ред. Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова. М.: ИКЦ Академкнига. С. 389-415.
174. Панкова Е.И., Черноусенко Г.И. 2006. Засоленные почва республики Тыва // Засоленные почвы России / ред. Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова. М.: ИКЦ Академкнига. 2006. С. 551-572.
175. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. 2006. Обзорные и мелкомасштабные карты засоления почв России // Засоленные почвы России / ред. Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова. М.: ИКЦ Академкнига. С. 776-784.
176. Панкова Е.И., Черноусенко Г.И. 2006. Засоленные почвы Красноярского Края // Засоленные почвы России / ред. Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова. М.: ИКЦ Академкнига. 2006. С. 573-559.
177. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. 2006. Площади и география засоленных почв России // Засоленные почвы России / ред. Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова. М.: ИКЦ Академкнига. С. 785-811.
178. Панкова Е.И. 2006. Заключение к монографии «Засоленные почвы России» // Засоленные почвы России / ред. Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова. М.: ИКЦ Академкнига. С. 840-844.
169. Saline soils of Russia [*Zasolennyye pochvy Rossii*] / eds. L.L. Shishov, E.I. Pankov. Moscow: IKTS Akademkniga. 2006:854.
170. Pankova EI, Vorobieva LA. Diagnostics and criteria for assessing soil salinity [*Diagnostika i kriterii otsenki zasoleniya pochv*]. *Saline soils of Russia [Zasolennyye pochvy Rossii]* / eds. L.L. Shishov, E.I. Pankov. Moscow: IKTS Akademkniga. 2006:6-48.
171. Pankova EI. Saline soils of the Central Black Earth economic region [*Zasolennyye pochvy Tsentral'no-Chernozemnogo ekonomicheskogo rayona*]. *Saline soils of Russia [Zasolennyye pochvy Rossii]* / eds. L.L. Shishov, E.I. Pankov. Moscow: IKTS Akademkniga. 2006:59-87.
172. Pankova EI, Novikova AF. Saline soils of the Volga economic region [*Zasolennyye pochvy Povolzhskogo ekonomicheskogo rayona*]. *Saline soils of Russia [Zasolennyye pochvy Rossii]* / eds. L.L. Shishov, E.I. Pankov. Moscow: IKTS Akademkniga. 2006:173-323.
173. Pankova EI, Gorohova IN, Novikova AF. Saline soils of the Orenburg region [*Zasolennyye pochvy Orenburgskoy oblasti*]. *Saline soils of Russia [Zasolennyye pochvy Rossii]* / eds. L.L. Shishov, E.I. Pankov. Moscow: IKTS Akademkniga. 2006:389-415.
174. Pankova EI, Chernousenko GI. Saline soils of the Republic of Tyva [*Zasolennyye pochva respubliki Tyva*]. *Saline soils of Russia [Zasolennyye pochvy Rossii]* / eds. L.L. Shishov, E.I. Pankov. Moscow: IKTS Akademkniga. 2006:551-572.
175. Pankova EI, Novikova AF. Overview and small-scale maps of soil salinization in Russia [*Obzornyye i melkomasshtabnyye karty zasoleniya pochv Rossii*]. *Saline soils of Russia [Zasolennyye pochvy Rossii]* / eds. L.L. Shishov, E.I. Pankov. Moscow: IKTS Akademkniga. 2006:776-784.
176. Pankova EI, Chernousenko GI. Saline soils of Krasnoyarsk Krai [*Zasolennyye pochvy Krasnoyarskogo Kraya*]. *Saline soils of Russia [Zasolennyye pochvy Rossii]* / eds. L.L. Shishov, E.I. Pankov. Moscow: IKTS Akademkniga. 2006:573-559.
177. Pankova EI, Novikova AF. Areas and geography of saline soils in Russia [*Ploshchadi i geografiya zasolennykh pochv Rossii*]. *Saline soils of Russia [Zasolennyye pochvy Rossii]* / eds. L.L. Shishov, E.I. Pankov. Moscow: IKTS Akademkniga.

179. Панкова Е.И. 2006. Засоленные почвы России // Геохимия биосферы (к 90-летию А.И. Перельмана), Москва, 15-18 ноября 2006 г. М.: ИКЦ Академкнига. С. 285-287.
180. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. 2006. География и генезис засоленных щелочных почв // Почвоведение и агрохимия в 21 веке: Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 160-летию В.В. Докучаева, Санкт-Петербург, 1-3 марта 2006 г. С. 47.
178. Pankova EI. Conclusion to the monograph "Saline soils of Russia" [*Zaklyucheniye k monografii "Zasolennyye pochvy Rossii"*]. *Saline soils of Russia [Zasolennyye pochvy Rossii]* / eds. L.L. Shishov, E.I. Pankov. Moscow: IKTS Akademkniga. 2006:840-844.
179. Pankova EI. Saline soils of Russia [*Zasolennyye pochvy Rossii*]. *Geochemistry of the biosphere (to the 90th anniversary of A.I. Perelman)*, Moscow, 15-18 November 2006 [*Geokhimiya biosfery (k 90-letiyu A.I. Perel'mana)*]. Moscow: IKTS Akademkniga, 2006:285-287.
180. Pankova EI, Novikova AF. Geography and genesis of saline alkaline soils [*Geografiya i genezis zasolennykh shchelochnykh pochv*]. *Soil science and agrochemistry in the 21st century [Pochvovedeniye i agrokhimiya v 21 veke]*. Proc. of the All-Russian scientific conference dedicated to the 160th anniversary of V.V. Dokuchaev, St. Petersburg, 1-3 March 2006 [*Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 160-letiyu V.V. Dokuchayeva*]. 2006:47.

Публикации 2007 год

181. Айдаров И.П., Панкова Е.И. 2007. Соленаккумуляция на территории равнин Средней Азии и пути его регулирования // Почвоведение. № 6. С. 676-684.
182. Габченко М.В., Панкова Е.И. 2007. Изучение структуры почвенного покрова по данным многозональной съемки высокого разрешения (на примере солонцовых комплексов района Джаныбекского стационара) // Тезисы докладов на Международной научной конференции «Пространственно-временная организация почвенного покрова: теоретические и прикладные аспекты», Санкт-Петербург, 1-3 марта 2007 г. С. 41-45.
183. Гунин П.Д., Панкова Е.И., Микляева И.М., Бажга С.Н. 2007. Опустынивание как глобальный процесс деградации аридных экосистем Евразии // Опустынивание земель и борьба с ним: Материалы Международной научной конференции по борьбе с опустыниванием. Абакан. С. 18-25.
184. Новикова А.Ф., Панкова Е.И. 2006:785-811.
181. Aidarov IP, Pankova EI. Salt accumulation on the territory of the plains of Central Asia and ways of its regulation [*Solenakopleniye na territorii ravnin Sredney Azii i puti yego regulirovaniya*]. *Eurasian Soil Science*. 2007;6:676-684.
182. Gabchenko MV, Pankova EI. Study of the structure of the soil cover according to high-resolution multizonal survey data (on the example of solonchic complexes in the area of the Dzhanibek station) [*Izucheniye struktury pochvennogo pokrova po dannym mnogozonal'noy s'yemki vysokogo razresheniya (na primere solontsovykh kompleksov rayona Dzhanibekskogo statsionara)*]. *Abstracts of reports at the International Scientific Conference "Spatio-temporal organization of the soil cover: theoretical and applied aspects"*, St. Petersburg, 1-3 March 2007 [*Tezisy докладов na Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Prostranstvenno-vremennaya organizatsiya pochvennogo pokrova: teoreticheskiye i prikladnyye aspekty"*]. 2007:41-45.
183. Gunin PD, Pankova EI, Miklyaeva IM, Bazha SN.

2007. Структура почвенного покрова зоны распространения засоленных почв в южном административном округе России // Тезисы докладов на Международной научной конференции «Пространственно-временная организация почвенного покрова: теоретические и прикладные аспекты», Санкт-Петербург, 1-3 марта 2007 г. С. 286-288.
185. Новикова А.Ф., Панкова Е.И. 2007. Засоленные почвы Южного административного округа России // Тезисы докладов на Международной научно-практической конференции «Экология биосистем: проблемы изучения, индикации и прогнозирования», посвященной 75-летию Астраханского государственного университета, Астрахань, 20-25 августа 2007 г. С. 214-216.
186. Панкова Е.И. 2007. Засоленность почв пустынь Монголии и Средней Азии как отражение современных и прошлых этапов развития пустынных экосистем // Экосистемы внутренней Азии: вопросы исследования и охраны: сборник научных трудов. М. С. 215-236.
187. Панкова Е.И., Новикова А.Ф., Габченко М.В., Евгеньева С.П. 2007. Опасность засоления почв Южного федерального округа // Атлас МЧС. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций Южного федерального округа.
188. Панкова Е.И., Новикова А.Ф., Габченко М.В., Евгеньева С.П. 2007. Опасность засоления почв Дальневосточного федерального округа // Атлас МЧС. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков Desertification as a global process of degradation of arid ecosystems in Eurasia [*Opustynivaniye kak global'nyy protsess degradatsii aridnykh ekosistem Yevrazii*]. *Desertification of lands and the fight against it [Opustynivaniye zemel' i bor'ba s nim]* Proc. of the International Scientific Conference to Combat Desertification [*Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii po bor'be s opustynivaniyem*]. Abakan, 2007:18-25.
184. Novikova AF, Pankova EI. Structure of soil cover in the distribution zone of saline soils in the Southern Administrative District of Russia [*Struktura pochvennogo pokrova zony rasprostraneniya zasolennykh pochv v yuzhnom administrativnom okruge Rossii*]. *Abstracts of reports at the International Scientific Conference "Spatio-temporal organization of the soil cover: theoretical and applied aspects"*, St. Petersburg, 1-3 March 2007 [*Tezisy докладов на Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Prostranstvenno-vremennaya organizatsiya pochvennogo pokrova: teoreticheskiye i prikladnyye aspekty"*]. 2007:286-288.
185. Novikova AF, Pankova EI. Saline soils of the Southern Administrative District of Russia [*Zasolennyye pochvy Yuzhnogo administrativnogo okruga Rossii*]. *Abstracts of reports at the International Scientific and Practical Conference "Ecology of Biosystems: Problems of Study, Indication and Forecasting"*, dedicated to the 75th anniversary of the Astrakhan State University, Astrakhan, 20-25 August 2007 [*Tezisy докладов на Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Ekologiya biosistem: problemy izucheniya, indikatsii i prognozirovaniya"*, posvyashchennoy 75-letiyu Astrakhanskogo gosudarstvennogo universiteta]. 2007:214-216.
186. Pankova EI. Soil salinity in the deserts of Mongolia and Central Asia as a reflection of the current and past stages of development of desert ecosystems [*Zasolennost' pochv pustyn' Mongolii i Sredney Azii kak otrazheniye sovremennykh i proshlykh etapov razvitiya pustynnykh ekosistem*]. *Ecosystems of Inner Asia: issues of research and protection: a collection of scientific papers [Ekosistemy vnutrenney Azii: voprosy issledovaniya i okhrany: sbornik nauchnykh trudov]*. Moscow, 2007:215-236.
187. Pankova EI, Novikova AF, Gabchenko MV,

- чрезвычайных ситуаций Дальневосточного федерального округа.
189. Панкова Е.И., Хитров Н.Б., Новикова А.Ф., Черноусенко Г.И., Ямнова И.А., Евгеньева С.П., Крылова Е.С., Габченко М.В., Рухович Д.И., Калинина Н.В. 2007. Опустынивание и характеристика засоления почв России // Опустынивание земель и борьба с ним: Материалы Международной научной конференции по борьбе с опустыниванием. Абакан. С. 40-47.
190. Лопухина О.В., Панкова Е.И. 2007. Природа щелочности в некоторых почвах Волгоградской области // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. Вып. 60. С. 3-11.
- Публикации 2008 год**
191. Воробьева Л.А., Панкова Е.И. 2008. Щелочные засоленные почвы России // Почвоведение. № 5. С. 517-532.
192. Панкова Е.И. 2008. Критический анализ истории развития орошения в Советском Союзе // Почвоведение. № 9. С. 1138-1140.
193. Панкова Е.И. 2008. Условия формирования и почвы природных оазисов Алашаньской Гоби (Монголия) // Почвоведение. № 8. С. 937-947.
194. Панкова Е.И., Конюшкова М.В. 2008. Методика составления крупномасштабных почвенно-солевых карт территорий солонцовых комплексов на основе материалов дистанционного зондирования.
195. Новикова А.Ф., Панкова Е.И., Евгеньева С.П. 2008. Опасность засоления почв Уральского административного округа // Evgenyeva SP. Danger of soil salinization in the Southern Federal District [*Opasnost' zasoleniya pochv Yuzhnogo federal'nogo okruga*]. Atlas of the Ministry of Emergency Situations [Atlas MCHS]. Atlas of natural and man-made hazards and emergency risks of the Southern Federal District [*Atlas prirodnykh i tekhnogennykh opasnostey i riskov chrezvychaynykh situatsiy Yuzhnogo federal'nogo okruga*]. 2007.
188. Pankova EI, Novikova AF, Gabchenko MV, Evgenyeva SP. Danger of soil salinization in the Far Eastern Federal District [*Opasnost' zasoleniya pochv Dal'nevostochnogo federal'nogo okruga*]. Atlas of the Ministry of Emergency Situations [Atlas MCHS]. Atlas of natural and man-made hazards and emergency risks of the Far Eastern Federal District [*Atlas prirodnykh i tekhnogennykh opasnostey i riskov chrezvychaynykh situatsiy Dal'nevostochnogo federal'nogo okruga*]. 2007.
189. Pankova EI, Khitrov NB, Novikova AF, Chernousenko GI, Yamnova IA, Evgenyeva SP, Krylova ES, Gabchenko MV, Rukhovich D I, Kalinina NV. Desertification and characteristics of soil salinization in Russia [*Opustynivaniye i kharakteristika zasoleniya pochv Rossii*]. Desertification of lands and its control [*Opustynivaniye zemel' i bor'ba s nim*] Proc. of the International Scientific Conference on Desertification Control [*Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii po bor'be s opustynivaniyem*]. Abakan, 2007:40-47.
190. Lopukhina OV, Pankova EI. The nature of alkalinity in some soils of the Volgograd region [*Priroda shchelochnosti v nekotorykh pochvakh Volgogradskoy oblasti*]. Bulletin of V.V. Dokuchaev Soil Institute. [Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva]. 2007;60:3-11.
- Publications of 2008**
191. Vorobieva LA, Pankova EI. Alkaline saline soils of Russia [Shchelochnyye zasolennyye pochvy Rossii]. *Eurasian Soil Science*. 2008;5:517-532.
192. Pankova EI. Critical analysis of the history of irrigation development in the Soviet Union [Kriticheskiy analiz istorii razvitiya orosheniya v Sovetskom Soyuze]. *Eurasian Soil Science*. 2008;9:1138-1140.

Калинина Н.В., Новикова А.Ф., Панкова Е.И., Черноусенко Г.И. 2009. Оценка площадей засоленных почв на территории европейской части России (по электронной версии карты засоления почв масштаба 1:2.5 млн.) // Почвоведение. № 6. С. 627-637.

201. Новикова А.Ф., Панкова Е.И., Евгеньева С.П. 2009. Опасность засоления почв Сибирского федерального округа // Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций Сибирского федерального округа. М.: Дизайн, информатика, картография.

202. Новикова А.Ф., Панкова Е.И., Евгеньева С.П. 2009. Опасность засоления почв Центрального федерального округа // Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций Центрального федерального округа. М.: Дизайн, информатика, картография.

203. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. 2009. О новой карте засоления почв России // Научные основы внедрения новых технологий в эпоху нового возрождения: Материалы Международной научной конференции. Ашхабад. С. 111-113.

204. Pankova E.I., Novikova A.F., Chernousenko G.I., Yamnova I.A., Rukhovich D.I. 2009. The Areas of Salt-affected Soils in the European Part of Russia // The International Conference of ESSC Protection of the Ecological and Productivity Functions of Soil in a Pan European Context, Pruhonice, Czech Republic, 23-25 June 2009. 35 p.

Khitrov NB, Kalinina NV, Rukhovich DI. Assessment of The areas of Salt-affected Soils in the European Part of Russia on the Basis of a Digital Map of Salt-affected Soils of Russia, Scale 1:2.5 million. Digital Soil Mapping: Bridging Research, Production, and Environmental Application: Proceedings of the 3^d Global Workshop on Digital Soil Mapping, Logan, USA, 30 September – 3 October 2008. 2008:23.

Publications of 2009

200. Khitrov NB, Rukhovich DI, Kalinina NV, Novikova AF, Pankova EI, Chernousenko GI. Estimation of areas of saline soils on the territory of the European part of Russia (according to the electronic version of the map of soil salinity at a scale of 1:2.5 million) [Otsenka ploshchadey zasolennykh pochv na territorii yevropeyskoy chasti Rossii (po elektronnoy versii karty zasoleniya pochv masshtaba 1:2.5 mln.)]. *Eurasian Soil Science*. 2009;6:627-637.

201. Novikova AF, Pankova EI, Evgenyeva SP. Danger of salinization of soils in the Siberian Federal District [*Opasnost' zasoleniya pochv Sibirskogo federal'nogo okruga*]. *Atlas of natural and technogenic hazards and risks of emergency situations in the Siberian Federal District [Atlas prirodnykh i tekhnogennykh opasnostey i riskov chrezvychaynykh situatsiy Sibirskogo federal'nogo okruga]*. Moscow: Dizayn, informatika, kartografiya. 2009.

202. Novikova AF, Pankova EI, Evgenyeva SP. Danger of salinization of soils in the Central Federal District [*Opasnost' zasoleniya pochv Tsentral'nogo federal'nogo okruga*]. *Atlas of natural and technogenic hazards and risks of emergency situations in the Central Federal District [Atlas prirodnykh i tekhnogennykh opasnostey i riskov chrezvychaynykh situatsiy Tsentral'nogo federal'nogo okruga]*. Moscow: Dizayn, informatika, kartografiya. 2009.

203. Pankova EI, Novikova AF. 20. About the new map of soil salinization in Russia [*O novoy karte zasoleniya pochv Rossii*]. *Scientific basis for the introduction of new technologies in the era of the new revival [Nauchnyye osnovy vnedreniya novykh tekhnologiy v epokhu novogo vozrozhdeniya]* *Proc. of the International Scientific Conference [Materialy*

Публикации 2010 год

205. Konyushkova M.V., Pankova Y.I. 2010. Soil Salinity Mapping in Arid Regions of European Russia Using Fine-resolution Quicbird Imagery // International Conference on Soil Classification and Reclamation of Degraded Lands in Arid Environments (ICSC), Abu Dhabi, 17-19 May 2010. 56 p.
206. Pankova E.I., Aidarov I.P. 2010. Secondary Salinization of Soils in the Aral Basin as a Factor of Anthropogenic Desertification // Advances in Environmental Research / eds. M. Haider, T. Müller. Vol. 2. New York: Nova Science Publishers.
207. Pankova E.I., Konyushkova, M., Luo Geping. 2010. Effect of Climate on Soil Salinity in Subboreal Deserts of Asia // Soil Solutions for a Changing World: Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science, 1-6 August 2010, Brisbane, Australia. Working Group 3.4. Global Changes and Soil Salination. 25-28 p. [Available at <http://www.iuss.org>]
208. Pankova E.I., Novikova A.F., Kontoboytseva A.A. 2010. A New Map of Soil Salinity in Russia // International Conference on Soil Classification and Reclamation of Degraded Lands in Arid Environments (ICSC), Abu Dhabi, 17-19 May 2010. 54 p.
209. Rukhovich D.I., Pankova E.I., Chernousenko G.I., Koroleva P.V. 2010. Long-term Salinization Dynamics in Irrigated Soils of the Golodnaya Steppe and Methods of Their Assessment on the Basis of Remote Sensing Data // Eurasian Soil Science. Vol. 43. No. 6. Pp. 682-692 p.
210. Новикова А.Ф., Панкова Е.И., Евгеньева С.П. 2010. Опасность засоления почв Северо-Международной научной конференции]. Ashgabat, 2009:111-113.
204. Pankova EI, Novikova AF, Chernousenko GI, Yamnova IA, Rukhovich DI. The Areas of Salt-affected Soils in the European Part of Russia. The International Conference of ESSC Protection of the Ecological and Productivity Functions of Soil in a Pan European Context, Pruhonice, Czech Republic, 23-25 June 2009. 2009:35.
- Publications of 2010**
205. Konyushkova MV, Pankova YI. Soil Salinity Mapping in Arid Regions of European Russia Using Fine-resolution Quicbird Imagery. International Conference on Soil Classification and Reclamation of Degraded Lands in Arid Environments (ICSC), Abu Dhabi, 17-19 May 2010. 2010:56.
206. Pankova EI, Aidarov IP. Secondary Salinization of Soils in the Aral Basin as a Factor of Anthropogenic Desertification. Advances in Environmental Research / eds. M. Haider, T. Müller. New York: Nova Science Publishers. 2010;2.
207. Pankova EI, Konyushkova, M, Luo Geping. Effect of Climate on Soil Salinity in Subboreal Deserts of Asia. Soil Solutions for a Changing World: Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science, 1-6 August 2010, Brisbane, Australia. Working Group 3.4. Global Changes and Soil Salination. 2010:25-28.
208. Pankova EI, Novikova AF, Kontoboytseva AA. A New Map of Soil Salinity in Russia. International Conference on Soil Classification and Reclamation of Degraded Lands in Arid Environments (ICSC), Abu Dhabi, 17-19 May 2010. 2010:54.
209. Rukhovich DI, Pankova EI, Chernousenko GI, Koroleva PV. Long-term Salinization Dynamics in Irrigated Soils of the Golodnaya Steppe and Methods of Their Assessment on the Basis of Remote Sensing Data. *Eurasian Soil Science*. 2010;43 (6):682-692.
210. Novikova AF, Pankova EI, Evgenyeva SP. Danger of soil salinization in the Northwestern Federal District [*Opasnost' zasoleniya pochv Severo-Zapadnogo federal'nogo okruga*]. *Atlas of natural and technogenic hazards and risks of emergency situations of the Central Federal*

- Западного федерального округа // Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций Центрального федерального округа. М.: Дизайн, информатика, картография.
211. Панкова Е.И. 2010. Засоленность почв межгорных депрессий в пустынях Заалтайской Гоби Монголии // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. № 65. С. 3-12.
212. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. 2010. О карте засоления почв России // Проблемы освоения пустынь. № 1-2. С. 45-47.
213. Панкова Е.И., Тишков А.А. 2010. Этапы жизни и творческой биографии Н.И. Базилевич // Материалы конференции «География продуктивности и биогеохимического круговорота наземных ландшафтов. К 100-летию проф. Н.И. Базилевич. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 28-32.
214. Панкова Е.И., Турсина Т.В., Тишков А.А. 2010. Вклад Н.И. Базилевич в развитие почвенной науки XX и XXI веков // Почвоведение. № 11. С. 1283-1295.
215. Рухович Д.И., Панкова Е.И., Черноусенко Г.И., Королева П.В. 2010. Многолетняя динамика засоления орошаемых почв Голодностепского плато и методы ее выявления по материалам дистанционного зондирования // Почвоведение. № 6. С. 728-739.
- District [Atlas prirodnykh i tekhnogennykh opasnostey i riskov chrezvychaynykh situatsiy Tsentral'nogo federal'nogo okruga]. Moscow: Dizayn, informatika, kartografiya, 2010.*
211. Pankova EI. Salinity of soils of intermountain depressions in the deserts of the Trans-Altai Gobi of Mongolia [Zasolennost' pochv mezhgornyykh depressiy v pustynyakh Zaaltayskoy Gobi Mongolii]. *Bulletin of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva]. 2010;65:3-12.*
212. Pankova EI, Novikova AF. On the map of soil salinization in Russia [O karte zasoleniya pochv Rossii]. *Problems of Desert Development [Problemy osvoyeniya pustyn']. 2010;1-2:45-47.*
213. Pankova EI, Tishkov AA. Stages of life and creative biography of N.I. Bazilevich [Etapy zhizni i tvorcheskoy biografii N.I. Bazilevich]. *Proc. of the conference "Geography of productivity and biogeochemical circulation of terrestrial landscapes", dedicated to the 100th anniversary of prof. N.I. Bazilevich [Materialy konferentsii "Geografiya produktivnosti i biogeokhimicheskogo krugovorota nazemnykh landshaftov", k 100-letiyu prof. N.I. Bazilevich]. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2010:28-32.*
214. Pankova EI, Tursina TV, Tishkov AA. Contribution of N.I. Bazilevich in the development of soil science in the 20th and 21st centuries [Vklad N.I. Bazilevich v razvitiye pochvennoy nauki KHKH i KHKH vekov]. *Eurasian Soil Science. 2010;11:1283-1295.*
215. Rukhovich DI, Pankova EI, Chernousenko GI, Koroleva PV. Long-term dynamics of salinization of irrigated soils of the Golodno-steppe plateau and methods for its detection based on remote sensing data [Mnogoletnyaya dinamika zasoleniya oroshayemykh pochv Golodnostepskogo plato i metody yeye vyyavleniya po materialam distantsionnogo zondirovaniya]. *Eurasian Soil Science. 2010;6:728-739.*

Публикации 2011 год

216. Chernousenko G.I., Kalinina N.V., Khitrov N.B., Pankova E.I., Rukhovich D.I., Yamnova I.A., Novikova A.F. 2011. Quantification of the Areas of Saline and

Publications of 2011

216. Chernousenko GI, Kalinina NV, Khitrov NB, Pankova EI, Rukhovich DI, Yamnova IA, Novikova AF. Quantification of the Areas of Saline and Solonchic Soils in the Ural Federal Region of the Russian Federation. *Eurasian Soil*

- Solonchic Soils in the Ural Federal Region of the Russian Federation // Eurasian Soil Science. Vol. 44. No. 4. Pp. 367-379.
217. Pankova E.I., Novikova A.F. 2011. Distribution and Regularities of Soil Salinization in Russia // Proceedings of the International Conference "100 Years Bulgarian Soil Science", Sofia, May 16-20 2011. Part 1. Pp. 77-80.
218. Pankova E.I., Novikova A.F., Kontoboytseva A.A. 2011. The New Map of Soil Salinity and Regularities in Distribution of Salt-Affected Soils in Russia // Book of Abstract: International Conference on Soil Classification and Reclamation of Degraded Land in Arid Environments, Abu-Dhabi City, United Arab Emirates, 17-19 May 2010. 54 p.
219. Новикова А.Ф., Панкова Е.И., Контбойцева А.А. 2011. Закономерности распространения и площади засоленных почв Северо-Кавказского Федерального Округа России // Аридные экосистемы. № 12. С. 32-43.
220. Новикова А.Ф., Панкова Е.И., Контбойцева А.А. 2011. Зональные, провинциальные и литолого-геоморфологические особенности проявления засоленности почв в Южном федеральном округе России // Почвоведение. № 8. С. 923-939.
221. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. 2011. Засоление, как фактор, определяющий ресурсный потенциал почв Южного федерального округа России // Ресурсный потенциал почв – основа продовольственной безопасности России. Материалы международной научной конференции. СПб. С. 224-225.
222. Хитров Н.Б., Булгаков Д.С., Science. 2011;44 (4):367-379.
217. Pankova EI, Novikova AF. Distribution and Regularities of Soil Salinization in Russia // Proceedings of the International Conference "100 Years Bulgarian Soil Science", Pt. 1, Sofia, May 16-20 2011. 2011:77-80.
218. Pankova EI, Novikova AF, Kontoboytseva AA. The New Map of Soil Salinity and Regularities in Distribution of Salt-Affected Soils in Russia. Book of Abstract: International Conference on Soil Classification and Reclamation of Degraded Land in Arid Environments, Abu-Dhabi City, United Arab Emirates, 17-19 May 2010. 2011:54.
219. Novikova AF, Pankova EI, Kontoboytseva AA. Patterns of distribution and area of saline soils in the North Caucasian Federal District of Russia [Zakonomernosti rasprostraneniya i ploshchadi zasolennykh pochv Severo-Kavkazskogo Federal'nogo Okruga Rossii]. *Arid Ecosystems*. 2011;12:32-43.
220. Novikova AF, Pankova EI, Kontoboytseva AA. Zonal, provincial and lithological-geomorphological features of soil salinity in the Southern Federal District of Russia [Zonal'nyye, provintsial'nyye i litologo-geomorfologicheskiye osobennosti proyavleniya zasolennosti pochv v Yuzhnom federal'nom okruge Rossii]. *Eurasian Soil Science*. 2011;8:923-939.
221. Pankova EI, Novikova AF. Salinization as a factor determining the resource potential of soils in the Southern Federal District of Russia [Zasoleniye, kak faktor, opredelyayushchiy resursnyy potentsial pochv Yuzhnogo federal'nogo okruga Rossii]. *Resource potential of soils are the basis of food security in Russia [Resursnyy potentsial pochv – osnova prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossii] Materials of the international scientific conference [Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii]*. Saint-Petersburg, 2011:224-225.
222. Khitrov NB, Bulgakov DS, Karmanov II, Kashtanov AN, Konyushkov DE, Mikhailov IS, Pankova EI, Rozhkov VA, Rukhovich DI, Simakova MS. Soil resources of Russia: sources of information and accuracy of quantitative assessment [Pochvennyye resursy Rossii: istochniki informatsii i tochnost' kolichestvennoy otsenki]. *Proc. of the International Scientific Conference dedicated to the 165th anniversary of the birth of V.V. Dokuchaev [Materialy*

Карманов И.И., Кауштанов А.Н., Конюшков Д.Е., Михайлов И.С., Панкова Е.И., Рожков В.А., Рухович Д.И., Симакова М.С. 2011. Почвенные ресурсы России: источники информации и точность количественной оценки // Материалы Международной научной конференции, посвященной 165-летию со дня рождения В.В. Докучаева: Ресурсный потенциал почв – основа продовольственной и экологической безопасности России, Санкт-Петербург, 1-4 марта 2011 г. С. 23-26.

223. Черноусенко Г.И., Калинина Н.В., Хитров Н.Б., Панкова Е.И., Рухович Д.И., Ямнова И.А., Новикова А.Ф. 2011. Оценка площадей засоленных и солонцевых почв на территории Уральского федерального округа России // Почвоведение. № 4. С. 403-416.

Публикации 2012 год

224. Конюшкова М.В., Панкова Е.И. 2012. Компьютерное крупномасштабное картографирование почв солонцевых комплексов Прикаспия // В кн.: Цифровая почвенная картография: теоретически и экспериментальные исследования. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. С. 177-188.
225. Панкова Е.И., Батл-Салес Дж., Контбойцева А.А. 2012. К вопросу о классификации засоленных почв по солеустойчивости сельскохозяйственных культур и показателям засоленности почв // Материалы докладов VI съезда Общества почвоведов им. В.В.

Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 165-letiyu so dnya rozhdeniya V.V. Dokuchayeva] *The resource potential of soils is the basis of food and environmental security in Russia*, St. Petersburg, 1-4 March 2011 [*Resursnyy potentsial pochv – osnova prodovol'stvennoy i ekologicheskoy bezopasnosti Rossii*]. 2011:23-26.

223. Chernousenko GI, Kalinina NV, Khitrov NB, Pankova EI, Rukhovich DI, Yamnova IA, Novikova AF. Estimation of the areas of saline and solonchic soils on the territory of the Ural Federal District of Russia [Otsenka ploshchadey zasolennykh i solontsovykh pochv na territorii Ural'skogo federal'nogo okruga Rossii]. *Eurasian Soil Science*. 2011;4:403-416.

Publications of 2012

224. Konyushkova MV, Pankova EI. Computer large-scale mapping of soils of solonchic complexes of the Caspian Sea [*Komp'yuternoye krupnomasshtabnoye kartografirovaniye pochv solontsovykh kompleksov Prikaspiya*]. *Digital soil cartography: theoretical and experimental studies* [*Tsifrovaya pochvennaya kartografiya: teoreticheski i eksperimental'nyye issledovaniya*]. Moscow: Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchayeva, 2012:177-188.
225. Pankova EI, Battle-Sales J, Kontoboytseva AA. On the classification of saline soils according to the salt tolerance of agricultural crops and indicators of soil salinity [*K voprosu o klassifikatsii zasolennykh pochv po soleustoychivosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur i pokazatelyam zasolennosti pochv*]. *Proc. of the VI Congress of V.V. Dokuchaev Society of Soil Scientists* [*Materialy докладов VI s'yezda Obshchestva pochvovedov im. V.V. Dokuchayeva*] *Soils of Russia: current state, prospects for study and use, Petrozavodsk, Book 3*, Moscow, 13-18 August 2012 [*Pochvy Rossii: sovremennoye sostoyaniye, perspektivy izucheniya i ispol'zovaniya*]. Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN, 2012:449-451.
226. Pankova EI, Gerasimova M. Desert soils: Properties, soil-forming processes, classification [*Pustynnyye pochvy: Svoystva, pochvoobrazovatel'nyye protsessy, klassifikatsiya*]. *Arid Ecosystems*. 2012;18 (2):5-

- Докучаева. Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования, Петрозаводск, Москва, 13-18 августа 2012 г. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. Кн. 3. С. 449-451.
226. Панкова Е.И., Герасимова М. 2012. Пустынные почвы: Свойства, почвообразовательные процессы, классификация // Аридные экосистемы. Т. 18. № 2 (51). С. 5-16.
227. Панкова Е.И., Горбунова И.А. 2012. Проблемы аридного почвообразования в работах М.А. Глазовской (к 100-летию со дня рождения) // Аридные экосистемы. Т. 18. № 3 (52). С. 95-103.
228. Панкова Е.И., Назарова Л.Ф. 2012. Роль Почвенного института им. В.В. Докучаева в становлении почвоведения в России (к 85-летию института) // Почвоведение. № 9. С. 997-1007.
229. Ямнова И.А., Панкова Е.И. 2012. Гипсовые новообразования и почвенные процессы их формирующие // Материал докладов VI съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования, Петрозаводск, Москва, 13-18 августа 2012 г. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. Кн. 3. С. 305-305.
- 16.
227. Pankova EI, Gorbunova IA. Problems of arid soil formation in the works of M.A. Glazovskaya (to the 100th anniversary of his birth) [Problemy aridnogo pochvoobrazovaniya v rabotakh M.A. Glazovskoy (k 100-letiyu so dnya rozhdeniya)]. *Arid Ecosystems*. 2012;18 (3):95-103.
228. Pankova EI, Nazarova LF. The role of V.V. Dokuchaev Soil Institute in the development of soil science in Russia (to the 85th anniversary of the Institute) [Rol' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva v stanovlenii pochvovedeniya v Rossii (k 85-letiyu instituta)]. *Eurasian Soil Science*. 2012;9:997-1007.
229. Yamnova IA, Pankova EI. Gypsum neoformations and soil processes that form them [Gipsovyye novoobrazovaniya i pochvennyye protsessy ikh formiruyushchiye]. *Proc. of the VI Congress of V.V. Dokuchaev Society of Soil Scientists [Material dokladov VI s'yezda Obshchestva pochvovedov im. V.V. Dokuchayeva] Soils of Russia: current state, prospects for study and use, Book 3, Petrozavodsk, Moscow, 13-18 August 2012 [Pochvy Rossii: sovremennoye sostoyaniye, perspektivy izucheniya i ispol'zovaniya]*. Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2012:305-305.

Publications of 2013

Публикации 2013 год

230. Yamnova I.A., Pankova E.I. 2013. Gupsip Pedofeatures and Elementary Pedogenetic Processes of their Formation // *Eurasian Soil Science*. Vol. 46. No. 12. Pp. 1117-1129.
231. Pankova E.I., Konyushkova M.V.

230. Yamnova IA, Pankova EI. Gupsip Pedofeatures and Elementary Pedogenetic Processes of their Formation. *Eurasian Soil Science*. 2013;46 (12):1117-1129.
231. Pankova EI, Konyushkova MV. Climate and Soil Salinity in the Deserts of Central Asia. *Eurasian Soil Science*. 2013;46 (7):721-727.
232. Pankova EI, Konyushkova MV. Effect of Global Warming on Soil Salinity of the Arid Regions. *Russian Agricultural Sciences*. 2013;39:424-427.
233. Pankova EI, Konyushkova MV. Impact of global climate warming on salinity of soils in arid regions [Vliyaniye global'nogo potepneniya klimata na zasolennost' pochv Aridnykh regionov]. *Bulletin of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva]*. 2013;71:3-15.
234. Pankova EI, Konyushkova MV. Climate and salinity of soils in the deserts of Central Asia [Klimat i zasolennost' pochv pustyn' Tsentral'noy

2013. Climate and Soil Salinity in the Deserts of Central Asia // *Eurasian Soil Science*. Vol. 46. No. 7. Pp. 721-727.
232. Pankova E.I., Konyushkova M.V. 2013. Effect of Global Warming on Soil Salinity of the Arid Regions // *Russian Agricultural Sciences*. Vol. 39. Pp. 424-427.
233. Панкова Е.И., Конюшкова М.В. 2013. Влияние глобального потепления климата на засоленность почв Аридных регионов // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. Вып. 71. С. 3-15.
234. Панкова Е.И., Конюшкова М.В. 2013. Климат и засоленность почв пустынь Центральной Азии // *Почвоведение*. № 7. С. 771-777.
235. Хитров Н.Б., Панкова Е.И., Новикова А.Ф., Черноусенко Г.И., Ямнова И.А. 2013. Теоретические и методические основы предупреждения вторичного засоления // В кн.: Научные основы предотвращения деградации почв (земель) и формирование систем воспроизводства. Т. 1. М.: Российская академия сельскохозяйственных наук. С. 383-462.
236. Ямнова И.А., Панкова Е.И. 2013. Гипсовые новообразования и формирующие их элементарные почвообразовательные процессы // *Почвоведение*. № 12. С. 1423-1436.
2013. Climate and Soil Salinity in the Deserts of Central Asia // *Eurasian Soil Science*. 2013;7:771-777.
235. Khitrov NB, Pankova EI, Novikova AF, Chernousenko GI, Yamnova IA. Theoretical and methodological foundations for preventing secondary salinization [*Teoreticheskiye i metodicheskiye osnovy preduprezhdeniya vtorichnogo zasoleniya*]. *Scientific foundations for preventing soil (land) degradation and the formation of reproduction systems [Nauchnyye osnovy predotvrashcheniya degradatsii pochv (zemel') i formirovaniye sistem vosproizvodstva]*. Moscow: Rossiyskaya akademiya sel'skokhozyaystvennykh nauk, 2013;1:383-462.
236. Yamnova IA, Pankova EI. Gypsum neoformations and elementary soil-forming processes that form them [*Gipsovyye novoobrazovaniya i formiruyushchiye ikh elementarnyye pochvoobrazovatel'nyye protsessy*]. *Eurasian Soil Science*. 2013;12:1423-1436.

Publications of 2014

Публикации 2014 год

237. Aidarov I.P., Pankova E.I. 2014. Salinization of Irrigated Soils of the Aral Sea Basin and its Environmental and Socio-economic Impacts // *Innovations for Sustainability and Food Security in Arid and Semiarid Lands*. Abstracts of the 2nd International Conference
237. Aidarov IP, Pankova EI. Salinization of Irrigated Soils of the Aral Sea Basin and its Environmental and Socio-economic Impacts. *Innovations for Sustainability and Food Security in Arid and Semiarid Lands*. Abstracts of the 2nd International Conference on Arid Lands Studies, Samarkand, Uzbekistan, 10-14 September 2014. 2014:7.
238. Pankova EI. Anthropogenic Desertification and Remote Monitoring over the Salinity of Irrigated Soils within the Cotton-growing Zone. *Innovations for Sustainability and Food Security in Arid and Semiarid Lands*. Abstracts of the 2nd International Conference on Arid Lands Studies, Samarkand, Uzbekistan, 10-14 September 2014. 2014:7.
239. Pankova EI, Novikova AF, Konyushkova MV, Shadrina MB, Mukhortov VI. Soils at the Boundary Between the Zones of Light Chestnut and Brown Arid Soils in the South of European Russia. *Arid Ecosystems*. 2014;4 (3):194-207.
240. Pankova EI. Remote monitoring of salinization of irrigated soils in the cotton-growing zone [*Distantcionnyy monitoring zasoleniya oroshayemykh pochv khlopkoseyushchey zony*]. *Bulletin of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva]*. 2014;74:20-31.
241. Pankova EI, Gorohova IN. Remote monitoring of

- on Arid Lands Studies, Samarkand, Uzbekistan, 10-14 September 2014. 7 p.
238. Pankova E.I. 2014. Anthropogenic Desertification and Remote Monitoring over the Salinity of Irrigated Soils within the Cotton-growing Zone // Innovations for Sustainability and Food Security in Arid and Semiarid Lands. Abstracts of the 2nd International Conference on Arid Lands Studies, Samarkand, Uzbekistan, 10-14 September 2014. 7 p.
239. Pankova E.I., Novikova A.F., Konyushkova M.V., Shadrina M.B., Mukhortov V.I. 2014. Soils at the Boundary Between the Zones of Light Chestnut and Brown Arid Soils in the South of European Russia // Arid Ecosystems. Vol. 4. No. 3. Pp. 194-207.
240. Панкова Е.И. 2014. Дистанционный мониторинг засоления орошаемых почв хлопкосеющей зоны // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. Вып. 74. С. 20-31.
241. Панкова Е.И., Горохова И.Н. 2014. Дистанционный мониторинг засоления орошаемых почв юга России // Тезисы доклада на конференции «Почвенные и земельные ресурсы: состояние, оценка, использование».
242. Панкова Е.И., Горохова И.Н., Конюшкова М.В. 2014. Развитие методов оценки и дистанционного мониторинга засоления орошаемых и целинных почв на территории аридных и семиаридных регионов // Экологические системы и приборы. № 10. С. 3-9.
243. Панкова Е.И., Новикова А.Ф., Конюшкова М.В., Шадрина М.Б., Мухортков В.И. 2014. Почвы зоны контакта светло-каштановых и
- salinization of irrigated soils in the south of Russia [*Distantсионный мониторинг засоления орошаемых почв юга России*]. Abstracts of the report at the conference "Soil and land resources: state, assessment, use" [Тезисы доклада на конференции "Почвенные и земельные ресурсы: состояние, оценка, использование"]. 2014.
242. Pankova EI, Gorohova IN, Konyushkova MV. Development of methods for assessing and remote monitoring of salinization of irrigated and virgin soils in arid and semi-arid regions [Развитие методов оценки и дистанционного мониторинга засоления орошаемых и целинных почв на территории аридных и семиаридных регионов]. *Ecological Systems and Devices [Ekologicheskiye sistemy i pribory]*. 2014;10:3-9.
243. Pankova EI, Novikova AF, Konyushkova MV, Shadrina MB, Mukhortov VI. Soils of the contact zone of light chestnut and brown arid soils in the south of European Russia [Почвы зоны контакта светло-каштановых и бурых аридных почв юга Yevropeyskoy Rossii]. *Arid Ecosystems*. 2014;3:84-101.
244. Pankova EI, Novikova AF, Konyushkova MV, Shadrina MB, Mukhortov VI. Soils of the contact zone of light chestnut and brown arid soils in the south of European Russia [Почвы зоны контакта светло-каштановых и бурых аридных почв юга Yevropeyskoy Rossii]. *Arid Ecosystems*. 2014;20 (3):84-101.

Publications of 2015

245. Pankova EI. Salt Affected Soils of Russia: Solved and Unsolved Problems. *Eurasian Soil Science*. 2015;48 (2):115-127.
246. Pankova EI, Aidarov IP, Golovanov DL, Yamnova IA. Salinization as the Main Soil-Forming Process in Soils of Natural Oases in the Gobi Desert. *Eurasian Soil Science*. 2015;48 (10):1017-1028.
247. Komarov IA, Pankova EI, Golovanov DL, Kiyashko NV, Zhambalzhav Ya, Mandakhbayar Zh, Yamnova IA. Formation of the salt profile of solonchaks in Mongolia as a result of cryometamorphism of soil solutions (according to modeling results) [*Formirovaniye solevogo profilya solonchakov Mongolii kak rezul'tat kriometamorfizma pochvennykh rastvorov (po*

бурых аридных почв юга Европейской России // Аридные экосистемы. № 3. С. 84-101.

244. Панкова Е.И., Новикова А.Ф., Конюшкова М.В., Шадрина М.Б., Мухортов В.И. 2014. Почвы зоны контакта светло-каштановых и бурых аридных почв юга Европейской России // Аридные экосистемы. Т. 20. № 3 (60). С. 84-101.

Публикации 2015 год

245. Pankova E.I. 2015. Salt Affected Soils of Russia: Solved and Unsolved Problems // Eurasian Soil Science. Vol. 48. No. 2. Pp. 115-127.
246. Pankova E.I., Aidarov I.P., Golovanov D.L., Yamnova I.A. 2015. Salinization as the Main Soil-Forming Process in Soils of Natural Oases in the Gobi Desert // Eurasian Soil Science. Vol. 48. No. 10. Pp. 1017-1028.
247. Комаров И.А., Панкова Е.И., Голованов Д.Л., Кияшко Н.В., Жамбалжав Я., Мандахбаяр Ж., Ямнова И.А. 2015. Формирование солевого профиля солончаков Монголии как результат криометаморфизма почвенных растворов (по результатам моделирования) // Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития: Материалы Международной конференции Бэмби Сан, Улан-Батор, 8-19 сентября 2015 г. С. 404-409.
248. Панкова Е.И. 2015. Засоленные почвы России: решенные и нерешенные проблемы // Почвоведение. № 2. С. 1-14.
249. Панкова Е.И., Айдаров И.П., Голованов Д.Л., Ямнова И.А. 2015. Засоление как основной почвообразовательный процесс в

rezul'tatam modelirovaniya]. *Ecosystems of Central Asia in modern conditions of socio-economic development: Proceedings of the Bambi Sun International Conference*, Ulaanbaatar, 8-19 September 2015 [*Ekosistemy Tsentral'noy Azii v sovremennykh usloviyakh sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya: Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii Bambi San*]. 2015:404-409.

248. Pankova EI. Saline soils of Russia: solved and unresolved problems [Zasolennyye pochvy Rossii: reshennyye i nereshennyye problemy]. *Eurasian Soil Science*. 2015;2:1-14.
249. Pankova EI, Aidarov IP, Golovanov DL, Yamnova IA. Salinization as the main soil-forming process in soils of natural oases in the Gobi deserts [Zasoleniye kak osnovnoy pochvoobrazovatel'nyy protsess v pochvakh prirodnikh oazisov gobiyskikh pustyn']. *Eurasian Soil Science*. 2015;10:1155-1167.
250. Pankova EI, Lebedeva MP. Features of similarity and differences in soil properties of boreal deserts of Central and Central Asia [Cherty skhodstva i razlichiya svoystv pochv boreal'nykh pustyn' Tsentral'noy i Sredney Azii]. *Bulletin of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva]*. 2015;81:120-137.

Publications of 2016

251. Kalinina NV, Rukhovich DI, Pankova EI, Chernousenko GI, Koroleva PV. Cartographic analysis of the dependence of the distribution of saline soils on the territory of Russia on a number of climatic characteristics (along the latitude 53° 44') [Kartograficheskiy analiz zavisimosti rasprostraneniya zasolennykh pochv na territorii Rossii ot ryada klimaticheskikh kharakteristik (po shirote 53° 44')]. *Eurasian Soil Science*. 2016;11:1-19.
252. Pankova EI. Soil salinization in the Central Asian region: old and new problems [Zasoleniye pochv Sredneaziatskogo regiona: staryye i novyye problemy]. *Arid Ecosystems*. 2016;22 (4):21-29.
253. Kalinina NV, Rukhovich DI, Pankova EI, Chernousenko GI, Koroleva PV. Cartographic Analysis of the Distribution of Saline Soils in Russia Depending on Some Climatic Parameters. *Eurasian Soil Science*. 2016;49 (11):1211-1227.
254. Abdullaev UV, Khasankhanova GM, Khamzina

почвах природных оазисов гобийских пустынь // Почвоведение. № 10. С. 1155-1167.

250. Панкова Е.И., Лебедева М.П. 2015. Черты сходства и различия свойств почв бореальных пустынь Центральной и Средней Азии // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. № 81. С. 120-137.

Публикации 2016 год

251. Калинина Н.В., Рухович Д.И., Панкова Е.И., Черноусенко Г.И., Королева П.В. 2016. Картографический анализ зависимости распространения засоленных почв на территории России от ряда климатических характеристик (по широте 53° 44') // Почвоведение. № 11. С. 1-19.
252. Панкова Е.И. 2016. Засоление почв Среднеазиатского региона: старые и новые проблемы // Аридные экосистемы. № 4 (69). Т. 22. С. 21-29.
253. Kalinina N.V., Rukhovich D.I., Pankova E.I., Chernousenko G.I., Koroleva P.V. 2016. Cartographic Analysis of the Distribution of Saline Soils in Russia Depending on Some Climatic Parameters // Eurasian Soil Science. Vol. 49. No. 11. Pp. 1211-1227. DOI: 10.1134/S1064229316110041
254. Абдуллаев У.В., Хасанханова Г.М., Хамзина Т.И., Ибрагимов Р., Тарьяникова Р.В., Панкова Е.И. 2016. Опыт применения подходов и методов ФАО для восстановления продуктивности деградированных земель и устойчивого землепользования в Узбекистане // Земельные ресурсы и продовольственная безопасность Центральной Азии и Закавказья / ред. П.В. ТИ, Ibragimov R, Taryanikova RV, Pankova EI. Experience in applying FAO approaches and methods to restore the productivity of degraded lands and sustainable land use in Uzbekistan [*Opyt primeneniya podkhodov i metodov FAO dlya vosstanovleniya produktivnosti degradirovannykh zemel' i ustoychivogo zemlepol'zovaniya v Uzbekistane*]. Land resources and food security in Central Asia and the Caucasus [*Zemel'nyye resursy i prodovol'stvennaya bezopasnost' Tsentral'noy Azii i Zakavkaz'ya*] / eds. P.V. Krasilnikov, M.V. Konyushkova, R. Vargas. Rome: FAO, 2016:229-247.
255. Aidarov IP, Pankova EI. On the way to sustainable development of the countries of Central Asia [*Na puti k ustoychivomu razvitiyu stran Tsentral'noy Azii*]. Land resources and food security in Central Asia and the Caucasus [*Zemel'nyye resursy i prodovol'stvennaya bezopasnost' Tsentral'noy Azii i Zakavkaz'ya*] / eds. P.V. Krasilnikov, M.V. Konyushkova, R. Vargas. Rome: FAO, 2016:50-70.
256. Pankova EI, Soloviev DA, Rukhovich DI, Savin IYu. Organization of monitoring of soil salinity in irrigated areas of Central Asia using remote sensing data [*Organizatsiya monitoringa zasoleniya pochv oroshayemykh territoriy Tsentral'noy Azii s ispol'zovaniyem dannykh distantsionnogo zondirovaniya*]. Land resources and food security in Central Asia and the Caucasus [*Zemel'nyye resursy i prodovol'stvennaya bezopasnost' Tsentral'noy Azii i Zakavkaz'ya*] / eds. P.V. Krasilnikov, M.V. Konyushkova, R. Vargas. Rome: FAO, 2016:309-369.
257. Pankova EI, Konyushkova MV. History of study and main directions of development of methods for assessing and mapping soil salinity in arid and semi-arid territories [*Istoriya izucheniya i osnovnyye napravleniya razvitiya metodov otsenki i kartografirovaniya zasolennosti pochv aridnykh i semiaridnykh territoriy*]. Bulletin of V.V. Dokuchaev Soil Institute [*Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva*]. 2016;82:122-138.
258. Bathishig Ochirbat, Golovanov DL, Komarov IA, Kiyashko NV, Pankova EI, Yamnova IA, Zhambalzhav Ya, Mandakhbayar Zh.

- Красильников, М.В. Конюшкова, Р. Варгас. Рим: ФАО. С. 229-247.
255. Айдаров И.П., Панкова Е.И. 2016. На пути к устойчивому развитию стран Центральной Азии // Земельные ресурсы и продовольственная безопасность Центральной Азии и Закавказья / ред. П.В. Красильников, М.В. Конюшкова, Р. Варгас. Рим: ФАО. С. 50-70.
256. Панкова Е.И., Соловьев Д.А., Рухович Д.И., Савин И.Ю. 2016. Организация мониторинга засоления почв орошаемых территорий Центральной Азии с использованием данных дистанционного зондирования // Земельные ресурсы и продовольственная безопасность Центральной Азии и Закавказья / ред. П.В. Красильников, М.В. Конюшкова, Р. Варгас. Рим: ФАО. С. 309-369.
257. Панкова Е.И., Конюшкова М.В. 2016. История изучения и основные направления развития методов оценки и картографирования засоленности почв аридных и семиаридных территорий // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. № 82. С. 122-138.
258. Батхшииг Очирбат, Голованов Д.Л., Комаров И.А., Кияшко Н.В., Панкова Е.И., Ямнова И.А., Жамбалжав Я., Мандахбаяр Ж. 2016. Криометаморфизм почвенных растворов солончаков Монголии (по результатам моделирования) // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны: Тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, Белгород, 15-22 августа 2016 г. Часть I. М.-Белгород: Издательский дом «Белгород». С. 214-215.
- Cryometamorphism of soil solutions in solonchaks of Mongolia (according to modeling results) [*Kriometamorfizm pochvennykh rastvorov solonchakov Mongolii (po rezul'tatam modelirovaniya)*]. *Soil science – food and environmental security of the country: Abstracts of the VII Congress of V.V. Dokuchaev Society of Soil Scientists, Pt. I*, Belgorod, 15-22 August 2016 [*Pochvovedeniye – prodovol'stvennoy i ekologicheskoy bezopasnosti strany: Tezisy dokladov VII s'yezda Obshchestva pochvovedov im. V.V. Dokuchayeva, Ch. I*]. Moscow, Belgorod: Izdatel'skiy dom "Belgorod", 2016:214-215.
259. Golovanov DL, Pankova EI, Yamnova IA, Gafurova LA, Lebedev MA, Lebedeva MP. Spatial and temporal trends of salinization and gypsum content of hydromorphic soils of the serozem zone under artificial drainage without irrigation [*Prostranstvenno-vremennyye trendy zasoleniya i gipsonosnosti gidromorfnykh pochv serozemnoy zony pri iskusstvennom drenazhe bez orosheniya*]. *Abstracts of the report of the VII Congress of V.V. Dokuchaev Society of Soil Scientists, Pt. II*, Belgorod, 15-22 August 2016 [*Tezisy doklada VII S'yezda obshchestva pochvovedov im. V.V. Dokuchayeva, Ch. II*]. Moscow, Belgorod: Izdatel'skiy dom "Belgorod", 2016:393-394.
260. Gorohova IN, Pankova EI, Prokopyeva KO. Assessment and mapping of the current state of irrigated soils of the Svetloyarsk irrigation system (Volgograd region) using satellite imagery [*Otsenka i kartografirovaniye sovremennogo sostoyaniya oroshayemykh pochv Svetloyarskoy orositel'noy sistemy (volgogradskaya oblast') s ispol'zovaniyem kosmicheskoy s'yemki*]. *Abstracts of the report of the VII Congress of V.V. Dokuchaev Society of Soil Scientists, Pt. II*, Belgorod, 15-22 August 2016 [*Tezisy doklada VII S'yezda obshchestva pochvovedov im. V.V. Dokuchayeva, Ch. II*]. Moscow-Belgorod: Izdatel'skiy dom "Belgorod", 2016:394-395.
261. Pankova EI. Oasis soil formation in the conditions of extremely arid deserts of Mongolia [*Oazisnoye pochvoobrazovaniye v usloviyakh kraynearidnykh pustyn' Mongolii*]. *Abstracts of the report of the VII Congress of V.V. Dokuchaev Society of Soil Scientists, Pt. I*, Belgorod, 15-22 August 2016 [*Tezisy doklada VII S'yezda obshchestva*

259. Голованов Д.Л., Панкова Е.И., Ямнова И.А., Гафурова Л.А., Лебедев М.А., Лебедева М.П. 2016. Пространственно-временные тренды засоления и гипсоносности гидроморфных почв сероземной зоны при искусственном дренаже без орошения // Тезисы доклада VII Съезда общества почвоведов им. В.В. Докучаева, Белгород, 15-22 августа 2016 г. Ч. II. М.-Белгород: Издательский дом «Белгород». С. 393-394.
260. Горохова И.Н., Панкова Е.И., Прокопьева К.О. 2016. Оценка и картографирование современного состояния орошаемых почв Светлоярской оросительной системы (волгоградская область) с использованием космической съемки // Тезисы доклада VII Съезда общества почвоведов им. В.В. Докучаева, Белгород, 15-22 августа 2016 г. Ч. II. М.-Белгород: Издательский дом «Белгород». С. 394-395.
261. Панкова Е.И. 2016. Оазисное почвообразование в условиях крайнеаридных пустынь Монголии // Тезисы доклада VII Съезда общества почвоведов им. В.В. Докучаева, Белгород, 15-22 августа 2016 г. Ч. I. М.-Белгород: Издательский дом «Белгород». С. 271.
262. Голованов Д.Л., Ямнова И.А., Панкова Е.И., Лебедева М.П., Лебедев М.А., Гафурова Л.А. 2016. Морфотипы гипсовых горизонтов на различных уровнях организации почвенного покрова аридных территорий (Джизакская степь, Узбекистан) // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Морфология почв: от макро- до субмикроуровня», *pochvovedov im. V.V. Dokuchayeva, Ch. IJ*. Moscow-Belgorod: Izdatel'skiy dom "Belgorod", 2016:271.
262. Golovanov DL, Yamnova IA, Pankova EI, Lebedeva MP, Lebedev MA, Gafurova LA. Morphotypes of gypsum horizons at different levels of soil cover organization in arid territories (Jizzakh steppe, Uzbekistan) [*Morfotipy gipsovykh gorizontov na razlichnykh urovnyakh organizatsii pochvennogo pokrova aridnykh territoriy (Dzhizakskaya step', Uzbekistan)*]. Proc. of the All-Russian conference with international participation "Soil morphology: from macro- to submicrolevel", Moscow, 19-21 December 2016 [*Materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem "Morfologiya pochv: ot makro- do submikrourovnya"*]. Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Institute, 2016:221-225.
- Publications of 2017**
263. Gafurova LA, Pankova EI, Yamnova IA, Golovanov DL. Spatial and temporal trends of salinization of gypsum content in hydromorphic soils of the serozem zone under artificial drainage without irrigation (Jizzakh steppe, Uzbekistan) [*Prostranstvenno-vremennyye trendy zasoleniya gipsonosnosti gidromorfnykh pochv serozemnoy zony pri iskusstvennom drenazhe bez orosheniya (Dzhizakskaya step', Uzbekistan)*]. Soil and land resources: state, assessment, use: Abstracts of the conference reports on the 90th anniversary of the founding of V.V. Dokuchaev Soil Institute [*Pochvennyye i zemel'nyye resursy: sostoyaniye, otsenka, ispol'zovaniye: Tezisy dokladov konferentsii k 90-letiyu osnovaniya Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva*]. 2017:71-72.
264. Gorohova IN, Pankova EI. Changes in the ameliorative state of irrigated lands in the Volgograd region for the period 2001-2016. [*Izmeneniye meliorativnogo sostoyaniya oroshayemykh zemel' v Volgogradskoy oblasti za period 2001-2016 gg.*]. Soil and land resources: state, assessment, use: Abstracts of the conference reports on the 90th anniversary of the founding of V.V. Dokuchaev Soil Institute [*Pochvennyye i zemel'nyye resursy: sostoyaniye, otsenka, ispol'zovaniye: Tezisy dokladov konferentsii k 90-letiyu osnovaniya Pochvennogo instituta im. V.V.*

Москва, 19-21 декабря 2016 г.
М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. С. 221-225.

Публикации 2017 год

263. Гафурова Л.А., Панкова Е.И., Ямнова И.А., Голованов Д.Л. 2017. Пространственно-временные тренды засоления гипсоносности гидроморфных почв сероземной зоны при искусственном дренаже без орошения (Джизакская степь, Узбекистан) // Почвенные и земельные ресурсы: состояние, оценка, использование: Тезисы докладов конференции к 90-летию основания Почвенного института им. В.В. Докучаева. С. 71-72.
264. Горохова И.Н., Панкова Е.И. 2017. Изменение мелиоративного состояния орошаемых земель в Волгоградской области за период 2001-2016 гг. // Почвенные и земельные ресурсы: состояние, оценка, использование: Тезисы докладов конференции к 90-летию основания Почвенного института им. В.В. Докучаева. С. 29-31.
265. Горохова И.Н., Панкова Е.И. 2017. Изменение мелиоративного состояния орошаемых земель Волгоградской области за период 2001-2016 гг. // Современные проблемы изучения почвенных и земельных ресурсов: Сборник докладов Второй Всероссийской открытой конференции с международным участием. С. 48-51.
266. Горохова И.Н., Панкова Е.И. 2017. Природа пятнистости орошаемых почв сухостепной зоны (на примере Светлоярской оросительной системы) // Аридные экосистемы. Т. 23. № 3 (72). С. 39-49.
- Dokuchayeva*]. 2017:29-31.
265. Gorohova IN, Pankova EI. Changes in the ameliorative state of irrigated lands in the Volgograd region for the period 2001-2016. [*Izmeneniye meliorativnogo sostoyaniya oroshayemykh zemel' Volgogradskoy oblasti za period 2001-2016 gg.*]. *Modern problems of studying soil and land resources: Collection of reports of the Second All-Russian open conference with international participation [Sovremennyye problemy izucheniya pochvennykh i zemel'nykh resursov: Sbornik докладов Vtoroy Vserossiyskoy otkrytoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem]*. 2017:48-51.
266. Gorohova IN, Pankova EI. Nature of patchiness of irrigated soils of the dry steppe zone (on the example of the Svetloyarsk irrigation system) [*Sovremennyye problemy izucheniya pochvennykh i zemel'nykh resursov: Sbornik докладов Vtoroy Vserossiyskoy otkrytoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem]*. *Arid Ecosystems*. 2017;23 (3):39-49.
267. Gorohova IN, Pankova EI, Shishkonakova EA. Experience in using space images to map the land use of irrigated and fallow lands of the Svetloyarsk irrigation system [*Opyt ispol'zovaniya kosmicheskikh snimkov dlya sostavleniya karty zemlepol'zovaniya oroshayemykh i zaleznykh zemel' Svetloyarskoy orositel'noy sistemy]*. *Bulletin of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva]*. 2017;89:68-89.
268. Pankova EI. State of the problem (geography, genesis and monitoring) of saline soils in Russia [*Sostoyaniye problemy (geografiya, genezis i monitoring) zasolennykh pochv Rossii]*. *Soil and land resources: state, assessment, use: Abstracts of the conference reports on the 90th anniversary of the foundation of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Pochvennyye i zemel'nyye resursy: sostoyaniye, otsenka, ispol'zovaniye: Tezisy докладов konferentsii k 90-letiyu osnovaniya Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva]*. 2017:16-17.
269. Pankova EI, Vorobieva LA, Balyuk SA, Khasankhanova GM, Konyushkova MV, Yamnova IA. Salt soils of the Eurasian region: diagnostics, criteria and distribution [*Zasolennyye pochvy Yevraziyskogo regiona: diagnostika, kriterii i rasprostraneniye]*. *Guidelines for the*

267. Горохова И.Н., Панкова Е.И., Шишонакова Е.А. 2017. Опыт использования космических снимков для составления карты землепользования орошаемых и залежных земель Светлоярской оросительной системы // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. № 89. С. 68-89.
268. Панкова Е.И. 2017. Состояние проблемы (география, генезис и мониторинг) засоленных почв России // Почвенные и земельные ресурсы: состояние, оценка, использование: Тезисы докладов конференции к 90-летию основания Почвенного института им. В.В. Докучаева. С. 16-17.
269. Панкова Е.И., Воробьева Л.А., Балюк С.А., Хасанханова Г.М., Конюшкова М.В., Ямнова И.А. 2017. Засоленные почвы Евразийского региона: диагностика, критерии и распространение // Руководство по управлению засоленными почвами. План реализации Евразийского почвенного партнерства. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. Евразийский центр по продовольственной безопасности. Рим. С. 3-15.
270. Панкова Е.И., Конюшкова М.В., Горохова И.Н. 2017. О проблеме оценки засоленности почв и методике крупномасштабного цифрового картографирования засоленных почв // Экосистемы: экология и динамика. Т. 1. № 1. С. 26-54.
271. Панкова Е.И., Соловьев Д.А., Рухович Д.И., Савин И.Ю. 2017. Мониторинг засоления почв с использованием дистанционного зондирования (на примере орошаемых территорий *management of saline soils. Implementation Plan for the Eurasian Soil Partnership [Rukovodstvo po upravleniyu zasolennymi pochvami. Plan realizatsii Yevraziyskogo pochvennogo partnerstva]*. Rome: *Prodoval'stvennaya i sel'skokhozyaystvennaya organizatsiya Ob'yedinennykh Natsiy. Yevraziyskiy tsentr po prodoval'stvennoy bezopasnosti*, 2017:3-15.
270. Pankova EI, Konyushkova MV, Gorohova IN. On the problem of assessing soil salinity and the methodology for large-scale digital mapping of saline soils [*O probleme otsenki zasolennosti pochv i metodike krupnomasshtabnogo tsifrovogo kartografirovaniya zasolennykh pochv*]. *Ecosystems: Ecology and Dynamics*. 2017;1 (1):26-54.
271. Pankova EI, Soloviev DA, Rukhovich DI, Savin IYu. Soil salinity monitoring using remote sensing (on the example of irrigated areas of Central Asia [*Monitoring zasoleniya pochv s ispol'zovaniyem distantsionnogo zondirovaniya (na primere oroshayemykh territoriy Tsentral'noy Azii]*). Rome: *Prodoval'stvennaya i sel'skokhozyaystvennaya organizatsiya Ob'yedinennykh Natsiy, Yevraziyskiy tsentr po prodoval'stvennoy bezopasnosti*, 2017:21-24.
272. Employees of V.V. Dokuchaev Soil Institute and their contribution to the development of soil science (to the 90th anniversary of the foundation of V.V. Dokuchaev Soil Institute) [*Sotrudniki pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchayeva i ikh vklad v razvitiye nauki o pochvakh (k 90-letiyu sozdaniya Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva)*] / ed. E.I. Pankova. Moscow, 2017:400.
273. Chernousenko GI, Pankova EI, Kalinina NV, Ubugunova VI, Rukhovich DI, Ubugunov VL, Tsyrempilov EG. Saline soils of the Barguzin depression [*Zasolennyye pochvy Barguzinskoj kotloviny*]. *Eurasian Soil Science*. 2017;6:652-671.
274. Chernousenko GI, Pankova EI, Kalinina NV, Rukhovich DI, Ubugunova VI, Ubugunov VI, Tsyrempilov EG. Salt-affected Soils of the Barguzin Depression. *Eurasian Soil Science*. 2017;50 (6):646-663.
275. Golovanov DL, Yamnova IA, Pankova EI, Gafurova LA. Spatial Temporary Mapping of Soil Salinity and Gypsum Content. Southern

- Центральной Азии // Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. Евразийский центр по продовольственной безопасности. Рим. С. 21-24.
272. Сотрудники почвенного института имени В.В. Докучаева и их вклад в развитие науки о почвах (к 90-летию создания Почвенного института им. В.В. Докучаева). 2017 / ред. Е.И. Панкова. М. 400 с.
273. Черноусенко Г.И., Панкова Е.И., Калинина Н.В., Убугунова В.И., Рухович Д.И., Убугунов В.Л., Цыремпилов Э.Г. 2017. Засоленные почвы Баргузинской котловины // Почвоведение. № 6. С. 652-671.
274. Chernousenko G.I., Pancova E.I., Kalinina N.V., Rukhovich D.I., Ubugunova V.I., Ubugunov V.I., Tsyrempilov E.G. 2017. Salt-affected Soils of the Barguzin Depression // Eurasian Soil Science. Vol. 50. No. 6. Pp. 646-663.
275. Golovanov D.L., Yamnova I.A., Pancova E.I., Gafurova L.A. 2017. Spatial Temporary Mapping of Soil Salinity and Gypsum Content. Southern Uzbekistan as Example // Global Soil Map. Pp. 59-60.
276. Gorokhova I.N., Pancova E.I. 2017. The Nature of the Patchiness of Irrigated Soils in the Dry Steppe Zone (On Example of the Svetloyarskaya Irrigation System) // Arid Ecosystems. Vol. 7. No. 3. Pp. 161-170.
- Uzbekistan as Example. Global Soil Map. 2017:59-60.
276. Gorokhova IN, Pancova EI. The Nature of the Patchiness of Irrigated Soils in the Dry Steppe Zone (On Example of the Svetloyarskaya Irrigation System). *Arid Ecosystems*. 2017;7 (3):161-170.

Publications of 2018

277. Gorokhova IN, Khitrov NB, Pankova EI, Prokopyeva KO. Salinity of soils of the Svetloyarsky irrigated massif in the Volgograd region in the 2010s [Zasolennost' pochv Svetloyarskogo oroshayemogo massiva v Volgogradskoy oblasti v 2010-kh godakh]. *Bulletin of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva]*. 2018;93:75-93.
278. Gunin PD, Pankova EI, Golovanov DL, Mandakhbayar J. Ecosystems of natural oases in the desert zone of Central Asia, Pt. I [Ekosistemy prirodnykh oazisov pustynnoy zony Tsentral'noy Azii]. Ehiin-gol – natural oasis of the Trans-Altai Gobi [Ekhiyn-gol – prirodnikovyy oazis Zaaltayskoy Gobi] *Biological resources and natural conditions of Mongolia: Proc. of the Joint Russian-Mongolian complex biological expedition [Biologicheskkiye resursy i prirodnyye usloviya Mongolii: Trudy Sovmestnoy Rossiysko-Mongol'skoy kompleksnoy biologicheskoy ekspeditsii]* / eds. P.D. Gunin, E.I. Pankova. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK. 2018;65:216.
279. Kalinina NV, Koroleva PV, Simakova MS, Rukhovich DI, Pankova EI, Chernousenko GI. Approach to the division of chestnut soils according to bioclimatic potential based on the climate-soil-granulometric coefficient [Podkhod k razdeleniyu kashtanovykh pochv po bioklimaticheskomu potentsialu na osnove klimato-pochvenno-granulometricheskogo koeffitsiyenta]. *New methods and results of landscape studies in Europe, Central Asia and Siberia (in 5 volumes) [Novyye metody i rezul'taty issledovaniy landshaftov v Yevrope, Tsentral'noy Azii i Sibiri]*. Vol. 2: Study and monitoring of processes in soils and water objects [Izucheniye i monitoring protsessov v pochvakh i vodnykh ob'yektakh] / ed. V.G. Sychev, L. Muller.

Публикации 2018 год

277. Горохова И.Н., Хитров Н.Б., Панкова Е.И., Прокопьева К.О. 2018. Засоленность почв Светлоярского орошаемого массива в Волгоградской области

- в 2010-х годах // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. Вып. 93. С. 75-93.
278. Гунин П.Д., Панкова Е.И., Голованов Д.Л., Мандахбаяр Ж. 2018. Экосистемы природных оазисов пустынной зоны Центральной Азии. Часть I. Эхийн-гол – природниковый оазис Заалтайской Гоби Биологические ресурсы и природные условия Монголии: Труды Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции. Т. 65. / отв. ред. П.Д. Гунин, Е.И. Панкова. М.: Товарищество научных изданий КМК. 216 с.
279. Калинина Н.В., Королева П.В., Симакова М.С., Рухович Д.И., Панкова Е.И., Черноусенко Г.И. 2018. Подход к разделению каштановых почв по биоклиматическому потенциалу на основе климато-почвенно-гранулометрического коэффициента // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири (в 5 томах). Т. 2. Изучение и мониторинг процессов в почвах и водных объектах / ред. В.Г. Сычев, Л. Мюллер. М.: Издательство ФГБНУ «ВНИИ агрохимии». С. 38-42.
280. Панкова Е.И., Герасимова М.И., Королук Т.В. 2018. Засоленные почвы в отечественных, американской и международной почвенных классификациях // Почвоведение. № 11. С. 1309-1321.
281. Панкова Е.И., Конюшкова М.В., Мухортвов В.И. 2018. Тренд развития аридных экосистем (Астраханская область) под влиянием разного антропогенного воздействия // Moscow: Publishing house of FGBNU “VNI agrokhimii”, 2018:38-42.
280. Pankova EI, Gerasimova MI, Korolyuk TV. Saline soils in domestic, American and international soil classifications [Zasolennyye pochvy v otechestvennykh, amerikanskoy i mezhdunarodnoy pochvennykh klassifikatsiyakh]. *Eurasian Soil Science*. 2018;1:1309-1321.
281. Pankova EI, Konyushkova MV, Mukhortov VI. Development trend of arid ecosystems (Astrakhan region) under the influence of various anthropogenic impacts [Trend razvitiya aridnykh ekosistem (Astrakhanskaya oblast') pod vliyaniyem raznogo antropogennogo vozdeystviya]. *Ecosystems: Ecology and Dynamics*. 2018;2 (2):40-64.
282. Pankova EI, Chernousenko GI. Comparison of chestnut soils of Central Asia with their analogues in other soil-geographical provinces of the dry steppe zone of the subboreal belt of Eurasia [Sopostavleniye kashtanovykh pochv Tsentral'noy Azii s ikh analogami v drugikh pochvenno-geograficheskikh provintsiyakh sukhostepnoy zony subboreal'nogo poyasa Yevrazii]. *Arid Ecosystems*. 2018;24 (2):13-22.
283. Pankova EI, Chernousenko GI. Comparison of Chestnut Soils of Central Asia with Their Analogs in Other Soil-Geographical Provinces of the Dry-Steppe Zone of the Eurasian Subboreal Belt. *Arid Ecosystems*. 2018;8 (2):89-96.
284. Pankova EI, Vorobieva LA, Balyuk SA, Khasankhanova GM, Konyushkova MV, Yamnova IA. Salt-affected Soils of the Eurasian Region: Diagnostics, Criteria and Distribution. Handbook for Saline Soil Management. Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. 2018:3-15.

Publications of 2019

285. Golovanov DL, Pankova EI, Mandakhbayar J. Formation of the structure of the soil cover of the natural oases of the Gobi as a result of the processing of the lithogenic matrix by landscape-geochemical processes [Formirovaniye struktury pochvennogo pokrova prirodnykh oazisov Gobi kak rezul'tat pererabotki litogennoy matritsy landshaftno-geokhimicheskimi protsessami]. *Proc. of the international conference dedicated to the 50th anniversary of the Joint Russian-Mongolian*

- Экосистемы: экология и динамика. Т. 2. № 2. С. 40-64.
282. Панкова Е.И., Черноусенко Г.И. 2018. Сопоставление каштановых почв Центральной Азии с их аналогами в других почвенно-географических провинциях сухостепной зоны суббореального пояса Евразии // Аридные экосистемы. Т. 24 № 2 (75). С. 13-22.
283. Pankova E.I., Chernousenko G.I. 2018. Comparison of Chestnut Soils of Central Asia with Their Analogs in Other Soil-Geographical Provinces of the Dry-Steppe Zone of the Eurasian Subboreal Belt // *Arid Ecosystems*. Vol. 8. No. 2. Pp. 89-96.
284. Pankova E.I., Vorobieva L.A., Balyuk S.A., Khasankhanova G.M., Konyushkova M.V., Yamnova I.A. 2018. Salt-affected Soils of the Eurasian Region: Diagnostics, Criteria and Distribution // *Handbook for Saline Soil Management*. Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. Pp. 3-15.
- Публикации 2019 год**
285. Голованов Д.Л., Панкова Е.И., Мандахбаяр Ж. 2019. Формирование структуры почвенного покрова природных оазисов Гоби как результат переработки литогенной матрицы ландшафтно-геохимическими процессами // *Материалы международной конференции, посвященной 50-летию СРМКБЭ РАН и АНМ*. М.: Издательство ИПЭЭ РАН. С. 27-30.
286. Горохова И.Н., Авдеева Т.Н., Панкова Е.И., Прокопьева К.О. 2019. Почвенно-агрохимическая характеристика Светлоярского орошаемого участка в *complex biological expedition of the RAS and ASM [Materialy mezhdunarodnoy konferentsii, posvyashchennoy 50-letiyu SRMKBE RAN I ANM]*. Moscow: Izdatel'stvo IPEE RAN, 2019:27-30.
287. Gorohova IN, Avdeeva TN, Pankova EI, Prokopyeva KO. Soil and agrochemical characteristics of the Svetloyarsky irrigated area in the Volgograd region [Pochvenno-agrokhimicheskaya kharakteristika Svetloyarskogo oroshayemogo uchastka v Volgogradskoy oblasti]. *Arid Ecosystems*. 2019;25 (1):48-59.
288. Gorohova IN, Pankova EI, Kharlanov VA. Changes in the ameliorative state of irrigated soils in the Volgograd region in the 21st century [Izmeneniya meliorativnogo sostoyaniya oroshayemykh pochv Volgogradskoy oblasti v 21 veke]. *Eurasian Soil Science*. 2019;3:1-18.
289. Konyushkova MV, Pankova EI, Ibragimova VA, Golovanov DL. Comparative analysis of databases on virgin chestnut soils of Mongolia and the Caspian Sea (Russia and Kazakhstan) [Srvnitel'nyy analiz baz dannykh po tselinnykh kashtanovym pochvam Mongolii i Prikaspiya (Rossiya i Kazakhstan)]. *Proc. of the international conference dedicated to the 50th anniversary of the Joint Russian-Mongolian complex biological expedition of the RAS and ASM [Materialy mezhdunarodnoy konferentsii, posvyashchennoy 50-letiyu SRMKBE RAN I ANM]*. Moscow: Izdatel'stvo IPEE RAN, 2019:87-91.
290. Pankova EI, Gorohova IN, Konyushkova MV, Lyubimova IN, Bazykina GS. Modern trends in the development of soils of solonchic complexes in the south of the steppe and semi-desert zones under natural conditions and under anthropogenic impacts [Sovremennyye trendy razvitiya pochv solontsovykh kompleksov na yuge stepnoy i v polupustynnoy zonakh v prirodnykh usloviyakh i pri antropogennykh vozdeystviyakh]. *Ecosystems: Ecology and Dynamics*. 2019;3 (2):44-88.
291. Pankova EI, Yamnova IA. Carbonate profile as a genetic indicator of chestnut soils in Mongolia [Karbonatnyy profil' kak geneticheskiy pokazatel' kashtanovykh pochv Mongolii]. *Ecosystems: Ecology and Dynamics*. 2019;3 (4):3-21.
292. Pankova EI, Yamnova IA. The role of the staff of V.V. Dokuchaev Soil Institute in the study of

- Волгоградской области // Аридные экосистемы. Т. 25. № 1. С. 48-59.
287. Горохова И.Н., Панкова Е.И., Харланов В.А. 2019. Изменения мелиоративного состояния орошаемых почв Волгоградской области в XXI веке // Почвоведение. № 3. С. 1-18.
288. Конюшкова М.В., Панкова Е.И., Ибрагимова В.А., Голованов Д.Л. 2019. Сравнительный анализ баз данных по целинным каштановым почвам Монголии и Прикаспия (Россия и Казахстан) // Материалы международной конференции, посвященной 50-летию СРМКБЭ РАН И АНМ. М.: Издательство ИПЭЭ РАН. С. 87-91.
289. Панкова Е.И., Горохова И.Н., Конюшкова М.В., Любимова И.Н., Базыкина Г.С. 2019. Современные тренды развития почв солонцовых комплексов на юге степной и в полупустынной зонах в природных условиях и при антропогенных воздействиях // Экосистемы: экология и динамика. Т. 3. № 2. С. 44-88.
290. Панкова Е.И., Ямнова И.А. 2019. Карбонатный профиль как генетический показатель каштановых почв Монголии // Экосистемы: экология и динамика. Т. 3. № 4. С. 3-21.
291. Панкова Е.И., Ямнова И.А. 2019. Роль сотрудников Почвенного института им. В.В. Докучаева в изучении почв Монголии / Материалы международной конференции, посвященной 50-летию СРМКБЭ РАН И АНМ. М.: Издательство ИПЭЭ РАН. С. 160-165
292. Рухович Д.И., Панкова Е.И., Калинина Н.В., Черноусенко Г.И. 2019. Количественный расчет параметров выделения зон и Mongolian soils [Rol' sotrudnikov Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva v izuchenii pochv Mongolii]. Proc. of the international conference dedicated to the 50th anniversary of the Joint Russian-Mongolian complex biological expedition of the RAS and ASM [Materialy mezhdunarodnoy konferentsii, posvyashchennoy 50-letiyu SRMKBE RAN I ANM]. Moscow: Izdatel'stvo IPEE RAN, 2019:160-165
292. Rukhovich DI, Pankova EI, Kalinina NV, Chernousenko GI. Quantitative calculation of the parameters for identifying zones and facies of chestnut soils in Russia based on soil-granulometric parameters [Kolichestvennyy raschet parametrov vydeleniya zon i fatsiy kashtanovykh pochv Rossii na osnove pochvenno-granulometricheskikh pokazateley]. *Eurasian Soil Science*. 2019;3:304-316.
293. Rukhovich DI, Pankova EI, Kalinina NV, Chernousenko GI, Ivanov AL. Quantitative approach to the zoning of arid territories in Russia, taking into account climatic and soil-granulometric parameters [Kolichestvennyy podkhod k rayonirovaniyu aridnykh territoriy Rossii s uchetom klimaticheskikh i pochvenno-granulometricheskikh parametrov]. *Reports of the Academy of Sciences [Doklady Akademii Nauk]*. 2019;485 (5):621-624.
294. Comparative analysis of databases on virgin chestnut soils of Mongolia and the Caspian region (Russia and Kazakhstan) [Sravnitel'nyy analiz baz dannykh po tselinnykh kashtanovym pochvam Mongolii i Prikaspiya (Rossiya i Kazakhstan)]. Proc. of the international conference dedicated to the 50th anniversary of the Joint Russian-Mongolian complex biological expedition of the RAS and ASM [Materialy mezhdunarodnoy konferentsii, posvyashchennoy 50-letiyu SRMKBE RAN I ANM]. Moscow: Izdatel'stvo IPEE RAN, 2019:87-91.
295. Pankova EI. Ecosystem of Mongolia Atlas [Ecosystem of Mongolia Atlas] / ed. E.I. Pankova. Ulaanbaatar: Admon, 2019:264.
296. Gorokhova IN, Avdeeva TN, Pankova EI, Prokopyeva KO. Soil and Agrochemical Characteristics of the Svetloyar Irrigated Site in Volgograd Oblast. *Arid Ecosystems*. 2019;9 (1):41-50.
297. Gorokhova IN, Pankova EI, Kharlanov VA.

- фаций каштановых почв России на основе почвенно-гранулометрических показателей // Почвоведение. № 3. С. 304-316 [доступно по ссылке <https://doi.org/10.1134/S0032180X1901012X>].
293. Рухович Д.И., Панкова Е.И., Калинина Н.В., Черноусенко Г.И., Иванов А.Л. 2019. Количественный подход к районированию аридных территорий России с учетом климатических и почвенно-гранулометрических параметров // Доклады Академии Наук. Т. 485. № 5. С. 621-624.
294. Сравнительный анализ баз данных по целинным каштановым почвам Монголии и Прикаспия (Россия и Казахстан). 2019 // Материалы международной конференции, посвященной 50-летию СРМКБЭ РАН и АНМ. М.: Издательство ИПЭЭ РАН. С. 87-91.
295. Панкова Е.И. 2019. Ecosystem of Mongolia Atlas / ред. Е.И. Панкова. Улан-Батор: Адмон. 264 с.
296. Gorokhova I.N., Avdeeva T.N., Pankova E.I., Prokopyeva K.O. 2019. Soil and Agrochemical Characteristics of the Svetloyar Irrigated Site in Volgograd Oblast // Arid Ecosystems. Vol. 9. No. 1. Pp. 41-50.
297. Gorokhova I.N., Pankova E.I., Kharlanov V.A. 2019. Changes in the Ameliorative Status of Irrigated Soils of Volgograd Oblast in the 21st Century // Eurasian Soil Science. Vol. 52. No. 5. Pp. 550-565.
298. Rukhovich D.I., Pankova E.I., Kalinina N.V., Chernousenko G.I., Ivanov A.L. 2019. A Quantitative Approach to Zoning Arid Changes in the Ameliorative Status of Irrigated Soils of Volgograd Oblast in the 21st Century. *Eurasian Soil Science*. 2019;52 (5):550-565.
298. Rukhovich D.I., Pankova E.I., Kalinina N.V., Chernousenko G.I., Ivanov A.L. A Quantitative Approach to Zoning Arid Territories in Russia with Respect to Climatic and Soil-Granulometric Parameters. *Doklady Earth Sciences*, Pt.2. 2019;485:428-431.
299. Rukhovich D.I., Pankova E.I., Kalinina N.V., Chernousenko G.I. Quantitification of the Parameters of Zones and Facies of Chestnut Soils in Russia Basing on the Climatic-Soil-Textural Index. *Eurasian Soil Science*. 2019;52 (3):271-282.
- Publications of 2020**
300. Pankova E.I., Chernousenko G.I. The problem of salinization activation in the soils of the south of Eastern Siberia and Mongolia due to climate aridization [Problema aktivizatsii zasoleniya v pochvakh yuga Vostochnoy Sibiri i Mongolii v svyazi s aridizatsiyey klimata]. *Bulletin of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchayeva]*. 2020;101:92-116.
301. Gorohova I.N., Pankova E.I., Chursin I.N. Development of methodological approaches for assessing the state of irrigated lands in the south of the European part of Russia based on satellite imagery [Razrabotka metodicheskikh podkhodov dlya otsenki sostoyaniya oroshayemykh zemel' yuga yevropeyskoy chasti rossii na osnove materialov kosmicheskoy s'yemki]. *Arid Ecosystems*. 2020;26 (1):84-93.
302. Gorokhova I.N., Pankova E.I., Chursin I.N. Development of methodological approaches for the assessment of the status of irrigated lands in the south of the european part of russia based on space-surveying materials. *Arid Ecosystems*. 2020;10 (1):70-78.
303. Pankova E.I., Gorohova I.N. Analysis of data on the area of saline soils in Russia at the end of the 20th and beginning of the 21st centuries [Analiz svedeniy o ploshchadi zasolennykh pochv Rossii na konets XX i nachalo XXI vekov]. *Bulletin of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchayeva]*. 2020;103:5-33.

Territories in Russia with Respect to Climatic and Soil-Granulometric Parameters // *Doklady Earth Sciences*. Vol. 485. Part 2. Pp. 428-431.

299. *Rukhovich D.I., Pankova E.I., Kalinina N.V., Chernousenko G.I.* 2019. Quantitification of the Parameters of Zones and Facies of Chestnut Soils in Russia Basing on the Climatic-Soil-Textural Index // *Eurasian Soil Science*. Vol. 52. No. 3. Pp. 271-282.

Публикации 2020 год

300. *Панкова Е.И., Черноусенко Г.И.* 2020. Проблема активизации засоления в почвах юга Восточной Сибири и Монголии в связи с аридизацией климата // *Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева*. Вып. 101. С. 92-116.

301. *Горохова И.Н., Панкова Е.И., Чурсин И.Н.* 2020. Разработка методических подходов для оценки состояния орошаемых земель юга европейской части России на основе материалов космической съемки // *Аридные экосистемы*. Т. 26. № 1 (82). С. 84-93.

302. *Gorokhova I.N., Pankova E.I., Chursin I.N.* 2020. Development of Methodological Approaches for the Assessment of the Status of Irrigated Lands in the South of the European Part of Russia Based on Space-surveying Materials // *Arid Ecosystems*. Vol. 10. No. 1. Pp. 70-78.

303. *Панкова Е.И., Горохова И.Н.* 2020. Анализ сведений о площади засоленных почв России на конец XX и начало XXI веков // *Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева*. № 103. С. 5-33.

Publications of 2021

304. *Pankova EI, Golovanov DL, Soloviev DA, Yamnova IA.* History of the formation and features of the soil-lithological-geomorphological structure of the Jizzakh steppe as the basis of its natural zoning [Istoriya formirovaniya i osobennosti pochvenno-litologo-geomorfologicheskogo stroyeniya Dzhizakskoy stepi kak osnova yeye prirodnogo rayonirovaniya]. *Bulletin of V.V. Dokuchaev Soil Institute [Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchayeva]*. 2021;107:33-60.

305. *Pankova EI, Yamnova IA.* Manifestation of salinity and alkalinity in zonal soils of the dry steppe zone of Mongolia [Proyavleniye zasoleniya i solontsevatosti v zonal'nykh pochvakh sukhostepnoy zony Mongolii]. *Arid Ecosystems*. 2021;27 (1):43-53.

306. *Pankova EI, Yamnova IA.* Manifestations of salinity and solonetzicity in zonal soils of mongolian dry steppes. *Arid Ecosystems*. 2021;11 (1):34-43.

307. *Konyushkova M, Krenke A, Khasan-Khaova G, Mamutov N, Statov V, Kontoboytseva A, Pankova E.* An approach to monitoring of salt-affected croplands using remote sensing data. the case study in the nukus district (Uzbekistan). *Future of Sustainable Agriculture in Saline Environments* / eds. K. Negacz, P. Vellinga, E. Barrett-Lennard, R. Choukr-Allah, T. Elzenga, B. Raton. 2021:171-180.

308. *Bazha SN, Pankova EI, Golovanov DL, Andreev AV, Mandakhbayar Zh.* The structure of the soil cover of the natural oases of the Gobi as a result of the processing of the lithogenic matrix by landscape-geochemical processes [Struktura pochvennogo pokrova prirodnykh oazisov gobi kak rezul'tat pererabotki litogennoy matritsy landshaftno-geokhimicheskimi protsessami]. *Soils are a strategic resource of Russia [Pochvy – strategicheskiiy resurs Rossii]*. *Abstracts of the VIII Congress of V.V. Dokuchaev Society of Soil Scientists and the School of Young Scientists on Soil Morphology and Classification [Tezisy dokladov VIII s'yezda Obshchestva pochvedoved im. V.V. Dokuchayeva i Shkoly molodykh uchenykh po morfologii i klassifikatsii pochv]*. Syktyvkar, 2021:732-733.

Публикации 2021 год

304. Панкова Е.И., Голованов Д.Л., Соловьев Д.А., Ямнова И.А. 2021. История формирования и особенности почвенно-литолого-геоморфологического строения Джизакской степи как основа ее природного районирования // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. № 107. С. 33-60.
305. Панкова Е.И., Ямнова И.А. 2021. Проявление засоления и солонцеватости в зональных почвах сухостепной зоны Монголии // Аридные экосистемы. Т. 27. № 1 (86). С. 43-53.
306. Pankova E.I., Yamnova I.A. 2021. Manifestations of Salinity and Solonchicity in Zonal Soils of Mongolian Dry Steppes // Arid Ecosystems. Vol. 11. No. 1. Pp. 34-43.
307. Konyushkova M., Krenke A., Khasan-Khava G., Mamutov N., Statov V., Kontoboytseva A., Pankova E. 2021. An Approach to Monitoring of Salt-affected Croplands Using Remote Sensing Data. The Case Study in the Nukus District (Uzbekistan) // Future of Sustainable Agriculture in Saline Environments / eds. K.Negacz, P. Vellinga, E. Barrett-Lennard, R. Choukr-Allah, T. Elzenga, B.Raton. Pp. 171-180.
308. Бажа С.Н., Панкова Е.И., Голованов Д.Л., Андреев А.В., Мандахбаяр Ж. 2021. Структура Почвенного покрова природных оазисов Гоби как результат переработки литогенной матрицы ландшафтно-геохимическими процессами // В кн.: Почвы – стратегический ресурс России. Тезисы докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Школы
309. Chernousenko GI, Pankova EI. The problem of climate aridization and the manifestation of salinization processes in the soils of Eastern Siberia and Mongolia [*Problema aridizatsii klimata i proyavleniya protsessov zasoleniya v pochvakh Vostochnoy Sibiri i Mongolii*]. Soils are a strategic resource of Russia [*Pochvy – strategicheskiy resurs Rossii*]. Abstracts of the VIII Congress of V.V. Dokuchaev Society of Soil Scientists and the School of Young Scientists on Soil Morphology and Classification [*Tezisy dokladov VIII s'yezda Obshchestva pochvovedov im. V.V. Dokuchayeva i Shkoly molodykh uchenykh po morfologii i klassifikatsii pochv*]. Syktyvkar, 2021, pp. 749-750.
310. Gorohova IN, Pankova EI. The nature of patchiness of irrigated fields and the possibility of recognizing it on satellite images [*Priroda pyatnistosti oroshayemykh poley i vozmozhnost' raspoznavaniya yeye na kosmicheskikh snimkakh*]. Soils are a strategic resource of Russia [*Pochvy – strategicheskiy resurs Rossii*]. Abstracts of the VIII Congress of V.V. Dokuchaev Society of Soil Scientists and the School of Young Scientists on Soil Morphology and Classification [*Tezisy dokladov VIII s'yezda Obshchestva pochvovedov im. V.V. Dokuchayeva i Shkoly molodykh uchenykh po morfologii i klassifikatsii pochv*]. Syktyvkar, 2021, pp. 800-801.
311. Khitrov NB, Gorohova IN, Pankova EI. Remote diagnostics of the content of carbonates in irrigated soils of the dry steppe zone of the Volgograd region [*Distantsionnaya diagnostika soderzhaniya karbonatov v oroshayemykh pochvakh suhostepnoy zony Volgogradskoy oblasti*]. *Eurasian Soil Science*. 2021;6:657-674.
312. Pankova EI, Golovanov DL, Soloviev DA, Yamnova IA. The history of formation and features of the soil-lithological-geomorphological structure of the Jizzakh steppe as the basis of its natural zoning [*Istoriya formirovaniya i osobennosti pochvenno-litologo-geomorfologicheskogo stroyeniya Dzhizakskoy stepi kak osnova yeye prirodnogo rayonirovaniya*]. *Bulletin of V.V. Dokuchaev Soil Institute* [*Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva*]. 2021;107:33-60.
313. Gorokhova IN, Chursin IN, Khitrov NB, Pankova YeI. Agricultural lands identification on the

- молодых ученых по морфологии и классификации почв. Сыктывкар. С. 732-733.
309. Черноусенко Г.И., Панкова Е.И. 2021. Проблема аридизации климата и проявления процессов засоления в почвах Восточной Сибири и Монголии // В кн.: Почвы – стратегический ресурс России. Тезисы докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Школы молодых ученых по морфологии и классификации почв. Сыктывкар. С. 749-750.
310. Горохова И.Н., Панкова Е.И. 2021. Природа пятнистости орошаемых полей и возможность распознавания ее на космических снимках // В кн.: Почвы – стратегический ресурс России. Тезисы докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Школы молодых ученых по морфологии и классификации почв. Сыктывкар. С. 800-801.
311. Хитров Н.Б., Горохова И.Н., Панкова Е.И. 2021. Дистанционная диагностика содержания карбонатов в орошаемых почвах сухостепной зоны Волгоградской области // Почвоведение. № 6. С. 657-674.
312. Панкова Е.И., Голованов Д.Л., Соловьев Д.А., Ямнова И.А. 2021. История формирования и особенности почвенно-литолого-геоморфологического строения Джизакской степи как основа ее природного районирования // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. № 107. С. 33-60.
313. Gorokhova I.N., Chursin I.N., Khitrov N.B., Pankova Ye.I. 2021. Agricultural Lands Identification on the Satellite Imagery // *Ecosystems: Ecology and* satellite imagery. *Ecosystems: Ecology and Dynamics*. 2021;5 (3):34-59.
314. Gorokhova IN, Chursin IN, Khitrov NB, Pankova YeI. Agricultural lands identification on the satellite imagery [Raspoznavaniye sel'skokhozyaystvennykh ugodiy po kosmicheskim snimkam]. *Ecosystems: Ecology and Dynamics*. 2021;5 (3):5-33.

Publications of 2022

315. Pankova EI, Golovanov DL, Yamnova IA. A series of medium-scale environmental maps of the Dzhizak steppe of the 1970s (prior to the start of reclamation development). *Arid Ecosystems*. 2022;12 (1):43-53.

- Dynamics. Vol. 5. No. 3. Pp. 34-59.
 314. Горохова И.Н., Чурсин И.Н.,
 Хитров Н.Б., Панкова Е.И. 2021.
 Распознавание
 сельскохозяйственных угодий по
 космическим снимкам //
 Экосистемы: экология и
 динамика. Т. 5. № 3. С. 5-33.

Публикации 2022 год

315. Pankova E.I., Golovanov D.L.,
 Yamnova I.A. 2022. A Series of
 Medium-scale Environmental Maps
 of the Dzhizak Steppe of the 1970s
 (Prior to the Start of Reclamation
 Development) // Arid Ecosystems.
 Vol. 12. No. 1. Pp. 43-53.

UDC 631.48

MILESTONES OF E.I. PANKOVA'S RESEARCH OF SALT SOILS

*To the 90th anniversary of the outstanding
 soil scientist and geographer
 Evgenia Ivanovna Pankova*

© 2022. I.A. Yamnova

*Federal Research Center "V.V. Dokuchaeva Soil Institute"
 Russia, 119017, Moscow, Pyzhevsky Per. 7. E-mail: irinayamnova@mail.ru*

Received May 20, 2022. Revised May 22, 2022. Accepted May 22, 2022.

This article is dedicated to the career of the soil scientists and geographer, Evgeniya Ivanovna Pankova, who has been studying genesis, geography and evolution of saline soils her entire life. She graduated from the Moscow State University, Faculty of Geography, under the supervision of M.A. Glazovskaya, who inspired her love for arid soils. Six years of work at the Giprovodhoz Institute that included a lot of expeditions to Eastern Siberia, Moldova, Azerbaijan and Mongolia, gave E.I. Pankova a precious experience in the field of ameliorative soil science. After finishing her postgraduate study and completing her PhD thesis, from 1964 to the present day Evgenia Ivanovna has been working in the Department of the Genesis and Reclamation of Saline Soils at V.V. Dokuchaev Soil Institute. E.I. Pankova is the leading scientist of the Soil Institute. For many years she has been developing main areas of soil science, related to geography, genesis, cartography and classification of saline soils in arid regions of Russia and the countries of Central and Central Asia, as well as Mongolia and China. One of the most significant discoveries in her doctoral thesis was the conclusion E.I. Pankova made about the manifestation and inevitability of salt accumulation process in the hydromorphic landscapes of arid territories, especially during irrigation. Her work with N.I. Bazilevich resulted in creation of methodological guidelines for saline soils accounting, as well as maps of chemism types of soil salinity; they are widely used for scientific and practical purposes. E.I. Pankova is one of the founders of a remote method for studying soil salinity. She made a great contribution to the study of anthropogenic impact on geography, genesis and evolution of saline soils. E.I. Pankova is the author and executive editor of the monograph "Saline Soils of Russia", which is the first major and generalized work on the soil salinization in Russia. Scientific activities of E.I.

Pankova are recognized worldwide; she is a member of the International Society of Soil Scientists, the European Society for Soil Conservation. She is the founder of a scientific school that studies and maps saline soils. She has published more than 300 works, including 7 monographs.

Keywords: soil scientists, E.I. Pankova, saline soils, science contribution.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-2-5-71

EDN: BWNKHV

===== **МЕТОДЫ ПОДДЕРЖАНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ** =====
И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 556.383/388:504(571.1)

**КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ
И УЯЗВИМОСТИ ГРУНТОВЫХ И НАПОРНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД
ОТ РАЗЛИЧНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ И ЕЕ АПРОБАЦИЯ
НА ЧАСТИ ТЕРРИТОРИИ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ В ЗОНЕ
РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА ОТ АВАРИИ НА ЧАЭС**

© 2022 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 03.04.2022. После доработки 03.05.2022. Принята к публикации 01.06.2022.

Объектом научных исследований являются грунтовые и напорные подземные воды на части территории Калужской области, наиболее пострадавшей от аварии на Чернобыльской атомной станции (ЧАЭС). Целью исследований была разработка комплексной методики для оценки защищенности и уязвимости грунтовых и напорных подземных вод к загрязнению различными веществами, включая радионуклиды. Методика была впоследствии опробована в Калужской области – в зоне радиоактивного следа от аварии на ЧАЭС.

Ранее проведенные нами исследования по оценке защищенности и уязвимости подземных вод, начавшиеся практически сразу после аварии и следовавшие оригинальной авторской методике, были полностью сконцентрированы на изучении только грунтовых вод, первом от поверхности земли водоносном горизонте. Настоящие исследования направлены на комплексное совместное изучение этой проблемы относительно грунтовых и напорных подземных вод, залегающих ниже грунтового водоносного горизонта.

В зависимости от расположения источника загрязнения подземных вод рассмотрено два подхода для решения поставленной задачи. Первый предполагает размещение источника загрязнения на поверхности почв, как это наблюдалось после аварии на ЧАЭС. Второй вариант предполагает размещение источника загрязнения в грунтовых водах или их площадное загрязнение; в этом случае количество объектов изучения уменьшается, и он становится частным случаем первого подхода.

Результаты научных исследований и предложенная методика могут быть использованы при оценке экологического состояния подземных вод на различных территориях страны в различных масштабах; при проектировании и строительстве водозаборов пресных питьевых подземных вод; при проектировании и организации мониторинга за подземными водами в районах, пострадавших от аварии на ЧАЭС. Результаты исследований являются новыми и значимыми для дальнейших работ.

Ключевые слова: грунтовые воды, подземные напорные воды, загрязняющие вещества, защищенность и уязвимость подземных вод от загрязнения, радионуклиды, сорбция, время миграции.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-2-72-98

EDN: CBRISA

После аварии на Чернобыльской АЭС уже прошло 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 радионуклидов. Наиболее сильно загрязнению подвержены первые от поверхности водоносные горизонты – грунтовые воды, в меньшей степени – напорные, глубоко залегающие подземные воды.

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

На основе выполненных научных исследований разработана методика комплексной оценки защищенности и уязвимости грунтовых и напорных подземных вод к загрязнению различными веществами, которая затем была опробована на части территории Калужской области – в зоне радиоактивного следа от аварии на ЧАЭС.

Оценка защищенности и уязвимости грунтовых вод к загрязнению

Наши предыдущие исследования по оценке защищенности и уязвимости подземных вод от загрязнения радионуклидами, начавшиеся практически сразу после аварии на ЧАЭС, были полностью сконцентрированы на изучении грунтовых вод, первом от поверхности земли водоносном горизонте. В результате была разработана оригинальная авторская методика оценки защищенности и уязвимости грунтовых вод к загрязнению радионуклидами (Белоусова, 2001, 2003, 2005, 2012, 2019; Белоусова и др. 2006, 2019).

Настоящие исследования направлены на комплексное совместное изучение этой проблемы относительно грунтовых и напорных подземных вод, залегающих ниже грунтового водоносного горизонта.

В рамках исследований (Белоусова, Руденко, 2021) методом математического моделирования с использованием математической модели МТЗД изучены процессы миграции различных – от слабо до сильно сорбируемых – загрязняющих веществ (ЗВ), в т.ч. радионуклидов, в грунтовых и напорных подземных водах.

В модели рассматривался выдержанный по своему литологическому строению водоупор между грунтовыми и напорными водами, что не всегда соответствует действительности. В природных водоупорах могут содержаться линзы, прослой более проницаемых отложений, а также техногенные нарушения – скважины и другие глубокозалегающие сооружения. Все это в значительной степени может нарушить структуру водоупора и привести к ускорению процессов загрязнения подземных вод. Рассмотренная ситуация свидетельствует о том, что водоупоры не являются полной гарантией защиты напорных вод от загрязнения, а имеют сложный характер проницаемости, что и обеспечивает возможность формирования в напорных водах линз загрязненных вод, хотя, как в данном случае, с незначительной концентрацией ЗВ.

Все это подтверждает необходимость оценки защищенности подземных напорных вод от загрязнения различными ЗВ другими методами, включая и модельно-картографический, методику которого мы разработали при оценке защищенности грунтовых вод от загрязнения и который будет использован для изучения напорных подземных вод в комплексе с грунтовыми.

В связи с этим была разработана структура комплексной методики оценки защищенности и уязвимости грунтовых и напорных подземных вод от ЗВ, опробованной затем на части территории Калужской области в зоне радиоактивного следа от аварии на ЧАЭС.

В зависимости от расположения источника загрязнения подземных вод рассмотрены два подхода для решения поставленной задачи.

Первый вариант предполагает размещение источника загрязнения на поверхности почв, как это наблюдалось после аварии на ЧАЭС. В этом случае этапы изучения включают следующие объекты исследований: 1) защитная зона, 2) грунтовые воды, 3) отдельный, защитный слой – водоупор, 4) напорные воды.

Второй вариант предполагает размещение источника загрязнения в грунтовых водах или их площадное загрязнение. В этом случае последовательность изучения уменьшается и

включает следующие объекты: 1) грунтовые воды, 2) отдельный защитный слой – водоупор, 3) напорные воды. Этот вариант представляет собой частный случай первого варианта.

Рассмотрим первый вариант оценки защищенности и уязвимости подземных вод, включая грунтовые и напорные воды, к загрязнению по объектам.

Защитная зона, обеспечивающая сохранность грунтовых вод от загрязнения. 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. *Природный защитный потенциал* – способность геологической среды (почв и пород зоны аэрации) удерживать загрязнение в защитной зоне, зависящий от литологических, фильтрационных и сорбционных свойств почв и пород (Белоусова, 2001, 2003, 2005, 2012, 2019; Белоусова и др., 2006, 2019; Белоусова, Руденко, 2020; Руденко, Белоусова, 2021а).

Вещество считается загрязняющим, если его концентрации превышают фоновые значения. Следовательно, при оценке защищенности мы будем учитывать особенности строения защитной зоны, отделяющей грунтовые воды от поверхностного загрязнения, и процессы, происходящие в ней под влиянием загрязнения.

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

В случае попадания радионуклидов на поверхность земли в качестве защитной зоны (буфера) более высокого порядка выступают почвы, способные связать большое количество радионуклидов. Зона, защищающая подземные воды от радиоактивного загрязнения, имеет двухуровневое строение: первый – почвы, второй – породы зоны аэрации.

При построении *карты защитной зоны* (Белоусова, 2001, 2003, 2005, 2012, 2019; Белоусова и др., 2006, 2019; Белоусова, Руденко, 2020; Руденко, Белоусова, 2021а) первый уровень защитной зоны отражается на почвенной карте (Государственная почвенная карта СССР, 1953), на которой показан тип почв и их механический состав. Строение второго уровня защитной зоны характеризуется картой глубин залегания грунтовых вод (Гидрогеологическая карта СССР, 1972-1976) и картой литологического строения зоны аэрации. Для характеристики второго уровня использовались изданные карты четвертичных отложений (Геологическая карта СССР, 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.

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.). 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: чрезвычайно слабый, слабый, средний и высокий. По характеру сложения зоны аэрации в ее разрезе выделяется три типа литологического строения: одно-, двух- и трехслойное (табл. 1).

Карта защитной зоны (рис. 1) получается путем наложения почвенной карты, отображающей строение первого уровня защитной зоны, и карты – строения второго уровня защитной зоны (глубин залегания грунтовых вод и литологического строения зоны аэрации).

Таблица 1. Экспликация к карте защитной зоны. **Table 1.** Explication to the map of the protective zone.

Тип и литологическое строение почв (вес)					Глубина залегания грунтовых вод, м (вес)
Аллювиальные, переслаивание песков, супесей, суглинков (1)	Подзолистые			Лесные суглинистые (5)	
	Песчаные (2)	Супесчаные (3)	Суглинки (4)		
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	3-5 (3)
	7-2-7	32-2/4-12	58-2-9	75-3-11	
	8-2-7	37-2/4-12	59-2-9	76-3-11	5-10 (4)
	9-2-8	33-2-9	62-2/3-13		
	10-2-8				1-3 (2)
	11-2/3-9	48-4-9	63-2/4-12	77-4-11	
	12-2/4-10	49-4-9	64-2/4/1-12	77a-4-10	3-5 (3)
	13-2/4-11	38-2/4-12	31-2/3-12	78-4-11	
	14-2/4-13	45-2/5-13	66-3-10	79-4-12	1-3 (2)
	15-2/5-11	39-2/4/2-13**	67-4/2-12		
	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 1: 21-4-8* – первая цифра означает номер типового участка, вторая – литологическое строение зоны аэрации (однослойные, суглинки), третья –

суммарное значение весов (баллов), состоящее из 3 составляющих: типа и литологического состава почв, глубины залегания грунтовых вод и литологического строения зоны аэрации; 39-2/4/2-13** – второе цифровое значение представляет трехслойное строение зоны аэрации (пески, суглинки, пески), существуют также 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).

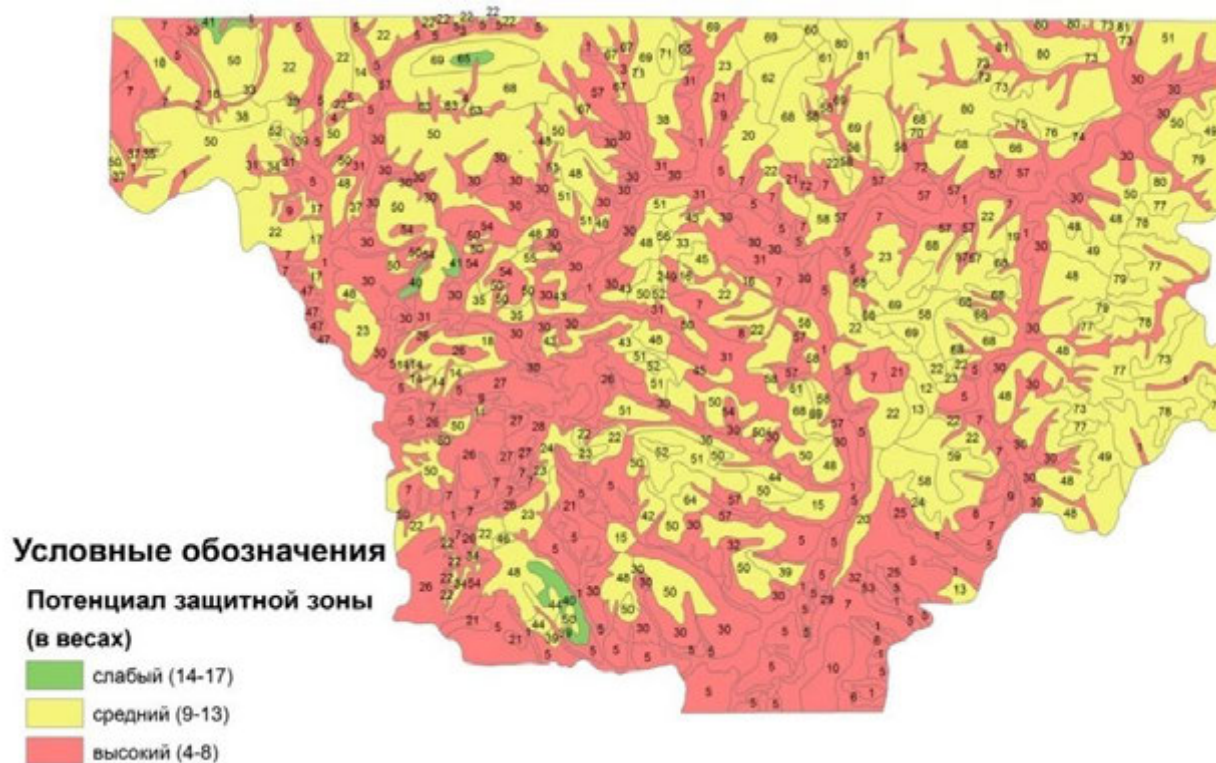


Рис. 1. Картограмма защитной зоны юга Калужской области. *Условные обозначения:* цифры – номера типовых участков. **Fig. 1.** Schematic map of the protective zone in the south of the Kaluga region (numbers on the map are model sites).

На карте выделяются типовые участки, характеризующиеся определенным строением первого и второго уровней защитной зоны и глубиной залегания грунтовых вод. Описание этих типовых участков приведены в легенде к карте (табл. 1). В связи со сложным литологическим строением защитной зоны (до четырехслойного) для того, чтобы установить потенциал защитной зоны, был использован «весовой» 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. 1). Потенциал защитной зоны установлен по следующим весовым интервалам: слабый – 4-8, средний – 9-13, высокий – 14-17 (Белоусова, Руденко, 2020).

На карте защитной зоны (рис. 1) площади со слабым защитным потенциалом приурочены к долинам рек в зоне радиоактивного следа на территории Калужской области.

Водосборные пространства характеризуются средним защитным потенциалом, и только локальные участки на юго-западе, западе и северо-западе отличаются сильным потенциалом.

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

Грунтовые воды как приемник загрязнения

Основными радионуклидами в выпадениях в зоне радиоактивного следа на территории Калужской области являются ^{137}Cs и ^{90}Sr .

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 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 (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 с помощью уравнения (Белюсова, Руденко, 2020):

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

где θn , – полная влагоёмкость (в долях единицы); δ , кг/дм³ – объемная масса скелета грунта, K_p , л/кг – коэффициент распределения; v , м/сут – скорость просачивания инфильтрационного потока (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).

Самые токсичные из долгоживущих радионуклидов – ^{90}Sr и ^{137}Cs , поэтому оценка защищенности должна проводиться отдельно по каждому из них.

Шкалу категорий естественной защищенности грунтовых вод от загрязнения целесообразно строить в зависимости от T – периода полураспада радионуклида. В этом случае выделяются следующие категории:

незащищенные грунтовые воды: $t_3 < T$, $t_3 < 30$ лет;

слабо защищенные: $T < t_3 < 2T$, 30 лет $< t < 60$ лет;

средне защищенные: $2T < t_3 < 3T$, 60 лет $< t < 100$ лет;

условно защищенные: $t_3 > 3T$, $t_3 > 100$ лет, 100 лет $< t < 300$ лет;

защищенные: $t_3 > 10T$, $t_3 > 300$ лет.

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

Оценка защищенности вод от загрязнения радионуклидами строилась по методике, изложенной в наших работах (Белюсова, 2001, 2003, 2005, 2012, 2019; Белюсова и др., 2006; Белюсова, Руденко, 2020), отдельно для радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs . Для каждого из 81

типового участка, выделенного на карте защитной зоны (рис. 1) по формуле (1) с учетом строения каждого участка (табл. 1) и особенностей строения защитной зоны и параметров сорбции, рассчитывалось время миграции радионуклидов через защитную зону в грунтовые воды (табл. 2).

Таблица 2. Время проникновения радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs в грунтовые воды.

Table 2. 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)	$\sum t_3$ ^{90}Sr (год)	t_3 ^{137}Cs (год)	$\sum t_3$ ^{137}Cs (год)
1	2	3	4	5	6
1	0.01	3.7	3.71	21.3	21.31
2	0.05	8.5	8.55	40.1	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	0.4	8.21	8.61	76.5	76.9
6	0.4	8.21	8.61	76.5	76.9
7	0.07	15.5	15.58	149	149.08
8	0.07	15.5	15.58	149	149.08
9	0.14	28.16	28.3	275.99	276.13
10	0.14	28.16	28.3	275.99	276.13
11	0.07	8.74	8.81	119.81	119.88
12	0.23	28.2	28.43	144.45	144.68
13	0.48	57.6	58.08	292.5	292.98
14	0.27	34.7	34.97	195.5	195.77
15	0.34	49.1	49.44	176.3	176.64
16	0.72	101.8	102.52	359.8	360.52
17	0.23	101.0	102.52	144.45	144.68
18	0.48	33.1	33.58	292.5	292.98
19	0.48	33.1	33.58	292.5	292.98
20	0.27	109.76	110.03	717.62	717.89
21	0.42	48.1	48.52	212.43	212.85
22	0.87	99.7	100.58	436.05	436.93
23	0.3	35.22	35.52	156.53	156.83
24	3.98	420.67	424.65	1826.81	1830.79
25	0.12	155.1	155.22	379.4	379.52
26	0.25	325.6	788.5	325.85	788.75
27	0.48	623.9	624.38	1504.51	1504.99
28	1.13	1476.23	1477.39	3550.2	3551.33
29	0.25	325.6	325.85	788.5	788.75
30	0.04	8.21	8.25	76.5	76.55
31	0.08	15.5	15.58	149	149.08
32	0.08	15.54	15.62	155.4	155.48

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5	6
33	0.15	28.23	28.38	282.34	282.49
34	0.24	46.4	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	57.7	58.18	298.9	299.38
38	0.48	57.7	58.18	298.9	299.38
39	0.17	21.6	21.77	128.15	128.32
40	0.36	44.7	45.06	257.2	257.56
41	0.1	29.76	29.86	138.85	138.95
42	0.07	57.2	57.27	183.8	183.87
43	0.3	49.11	49.41	176.32	176.62
44	0.3	49.2	49.5	182.7	183
45	0.63	101.9	102.53	366.2	366.83
46	0.55	58.8	59.35	390.4	390.95
47	0.2	22.4	22.6	106.98	107.18
48	0.4	48.2	48.6	218.8	219.2
49	0.4	48.2	48.6	218.8	219.2
50	0.88	99.8	100.68	442.4	443.28
51	1.7	190.11	191.81	833.74	835.44
52	2.8	319.1	321.9	1392.8	1395.6
53	0.13	155.2	155.33	385.75	385.88
54	0.26	325.65	325.91	794.9	795.16
55	0.6	90.1	90.7	282.52	283.12
56	1.2	188.2	189.4	210585	210586.2
57	0.08	8.6	8.68	86	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	129.3	129.42
61	0.19	16.98	17.17	250.03	250.22
62	0.31	30.3	30.61	455.22	455.53
63	0.27	28.56	28.89	153.98	154.25
64	0.24	70.87	71.11	232.2	232.54
65	1.62	573.33	574.95	1783.96	1785.58
66	0.26	18.11	18.37	341.5	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	61.4	61.98	277.9	277.48
70	1.72	190.4	192.12	836.91	838.63
71	2.9	319.44	322.34	1395.95	1398.24
72	0.165	155.5	155.665	388.92	389.09
73	0.11	10.8	10.91	90.9	91.01

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5	6
74	0.17	11.9	12.07	177.5	177.67
75	0.28	20.3	20.58	346.4	346.68
76	0.39	28.7	29.09	515.2	515.59
77	0.49	50.7	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

Карты защищенности грунтовых вод от загрязнения ^{90}Sr (рис. 2а) и ^{137}Cs (рис. 2в) строятся на основе карты защитной зоны. Их сравнение показывает, что для грунтовых вод наиболее опасен ^{90}Sr , т.к. загрязнение им может охватить в короткий период (<5 лет) большие участки водоносного горизонта.

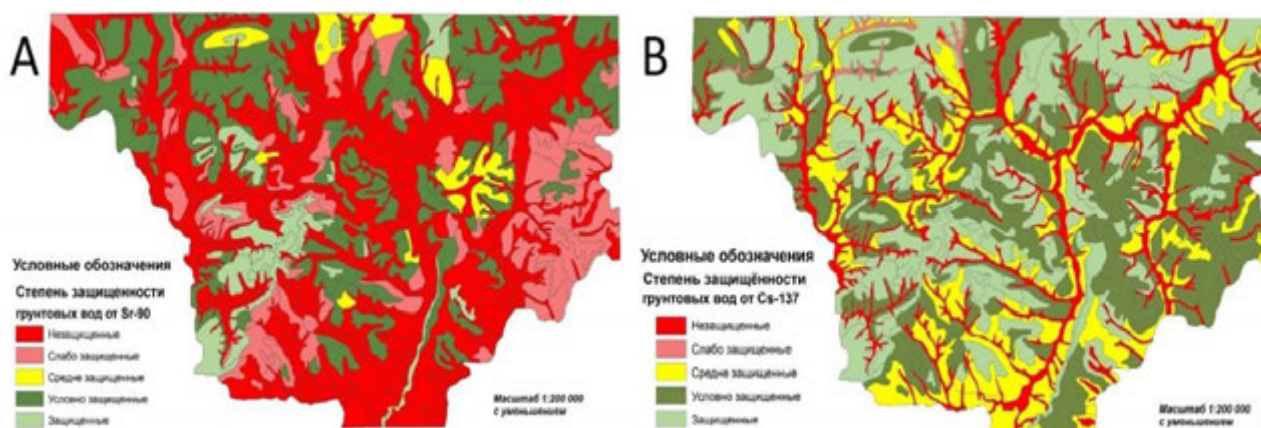


Рис. 2. Картограммы защищенности грунтовых вод от ^{90}Sr (а) и от ^{137}Cs (б) для юга Калужской области. **Fig. 2.** Schematic maps of groundwater protection from ^{90}Sr (a) and ^{137}Cs (b) in the south of the Kaluga region.

Анализ карты защищенности грунтовых вод от загрязнения ^{90}Sr показывает (рис. 2а), что около 50% территории не защищены от загрязнения ^{90}Sr , 20% – слабо защищены, еще 20% (в основном на севере) – условно защищены, и по 5% защищены или защищены средне.

Иная ситуация складывается при загрязнении ^{137}Cs (рис. 2в): 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 водосборам, а 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 веществом.

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

Карта уязвимости грунтовых вод по ^{137}Cs строится на основе карты техногенной нагрузки по ^{137}Cs (рис. 3а; Карта радиоактивного ..., 1995) – распределение загрязнения поверхности земли ^{137}Cs и карты защищенности грунтовых вод ^{137}Cs (рис. 2в). Данных по другим радионуклидам нет.

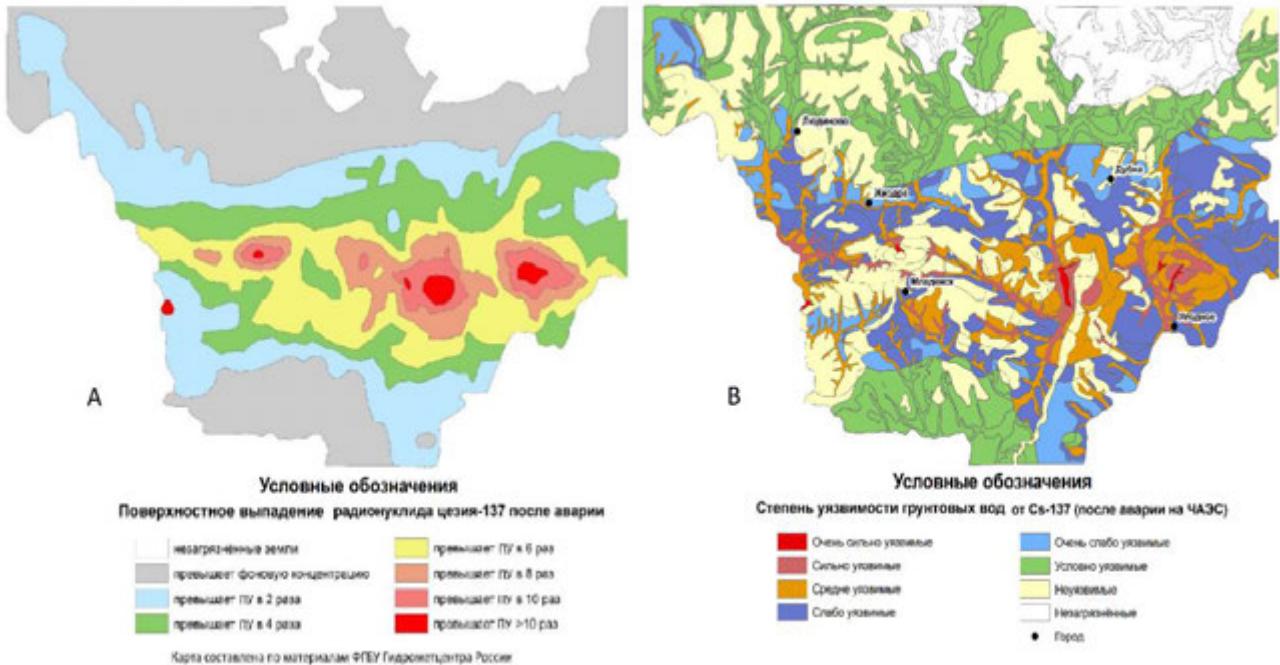


Рис. 3. Картограммы техногенной нагрузки плотности поверхностного выпадения ^{137}Cs (а) и уязвимости грунтовых вод (б) к загрязнению ^{137}Cs после аварии на ЧАЭС. **Fig. 3.** Schematic maps of technogenic load of the density of ^{137}Cs surface fallout (a) and groundwater vulnerability to ^{137}Cs contamination (b) after the Chernobyl Accident.

Выделены следующие категории уязвимости грунтовых вод по ^{137}Cs : 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 областей с первоначально неуязвимыми водами.

На рисунке 3а показана техногенная нагрузка (плотность поверхностного выпадения ^{137}Cs) после аварии на ЧАЭС.

На рисунке 3в и таблицах 3 и 4 показана степень уязвимости грунтовых вод к загрязнению ^{137}Cs в зоне радиоактивного следа сразу после аварии на ЧАЭС: очень сильно уязвимые грунтовые воды 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 водосборам рек, очень слабо уязвимые – по периферии следа, неуязвимые – на высоких террасах рек и частично на водосборах рек.

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

Таблица 3. Степень уязвимости грунтовых вод к загрязнению ^{137}Cs после аварии на ЧАЭС. **Table 3.** Degree of groundwater vulnerability to ^{137}Cs pollution: after the Chernobyl accident (2-10 – weighted values of vulnerability degree).

Защищённость (вес)	Техногенная нагрузка						
	Концентрация Cs^{137} ($\text{Ки}/\text{км}^2$) 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						

Примечания к таблице 3: 2-10* – весовые значения степени уязвимости.

Таблица 4. Степень уязвимости ГВ к загрязнению ^{137}Cs . **Table 4.** 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	

Методика оценки защищенности подземных (напорных) вод от загрязнения

На данном этапе исследований рассматриваются подходы к оценке защищенности и уязвимости подземных *напорных вод* к загрязнению, что также важно для оценки экологической ситуации с питьевыми подземными водами, которые, как правило, сосредоточены в напорных водоносных горизонтах, залегающих ниже горизонтов грунтовых вод.

Оценка защищенности напорных подземных вод от загрязнения имеет свои особенности по сравнению с аналогичной оценкой для грунтовых вод. Основное отличие состоит в определении защитной зоны напорных вод, которая также состоит из двух уровней:

1) первый – собственно грунтовые воды (или другие напорные водоносные горизонты, залегающие выше изучаемого напорного горизонта), которые имеют двойное воздействие на

напорные воды: они могут являться источником загрязнения напорного водоносного горизонта, если они разгружаются (перетекают) в нижезалегающий напорный водоносный горизонт, или они являются областью защиты напорных вод, если в них разгружаются (перетекают) нижезалегающие напорные воды;

– второй – водоупорная толща (водоупор), отделяющий горизонт напорных вод от горизонта грунтовых вод.

Защитная зона – это зона, отделяющая напорные подземные воды от загрязнения, поступающего из вышезалегающего водоносного горизонта, и имеющая двухуровневое строение: вышезалегающий водоносный горизонт и водоупор, разделяющий эти водоносные горизонты.

Защищенность – способность защитной зоны препятствовать проникновению загрязнения в подземные напорные воды из вышезалегающего водоносного горизонта в течение определенного времени.

Природный защитный потенциал – способность геологической среды удерживать загрязнение в защитной зоне, зависящий от литологических, фильтрационных гидродинамических и сорбционных свойств пород.

Среднемасштабная оценка защищенности напорных подземных вод от загрязнения

Оценка защищенности напорных подземных вод, залегающих ниже горизонта грунтовых вод, проводилась на территории Калужской области в зоне радиоактивного следа от аварии на ЧАЭС в масштабе 1:200000.

Характеристика гидрогеологических условий показывает, что безнапорные водоносные горизонты – грунтовые воды и напорные водоносные горизонты пресных подземных вод – разделены выдержанным по площади верхнеюрским водоупором.

Защитная зона напорных вод и её картографирование. Для построения карты защитной зоны необходимо исследовать ее *первый уровень* с точки зрения оценки степени влияния грунтового водоносного комплекса на возможность загрязнения напорного водоносного комплекса через него. Степень этого влияния оценивается величиной водопроводимости (km) или способности профильтровать через себя загрязненные воды и разностью уровней первого и второго водоносного комплексов ($H_1 - H_2$), обеспечивающей интенсивность и направленность перетекания между этими комплексами.

Второй уровень защитной зоны характеризуется параметрами водоупора: коэффициентом фильтрации (k_f) и мощностью (m_0). В связи с тем, что нет подробных сведений о литологическом строении водоупора (раздельного слоя), коэффициент его фильтрации задавался постоянным для всей толщи, а его значения изменялись только для различных расчетных сценариев.

Таким образом, для оценки защитного потенциала использовались три показателя: km , k_f и m_0 (табл. 5).

Оценка проводилась следующим образом: каждому показателю присваивалось весовое значение в порядке увеличения в зависимости от степени ухудшения защитных свойств (увеличение значения km приводит к ухудшению защитных свойств, т.е. загрязненные воды интенсивнее профильтруются внутри грунтового потока и быстрее достигнут водоупора, поэтому весовое значение по мере ухудшения защитных свойств увеличивается; аналогичная ситуация и с разностью уровней ($H_1 - H_2$); весовое значение m_0 , наоборот, увеличивается при уменьшении мощности водоупора), затем производится суммирование весовых значений трех показателей и устанавливается потенциал ЗЗ (защитной зоны): высокий (весовое значение – 0-5), средний (5-10), слабый (10-15), очень слабый (15-18), очень высокий (эта категория вводится дополнительно для области, где грунтовые воды не являются

источником загрязнения напорных вод, где их уровень залегает ниже пьезометрического уровня напорных вод).

Таблица 5. Потенциал защитной зоны. **Table 5.** Potential of the protective zone.

km (м ² /сут) [5] – весовое значение	m_0 – мощность водоупора (м) [3] – весовое значение			$H_1 - H_2$ – разница в уровнях первого и второго водоносных комплексов (м) [5] – весовое значение
	10-30 [1]	0-10 [3]	0.0 [6]	
0-10 [1]	3	5	8	1-10 [1]
10-20 [2]	5	7	10	10-20 [2]
20-50 [3]	7	9	12	20-40 [3]
50-100 [4]	9	11	14	40-60 [4]
100-500 [5]	11	13	16	> 60 [5]
500-1000 [6]	13	15	18	0.0 [6]
<i>Условные обозначения:</i>				
	– высокий потенциал защитной зоны (весовое значение: 0-5)			
	– средний (5-10)			
	– слабый (10-15)			
	– очень слабый (15-18)			
	– очень высокий – область, где грунтовые воды не являются источником загрязнения напорных вод, где их уровень залегает ниже пьезометрического уровня напорных вод			

Результаты оценки потенциала защитной зоны приведены в таблице 5.

На схематической карте защитной зоны (рис. 4) выделяются типовые участки с различным строением защитной зоны по трем показателям и по величине защитного потенциала (табл. 5), описание которых приведено в экспликации к карте (табл. 6).

На схематической карте защитной зоны (рис. 4) видно, что в долинах рек Болвы, Ресеты и Жиздры распространены территории с очень слабым защитным потенциалом, где напорные и грунтовые воды не разделены водоупором. Они представляют собой единый водоносный комплекс; на незначительных территориях пьезометрический уровень напорного водоносного комплекса несильно превышает уровень грунтового водоносного комплекса, что определяет отсутствие перетекания загрязненных грунтовых вод в напорные. На большей части территории отмечается средний защитный потенциал защитной зоны напорного водоносного комплекса, и только на незначительных участках распространен слабый и высокий защитный потенциалы.

Подземные напорные воды и их защищенность от загрязнения. В связи с тем, что на изучаемой территории Калужской области в зоне радиоактивного следа основными загрязняющими веществами являются радионуклиды, оценка интенсивности миграции из грунтовых в напорные воды проводилась по двум радионуклидам – ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs. Однако в нашем примере приведен только ¹³⁷Cs (Белоусова, Руденко, 2021а, 2021б).

Расчет степени интенсивности миграции сильно сорбируемых загрязняющих веществ радионуклидов (табл. 7) проводился по уравнениям (1) и (2) со следующими параметрами, характерными для водоупорных пород, т.е. глин: δ – объемный вес скелета грунта, равный 1.8 кг/дм³, θ (n) – пористость, равная 0.2. На рисунке 5 приведено время миграции загрязняющих веществ с $K_p = 26$ л/кг и $K_p = 1000$ л/кг, что соответствует интервалу значений коэффициента распределения для ¹³⁷Cs. Максимальное время миграции 1080078 лет соответствует $K_p = 1000$ л/кг, $W = 0.01$ м/год и мощности водоупора, равной 30 м (рис. 5б);

минимальное время 3758 лет соответствует $K_p = 26$ л/кг, $W = 0.025$ м/год м мощности водоупора, равной 10 м (рис. 5в).

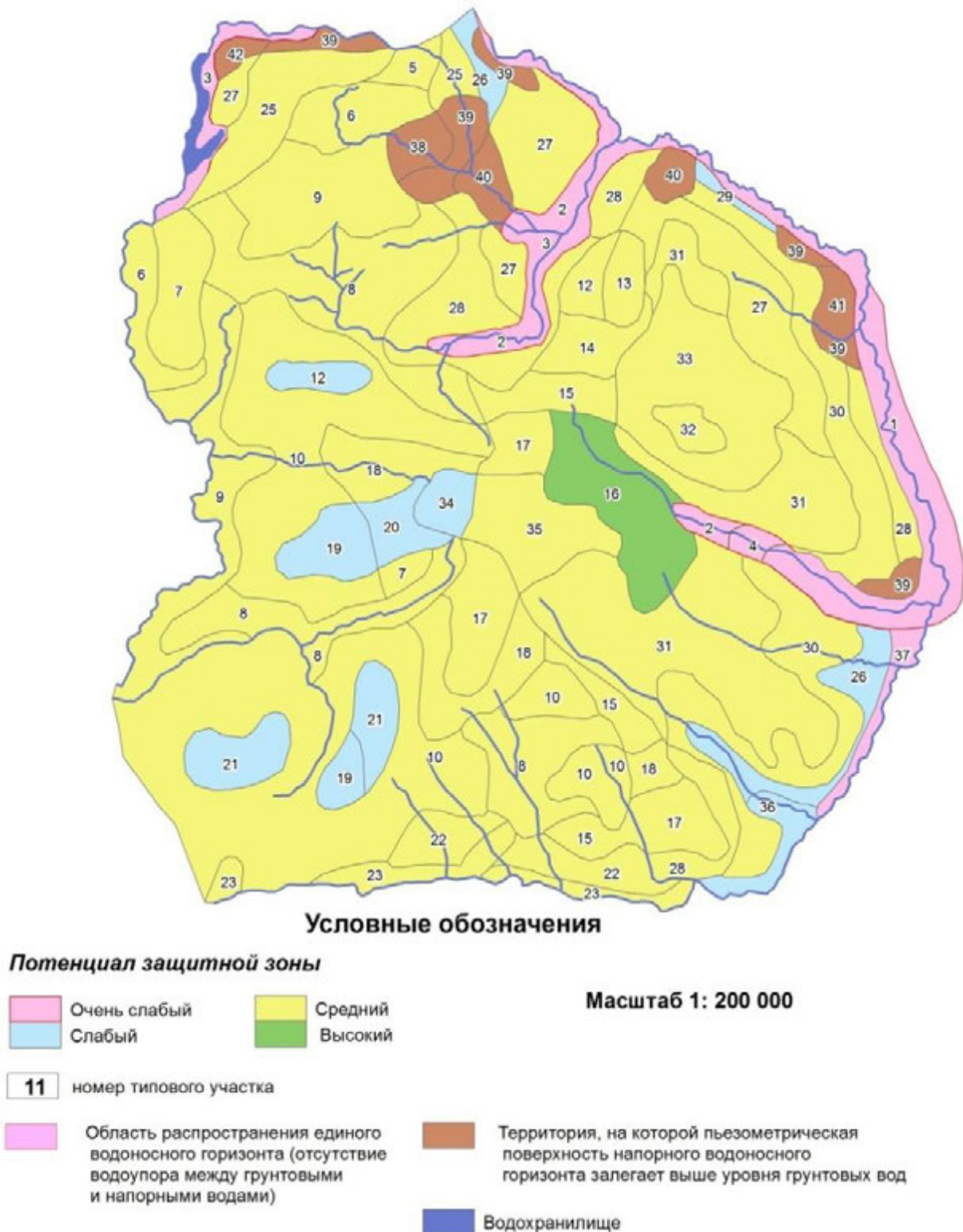


Рис. 4. Картограмма потенциала защитной зоны напорных подземных вод. **Fig. 4.** Schematic map of the pressure groundwater protectability zone.

Таблица 6. Экспликация к схематической карте потенциала защитной зоны напорных подземных вод. **Table 6.** Explication to the schematic map of the protective zone of pressure groundwater.

№ типового участка на карте	Весовые значения показателей (1) – номер показателя в оцифровке типового участка			Σ сумма весовых значений показателей	Защитный потенциал
	m_0	km	$H_1 - H_2$		
1	2	3	4	5	6
1	6	6	6	18	очень слабый
2	6	3	6	15	очень слабый
3	6	5	6	17	очень слабый
4	6	4	6	16	очень слабый
5	1	4	2	7	средний
6	1	5	2	8	средний
7	1	3	4	8	средний
8	1	4	3	8	средний
9	1	5	3	9	средний
10	1	4	4	9	средний
11	1	4	5	10	слабый
12	1	4	2	7	средний
13	1	2	3	6	средний
14	1	3	2	6	средний
15	1	3	3	7	средний
16	1	1	3	5	высокий
17	1	1	4	6	средний
18	1	3	4	8	средний
19	1	5	5	11	слабый
20	1	3	5	9	слабый
21	1	5	4	10	слабый
22	1	2	3	6	средний
23	1	2	4	7	средний
24	1	2	5	8	средний
25	3	4	2	9	средний
26	3	5	2	10	слабый
27	3	3	2	8	средний
28	3	4	2	9	средний
29	3	4	6	13	слабый
30	3	2	2	7	средний
31	3	3	3	9	средний
32	3	4	4	11	средний
33	3	4	3	10	слабый
34	3	3	5	11	слабый
35	3	1	4	8	средний
36	3	6	2	11	слабый
37	3	6	6	15	очень слабый
38	1	5	0 (от -1 до -10)	6	очень высокий

Продолжение таблицы 6.

1	2	3	4	5	6
39	3	5	0 (от -1 до -10)	8	очень высокий
40	3	3	0 (от -1 до -10)	6	очень высокий
41	3	6	0 (от -1 до -10)	9	очень высокий
42	3	4	0 (от -1 до -10)	7	очень высокий

Таблица 7. Время проникновения сильно сорбируемых веществ, включая ^{90}Sr и ^{137}Cs , через раздельный слой (водоупор). **Table 7.** Time of penetration of strongly sorbed substances, including ^{90}Sr and ^{137}Cs , through a separate layer (aquiclude).

W (м/год)	M (м)	^{90}Sr				^{137}Cs			
		K_p (л/кг)	t_3 (год)	t_n (год)	$t_3 + t_n$ (год)	K_p (л/кг) _p	t_3 (год)	t_n (год)	$t_3 + t_n$ (год)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.01	1	6	216	3	219	26	936	3	939
		200	7200	3	7203	1000	36000	3	36003
0.025	1	6	86	1	87	26	374	1	375
		200	2880	1	2881	1000	14400	1	14401
0.01	5	6	1080	13	1093	26	4680	13	4693
		200	36000	13	36013	1000	180000	13	180013
0.025	5	6	432	7	439	26	1872	7	1879
		200	14400	7	14407	1000	72000	7	72007
0.01	10	6	2160	26	2186	26	9360	26	9386
		200	72000	26	72026	1000	360000	26	360026
	30	6	6480	78	6558	26	28080	78	28158
		200	216000	78	216078	1000	1080000	78	1080078
0.025	10	6	864	14	878	26	3744	14	3758
		200	28800	14	28814	1000	144000	14	144014
	30	6	2592	42	2634	26	11232	42	11274
		200	86400	42	86442	1000	432000	42	432042

Если рассматривать экологическую ситуацию относительно миграции радионуклидов, учитывая тот факт, что по прошествии 10 периодов полураспада (около 300 лет) указанные радионуклиды распадутся практически полностью, то можно сказать, что на изучаемой территории оба радионуклида за период их жизни не проникнут в напорные воды. Однако, если мощность водоупора на территории будет меньше и достигнет 1.0 м, то только ^{90}Sr при $K_p = 6$ л/кг и $W = 0.01$ м/год достигнет напорных вод за 219 лет, а при $K_p = 6$ л/кг и $W = 0.025$ м/год – за 87 лет (рис. 5). Но другие загрязняющие вещества, имеющие коэффициенты, близкие к рассмотренным значениям, могут проникнуть в напорные воды в различные и необозримые сроки до нескольких миллионов лет, как это может быть с Ni, K_p которого составляет около 5500 л/кг.

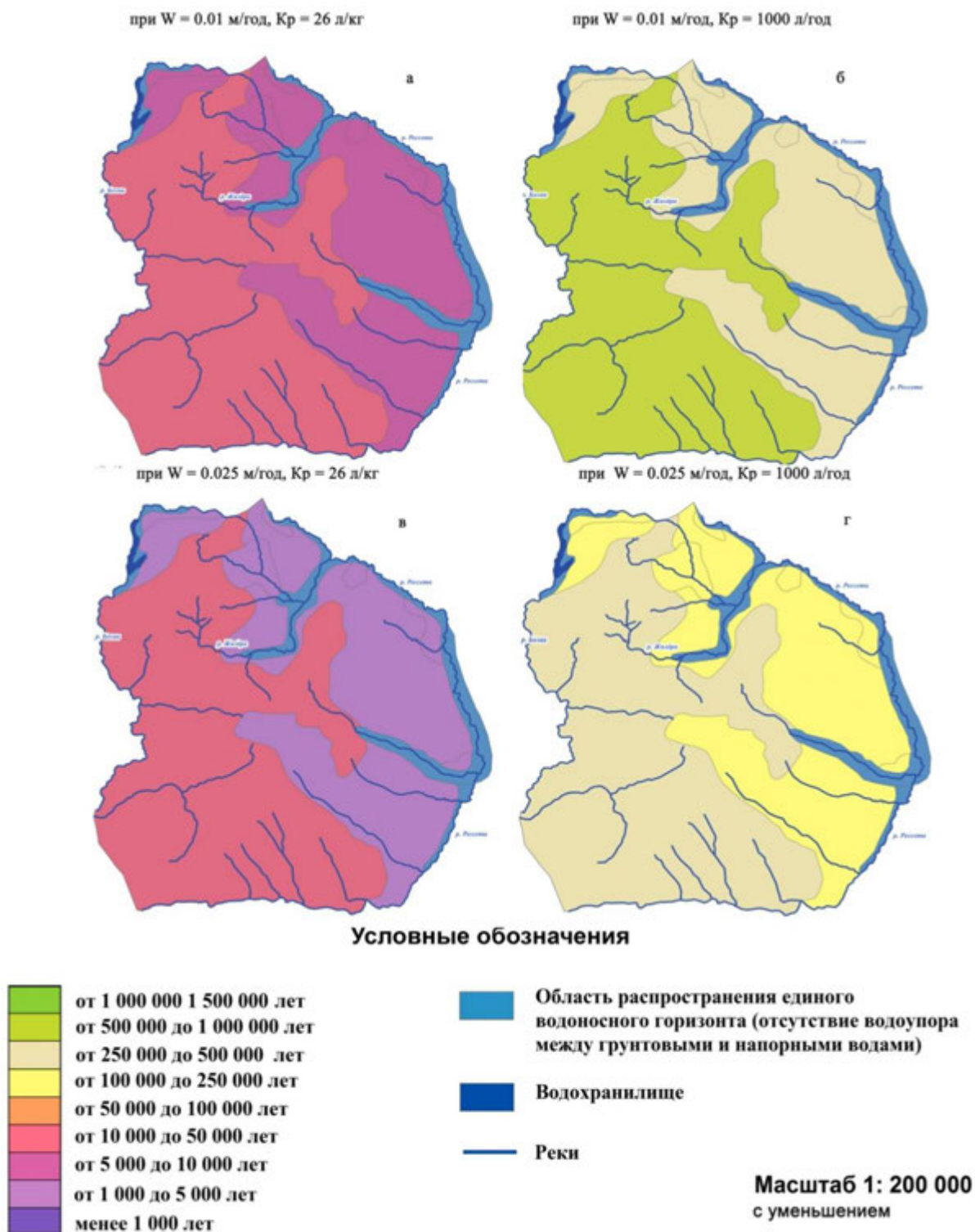


Рис. 5. Картограмма времени проникновения сильно сорбируемых веществ (в т.ч. ^{137}Cs) через раздельный слой (водоупор) при различных значениях W и K_p . Условные обозначения: а) $W = 0.01$ м/год, $K_p = 26$ л/кг; б) $W = 0.01$ м/год, $K_p = 1000$ л/кг; в) $W = 0.025$ м/год, $K_p = 26$ л/кг; г) $W = 0.025$ м/год, $K_p = 1000$ л/кг. **Fig. 5.** Schematic map of the penetration time of strongly sorbed substances, including ^{137}Cs , through a separate layer (aquiclude): а) at $W = 0.01$ m/year, $K_p = 26$ l/kg; б) at $W = 0.01$ m/year, $K_p = 1000$ l/kg; в) at $W = 0.025$ m/year, $K_p = 26$ l/kg; г) at $W = 0.025$ m/year, $K_p = 1000$ l/kg.

Результаты исследований и некоторые рекомендации

Поэтапная схема комплексной методике оценки защищенности уязвимости грунтовых и напорных подземных вод к загрязнению. Рассматривая схему этапов комплексной оценки защищенности и уязвимости грунтовых и напорных подземных вод к загрязнению, следует обратить внимание на его особенности и структуру. Как было отмечено выше, структура оценки зависит в первую очередь от источника загрязнения, от его расположения и конкретного (одного) загрязняющего вещества, относительно которого и оценивается степень защищенности подземных вод. В связи с этим рассматриваются два варианта структуры: I – источник загрязнения располагается на поверхности земли, в почве (рис. 6а); II – источником являются загрязненные подземные (грунтовые) воды (рис. 6б).

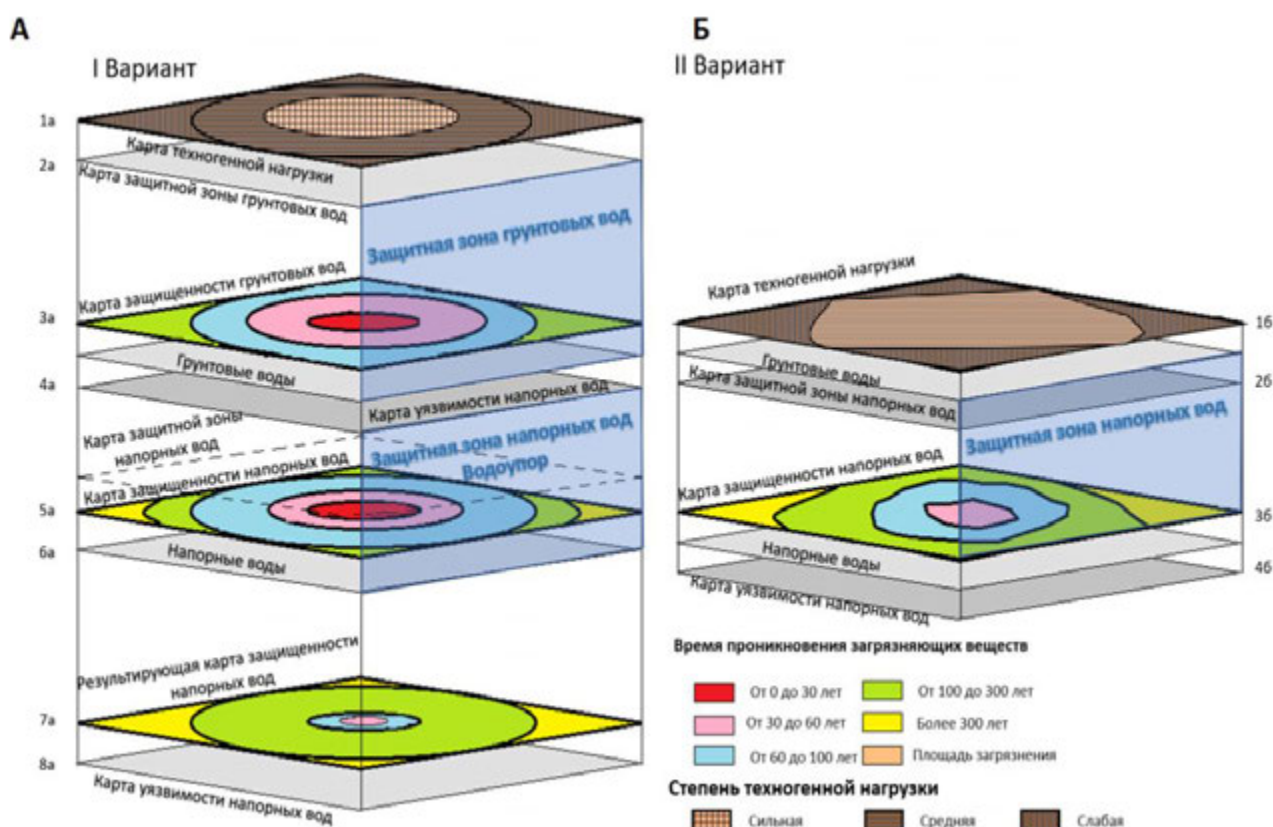


Рис. 6. Схема этапов работы по комплексной методике для оценки защищенности и уязвимости подземных вод к загрязнению: А – I вариант, Б – II вариант. **Fig. 6.** Scheme of the stages of a comprehensive methodology for assessing the protectability and vulnerability of groundwater to pollution: A – Option I, Б – Option II.

Рассмотрим этапы реализации I варианта оценки защищенности (рис. 6а).

1) Необходимо располагать картой, отражающей площадь загрязнения заданным загрязняющим веществом (слой 1а), в нашем случае – только радионуклидом ^{137}Cs . При этом следует отметить, что интерес представляет только площадь его распространения в зоне радиоактивного следа на территории Калужской области, а не «количество – интенсивность» загрязнения.

2) Построение карты защитной зоны грунтовых вод (слой 2а), отражающей геолого-

гидрогеологическое строение почвенного покрова и зоны аэрации. Методика построения приведена выше и продемонстрирована на рисунке 1. Карта является базовой для дальнейших оценок.

3) Построение карты защищенности грунтовых вод от загрязнения данным веществом (слой 3а), методика приведена выше и отражена на рисунке 2.

4) Карта уязвимости грунтовых вод по ^{137}Cs (рис. 3в) строится на основе карты техногенной нагрузки по ^{137}Cs и карты защищенности грунтовых вод от загрязнения ^{137}Cs (рис.2в). Данным по другим радионуклидам нет. Методика построения приведена выше и показана на рисунке 3в. Для этого понадобились две карты: техногенной нагрузки (слой 1а), где показана интенсивность нагрузки – ее количественная характеристика (следует отметить, что такие сведения имеются только по радионуклиду ^{137}Cs и приведены на рисунке 3а), и карта защищенности (слой 2а), приведенная на рисунке 2в.

На этом завершается оценка защищенности и уязвимости грунтовых вод к загрязнению ^{137}Cs . Теперь переходим к оценке защищенности и уязвимости напорных подземных вод к загрязнению этим ингредиентом. Площадь исследований напорных подземных вод была несколько уменьшена, чем площадь следа для грунтового потока, ограниченная реками Болва, Рессета и Жиздра, поскольку в дальнейшем она была использована для решения задач математического моделирования процессов загрязнения на данном объекте.

5) Построение карты защитной зоны напорных подземных вод (слой 5а). Методика построения приведена выше и показана на рисунке 4. Карта защитной зоны состоит из двух уровней: первый характеризует условия взаимодействия между грунтовым и напорным водоносными горизонтами; второй характеризует строение водоупора, разделяющего эти горизонты.

6) Построение карты защищенности напорных подземных вод от загрязнения ^{137}Cs (слой 6а). Методика построения приведена выше и показана на рисунке 5. Она аналогична методике оценки защищенности грунтовых вод от загрязнения, при этом используются те же уравнения, что и для грунтового потока. Особенность построения такой карты связана с тем, что некоторые члены этого уравнения для напорных вод следует изменить. Таким членом является W – инфильтрационное питание грунтовых вод. Его следует заменить величиной перетекания из грунтовых вод в напорные или использовать данные режимных наблюдений за уровнями напорных вод, что бывает достаточно проблематично; в ином случае можно воспользоваться величинами в долях от инфильтрационного питания, что и показано на рисунке 5. Кроме этого, как правило, отсутствуют данные о коэффициентах распределения сорбции (K_p) определенного загрязняющего вещества для конкретного изучаемого объекта, поэтому также использовались различные значения этого параметра по данным литературных источников, которые использовались в исследованиях ранее (Белоусова, Руденко, 2021а, 2021б).

7) Построение результирующей карты защищенности напорных подземных вод (слой 7а) от источника загрязнения, расположенного на поверхности земли, путем суммирования времен миграции загрязняющего вещества до грунтовых вод, а затем – до напорных. В данном случае построение такой карты для ^{137}Cs не имеет смысла в связи с уже названными временами проникновения.

8) Завершающим этапом исследований по данному варианту является построение карты уязвимости напорных подземных вод к загрязнению (слой 8а) путем наложения двух карт: техногенной нагрузки (слой 1а – количественная составляющая нагрузки) и результирующей карты защищенности напорных вод (слой 7а). Такую карту для этого случая также не имеет смысла строить.

Второй вариант (рис. 6б) представляет собой укороченную структуру первого варианта за счет углубления источника загрязнения до кровли горизонта грунтовых вод. Он состоит из

следующих этапов.

1) Построение карты техногенной нагрузки – карты загрязнения грунтовых вод определенным загрязняющим веществом (^{137}Cs), представляющей собой площадь распространения загрязнения и его интенсивность (слой 1б).

2) Построение карты защитной зоны (слой 2б) аналогично этапу 5 первого варианта.

3) Построение карты защищенности напорных подземных вод от данного загрязняющего вещества (слой 3б) аналогично этапу 6 первого варианта.

4) Построение карты уязвимости напорных вод к загрязнению данным веществом (слой 4б) аналогично этапу 4 первого варианта.

Особенности комплексной оценки защищенности и уязвимости грунтовых и напорных подземных вод к загрязнению. Рассмотренная схема этапов комплексной оценки защищенности и уязвимости грунтовых и напорных подземных вод к загрязнению по первому варианту исследований предназначена для любого типа загрязнения, а не только для данного случая. Поэтому для напорного водоносного горизонта проведена оценка защищенности подземных вод от загрязнения нейтральными, слабо и сильно сорбируемыми загрязняющими веществами, с вариациями коэффициентов распределения и величин питания (в соответствии с этапами 5 и 6 из первого варианта методики).

Если оценить данные о временах проникновения загрязняющих веществ (табл. 7, 8), то видно, что при $K_p < 10$ л/кг, характерного для слабо сорбируемых загрязняющих веществ, времена проникновения могут быть менее 300 лет, которые соответствуют 10 периодам полураспада основных радионуклидов в следе ^{90}Sr и ^{137}Cs и являются граничными для оценки степени защищенности от них. В таком случае необходимо провести оценку защищенности и уязвимости по всем этапам первого варианта, а также второго варианта. Если ЗВ будет не радионуклид, а особенно, если это нейтральное ЗВ, то градации интенсивности техногенной нагрузки можно изменить относительно других ограничителей, например, времени эксплуатации водозабора. Но если рассматривать загрязнение сильно сорбируемым веществом с $K_p > 10$ л/кг, то можно пренебречь последними двумя этапами первого варианта, как это показано в нашем примере, а второй вариант пройти полностью и, если загрязняющее вещество – не радионуклид, также поменять градации техногенной нагрузки.

Относительно радионуклидов следует отметить, что времена проникновения рассчитываются с учетом времени их жизни, т.е. 300 лет для ^{90}Sr и ^{137}Cs , а все, что больше, для них уже неправдоподобно. Также не учитывается изменение их поверхностных выпадений с каждым периодом полураспада, потому что расчет ведется на определенное время, в данном случае – на период после аварии на ЧАЭС. Но если оценивается загрязнение других ЗВ с высокими значениями K_p , то учитываются все времена, превышающие 300 лет.

Все выше перечисленные оценки проводились модельно-картографическим методом; расчеты и картирование выполнены аналитическим методом по предложенным нами уравнению и методике (Белоусова, 2001, 2003, 2005, 2012, 2019; Белоусова и др., 2006, 2019; Белоусова, Руденко, 2020; Белоусова, Руденко, 2021). Для оценки адекватности полученных расчетных и картографических результатов было дополнительно проведено математическое моделирование процессов миграции различных загрязняющих веществ от слабо до сильно сорбируемых радиоактивных и нерадиоактивных с использованием модели МТЗД (Белоусова, Руденко, 2021а, 2021б). Моделирование проводилось в рамках второго варианта (рис. 6б) по различным сценариям, а не по реальным условиям, данные о которых отсутствуют. Сравнивая характеристики результатов моделирования процессов миграции загрязняющих веществ по различным сценариям их развития, можно отметить следующее.

Для сильно сорбируемых ЗВ к 300-летнему сроку характерно значительное уменьшение их концентраций в первом слое (грунтовые воды) и, соответственно, накопление ЗВ в

водоупоре, тогда как в третьем слое формируются две линзы.

Для сильно сорбируемых ЗВ с радиоактивным распадом все иначе: к 300-летнему сроку в грунтовых водах и водоупоре остаются следы ЗВ, а в напорных водах отмечаются следы ЗВ с концентрацией $0.027 - 3 \cdot 10^{-20}$ ПДК.

Таблица 8. Время проникновения слабо сорбируемого вещества через отдельный слой (водоупор). **Table 8.** Penetration time of a weakly sorbed substance through a separate layer (aquiclude).

W (м/год)	M (м)	K_p (л/кг)	t_z (год) – второй член (3)	t_n (год) – первый член (3)	$t_z + t_n$ (год)
0.01	1	0.5	18	3	21
0.025	1	0.5	7	1	8
0.01	5	0.5	90	3	93
0.025	5	0.5	36	1	37
0.01	10	0.5	180	26	206
0.025	10	0.5	70	26	96
0.01	30	0.5	540	78	618
0.025	30	0.5	210	78	288
0.01	1	1	36	3	39
0.025	1	1	14	1	15
0.01	5	1	180	13	193
0.025	5	1	70	7	77
0.01	10	1	360	26	386
0.025	10	1	140	26	166
0.01	30	1	1080	78	1158
0.025	30	1	420	78	498
0.01	1	3	108	3	111
0.025	1	3	42	1	43
0.01	5	3	540	13	553
0.025	5	3	210	7	217
0.01	10	3	1080	26	1106
0.025	10	3	420	26	496
0.01	30	3	3200	78	3278
0.025	30	3	1216	78	1294

Слабо сорбируемые ЗВ мигрируют значительно интенсивнее, и к 300 году в грунтовых водах остается лишь незначительное количество – в пределах 0-2.0 ПДК, а в водоупоре накапливается практически идентичное количество, как и в грунтовых водах, тогда как в напорных водах формируется линза загрязненных вод.

Главными факторами формирования процессов миграции ЗВ являются, во-первых, радиоактивный распад ЗВ; во-вторых, сорбционные свойства ЗВ (чем больше K_p , тем медленнее оно проникнет в напорные подземные воды, но фактор времени уменьшает шансы напорных вод остаться незагрязненными); а в-третьих, гидродисперсия потоков подземных вод, которая в свою очередь зависит от геолого-гидрогеологических условий изучаемой территории.

Таким образом, роль водоупора очень велика при миграции ЗВ из грунтовых вод в напорные. Он достаточно надежно защищает напорные воды от поверхностного загрязнения и загрязненных грунтовых вод, но, с другой стороны, является потенциальным источником загрязнения напорных подземных вод.

Полученные данные по модельно-картографическому методу (табл. 7) не противоречат данным моделирования (Белоусова, Руденко, 2021а, 2021б), хотя и разнятся по характеру: по первому методу это время проникновения ЗВ, а по второму – концентрация ЗВ. По данным о миграции сильно сорбируемых ЗВ с распадом, в третьем слое – напорных подземных водах, – концентрации ЗВ превышают все возможные величины и составляют $0.027 - 3 \cdot 10^{-20}$ ПДК (Белоусова, Руденко, 2021а, 2021б), а время миграции ^{137}Cs также чрезвычайно велико – более 300 лет, что свидетельствует о том, что за время жизни радионуклида (300 лет) напорные воды не будут им загрязнены (Белоусова, Руденко, 2021а, 2021б).

Комплексная оценка защищенности и уязвимости грунтовых и напорных подземных вод позволяет делать предварительные прогнозные расчеты изменения экологической ситуации в грунтовых и напорных водах на заданные моменты и промежутки времени в зависимости от решаемых задач, например, для загрязнения радионуклидами до 300 лет с шагом в 30 лет (для других ЗВ эти временные показатели могут меняться). Кроме того, такая оценка может давать предварительные прогнозы по изменению экологической ситуации при изменении климата. За климат в данной методике отвечает только один климатический параметр – среднегодовое количество атмосферных осадков, оказывающее влияние на такой гидрогеологический параметр, как W (инфильтрационное питание), и на связанное с ним перетекание подземных вод из одного водоносного горизонта в другой.

Эту проблему можно решить с использованием разработанного нами унифицированного метода оценки защищенности подземных вод от загрязнения (Белоусова, Руденко, 2018), который позволяет производить большое количество оценок защищенности при различных величинах инфильтрационного питания, значений коэффициентов распределения сорбции или сразу изменяя эти две величины. Таким образом, можно рассматривать множество сценариев изменения климата и давать предварительную прогнозную оценку изменения экологической ситуации в подземных водах при загрязнении их различными загрязняющими веществами. При современных ГИС-технологиях не составит большого труда получить большие количества карт защищенности и уязвимости грунтовых и напорных подземных вод в условиях изменения климата и химического состава загрязнителей.

Некоторые рекомендации по использованию комплексной методики оценки защищенности и уязвимости грунтовых и напорных подземных вод к загрязнению. Разработанная комплексная методика оценки защищенности и уязвимости грунтовых и напорных подземных вод к загрязнению по сути своей является методикой предварительного прогноза изменения экологической ситуации в подземных водах грунтовых и напорных. В связи с этим можно дать некоторые рекомендации по ее использованию.

Во-первых, она может использоваться в практике повседневных стандартных гидрогеологических исследований объектов и территорий, где возможно загрязнение подземных вод, включая радиоактивный след от аварии на ЧАЭС.

Во-вторых, её целесообразно использовать на предпроектных стадиях при проектировании объектов, которые могут нести опасность загрязнения окружающей среды, таких как атомные станции, предприятия химической, тяжелой, нефтяной и других отраслей промышленного и сельского хозяйства.

В-четвертых, ее нужно использовать при проектировании водозаборов пресных подземных вод.

В-пятых, она также необходима для проектирования структуры мониторинга за

подземными водами на всех названных объектах.

При этом научно-практическая отдача от этой методики значительно увеличивается от применения ее в унифицированном варианте. Особенно это важно при современных изменениях климата, прогнозы которых не отличаются высокой достоверностью в настоящее время. Использование методики позволяет заранее оценить и построить значительное количество карт защищенности и уязвимости подземных вод к загрязнению для различных сценариев климата (при изменениях W) и условий загрязнения (при различных K_p) и обоих показателей одновременно. А затем из многочисленных карт (альбома) можно выбрать варианты, наиболее подходящие для текущего года по условиям среднегодовых осадков на изучаемой территории и конкретного загрязняющего вещества. Все это позволит увеличить оперативность проведения экологических защитных мероприятий в случае возникновения чрезвычайных ситуаций на объекте изучения или наблюдения.

Выводы

Разработанная комплексная методика оценки защищенности и уязвимости грунтовых и напорных подземных вод, структура которой состоит из двух вариантов: первый соответствует условиям, когда источник загрязнения находится на поверхности земли; второй – источник содержится в грунтовых водах, они загрязнены. Методика характеризуется рядом преимуществ и может иметь достаточно широкое применение в практике эколого-гидрогеологических исследований и отличается своими особенностями:

1) Ранее разработанная методика может практически полностью использоваться и для напорных подземных вод в рамках их объединенной версии – комплексной методики за исключением некоторых особенностей: отличий в построении карт защитной зоны и ограничений при построении результирующей карты и соответствующей карты уязвимости по первому варианту (рис. 3а) для радиоактивных веществ с $K_p > 6$ л/кг, так как при больших значениях напорные воды на всей территории полностью защищены от загрязнения за период жизни этого радионуклида ^{137}Cs . Кроме этого исследовались свойства водоупора, разделяющего эти горизонты. Выяснено, что в зависимости от литологического строения, характера загрязнения он может быть непроницаемым, слабопроницаемым и даже достаточно проницаемым для загрязнителей, а также быть потенциальным источником загрязнения для напорных вод.

2) Комплексная методика может применяться для случая загрязнения всеми ЗВ от нейтральных, слабо и сильно сорбируемых ЗВ с радиоактивным распадом и без него.

3) Эффективность этой методики увеличивается при использовании ее унифицированного варианта, особенно при решении экологических проблем в условиях изменения климата и при загрязнении подземных вод различными ЗВ.

4) Методика является предварительным прогнозом изменения экологической ситуации на изучаемых объектах, особенно для нашего – в зоне радиоактивного следа от аварии на ЧАЭС, когда теоретически известно, что с каждым периодом полураспада радионуклида ($^{137}\text{Cs} = 30$ лет) плотность его выпадения уменьшается вдвое, а его жизнь ограничивается 10 периодами полураспада (300 лет).

5) Использование разработанной комплексной методики оценки защищенности и уязвимости грунтовых и напорных подземных вод к загрязнению целесообразно при экологических гидрогеологических исследованиях на загрязненных территориях типа чернобыльского следа и других территориях, при проектировании экологически опасных объектов промышленности, сельского хозяйства и др., при проектировании водозаборов пресных подземных вод и при проектировании и организации сети экологического мониторинга.

Финансирование. Работа выполнена в рамках научного проекта РФФИ № 20-55-S52003 и по Государственному заданию АВП РАН № FMWZ-2022-0002 «Исследования геоэкологических процессов в гидрологических системах суши, формирования качества поверхностных и подземных вод, проблем управления водными ресурсами и водопользованием в условиях изменений климата и антропогенных воздействий».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. Белоусова А.П. 2001. Качество подземных вод. Современные подходы к оценке. М.: Наука. 340 с.
1. Belousova AP. Groundwater quality. Modern approaches to evaluation [*Kachestvo podzemnykh vod. Sovremennyye podkhody k otsenke*]. Moscow: Nauka, 2001:340.
2. 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.
2. Belousova AP. Basic principles and recommendations for assessing and mapping the protection of groundwater from pollution [*Osnovnyye printsipy i rekomendatsii po otsenke i kartirovaniyu zashchishchennosti podzemnykh vod ot zagryazneniya*]. *Water Resources [Vodnyye resursy]*. 2003;30 (6):677-677.
3. 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.
3. Belousova AP. Groundwater resources and their protection from pollution in the Dnieper River Basin and its individual areas: Russian territory [*Resursy podzemnykh vod i ikh zashchishchennost' ot zagryazneniya v basseyne reki Dnepr i ot del'nykh yego oblastyakh: Rossiyskaya territoriya*]. Moscow: LENAND, 2005:168.
4. Белоусова А.П. 2012. Оценка защищенности подземных вод от загрязнения радионуклидами // Вода: химия, экология. № 5. С. 11-17.
4. Belousova AP. Assessment of groundwater protection from radionuclide pollution [*Otsenka zashchishchennosti podzemnykh vod ot zagryazneniya radionuklidami*]. *Water: Chemistry, Ecology [Voda: khimiya, ekologiya]*. 2012;5:11-17.
5. Белоусова А.П., Гавич И.К., Лисенков А.Б., Попов Е.В. 2006. Экологическая гидрогеология: учебник для вузов. М.: ИКЦ Академкнига. 397 с.
5. Belousova AP, Gavich IK, Lisenkov AB, Popov EV. Ecological hydrogeology: a textbook for universities [*Ekologicheskaya gidrogeologiya: uchebnik dlya vuzov*]. Moscow: IKTS Akademkniga, 2006:397.
6. Белоусова А.П., Руденко Е.Э. 2018. Особенности унифицированной методики оценки защищенности подземных вод от загрязнения // Недропользование XXI век. № 2 (71). С. 154-161.
6. Belousova AP, Rudenko EE. Features of a unified methodology for assessing the protection of groundwater from pollution [*Osobennosti unifitsirovannoy metodiki otsenki zashchishchennosti podzemnykh vod ot zagryazneniya*]. *Subsoil Use XXI Century [Nedropol'zovaniye XXI vek]*. 2018;2 (71):154-161.
7. Belousova A.P., Rudenko E.E. 2019. Basic Environmental – Hydrogeological Studies in the Territory of European Russia Affected by Chernobyl Accident // Water Resources. Vol. 46. No. 4. Pp. 571-581.
7. Belousova AP, Rudenko EE. Basic Environmental – Hydrogeological Studies in the Territory of European Russia Affected by Chernobyl Accident. *Water Resources*. 2019;46

8. Белоусова А.П., Руденко Е.Э. 2020. Трансформация уязвимости грунтовых вод к радиоактивному загрязнению в зоне Чернобыльского следа на территории Калужской области // Экосистемы: экология и динамика. Т. 4. № 1. С. 18-103. [Электронный ресурс <http://ecosystemsdynamic.ru/transformatsiya-uyazvimosti-gruntovykh-vod-k-radioaktivnomu-zagryazneniyu-v-zone-chernobylskogo-sleda-na-territorii-kaluzhskoj-oblasti/> (дата обращения 1.03.2022)].
8. Belousova AP, Rudenko EE. Transformation of groundwater vulnerability to radioactive contamination in the Chernobyl trace zone in the Kaluga region [Transformatsiya uyazvimosti gruntovykh vod k radioaktivnomu zagryazneniyu v zone Chernobyl'skogo sleda na territorii Kaluzhskoy oblasti]. *Ecosystems: Ecology and Dynamics*. 2020;4 (1):18-103. Available at <http://ecosystemsdynamic.ru/transformatsiya-uyazvimosti-gruntovykh-vod-k-radioaktivnomu-zagryazneniyu-v-zone-chernobylskogo-sleda-na-territorii-kaluzhskoj-oblasti/> (Date of Access 01/03/2022).
9. Белоусова А.П., Руденко Е.Э. 2021а. Моделирование процессов перетекания загрязненных грунтовых вод в напорные в лесных экосистемах на примере Калужской области в зоне радиоактивного следа // Экосистемы: экология и динамика. Т. 5. № 3. С. 147-182.
9. Belousova AP, Rudenko EE. Modeling the processes of overflow of contaminated groundwater into pressure water in forest ecosystems on the example of the Kaluga region in the zone of radioactive trace [Modelirovaniye protsessov peretekaniya zagryaznennykh gruntovykh vod v napornyye v lesnykh ekosistemakh na primere Kaluzhskoy oblasti v zone radioaktivnogo sleda]. *Ecosystems: Ecology and Dynamics*. 2021a;5 (3):147-182.
10. Белоусова А.П., Руденко Е.Э. 2021б. Оценка условий проникновения загрязняющих веществ, включая радионуклиды, в напорные подземные воды // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. № 3 (159). С. 18-31.
10. Belousova AP, Rudenko EE. Evaluation of the conditions for the penetration of pollutants, including radionuclides, into pressure groundwater [Otsenka usloviy proniknoveniya zagryaznyayushchikh veshchestv, vklyuchaya radionuklidy, v napornyye podzemnyye vody]. *Vodoochistka. Water treatment. Water supply [Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzheniye]*. 2021b;3 (159):18-31.
11. Биндеман Н.Н. 1963. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. М.: Госгеотехиздат. 203 с.
11. Bindeman NN. Estimation of operational reserves of underground waters [Otsenka ekspluatatsionnykh zapasov podzemnykh vod]. Moscow: Gosgeotekhizdat, 1963:203.
12. Геологическая карта СССР (четвертичных отложений). 1976-1980. Масштаб 1:200000. М.: Министерство геологии СССР. Листы N-36-B, N-36-D, N-37-A, N-37-C.
12. Geological map of the USSR (Quaternary deposits) [Geologicheskaya karta SSSR (chetvertichnykh otlozheniy)]. Scale 1:200 000. Moscow: Ministerstvo geologii SSSR, 1976-1980: Sheets N-36-B, N-36-D, N-37-A, N-37-C.
13. Гидрогеологическая карта СССР. 1972-1976. Масштаб 1:200000. Л.: Министерство геологии СССР, ВСЕГЕИ. Листы N-36-B, N-36-D, N-37-A, N-37-C.
13. Hydrogeological map of the USSR [Gidrogeologicheskaya karta SSSR]. Scale 1:200 000. Leningrad: Ministerstvo geologii SSSR, VSEGEI, 1972-1976: Sheets N-36-B, N-36-D, N-37-A, N-37-C.
14. Государственная почвенная карта СССР. 1953. Масштаб 1: 1000000.
14. State Soil Map of the USSR [Gosudarstvennaya pochvennaya karta SSSR]. Scale 1: 1 000 000.

- М.: АН СССР, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Главное управление геодезии и картографии МВД СССР. Лист О-37
15. 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.
16. Руденко Е.Э., Белоусова А.П. 2020. Изменение уязвимости грунтовых вод к загрязнению радионуклидами после аварии на ЧАЭС на территории Калужской области // Сергеевские чтения: Геоэкологические аспекты реализации национального проекта «ЭКОЛОГИЯ» ДИАЛОГ ПОКОЛЕНИЙ». Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. М.: РУДН. С. 318-325.
- Moscow: Academy of Sciences of the USSR, V.V. AN SSSR, Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchayeva, Glavnoye upravleniye geodezii i kartografii MVD SSSR, 1953: Sheet O-37
15. Map of radioactive contamination of the European part and the Ural region of Russia by cesium-137 as of January 1993 [*Karta radioaktivnogo zagryazneniya Yevropeyskoy chasti i Ural'skogo regiona Rossii tseziyem-137 po sostoyaniyu na yanvar' 1993 goda*]. Scale 1:500000 / eds. Yu.A. Israel, I.M. Nazarov, Sh.D. Friedman. Moscow: Rosgidromet, IGKE, IPG, NPO "Tayfun", VNISKHM, GMP "Ramon", GNTP "Aerogeofizika", Nevskgeologiya, GGP "Sevzapgeologiya", PGO "Kazgeofizika", 1995:22p.
16. Rudenko EE, Belousova AP. Changes in the vulnerability of groundwater to contamination with radionuclides after the Chernobyl accident in the territory of the Kaluga region [*Izmeneniye uyazvimosti gruntovykh vod k zagryazneniyu radionuklidami posle avarii na CHAES na territorii Kaluzhskoy oblasti*]. *Sergeev Proc.: Geoecological aspects of the implementation of the national project "Ecology. Dialogue of generations" [Sergeyevskiye chteniya: Geoekologicheskiye aspekty realizatsii natsional'nogo proyekta "Ekologiya. Dialog pokoleniy"]*. Materials of the annual session of the Scientific Council of the Russian Academy of Sciences on problems of geoecology, engineering geology and hydrogeology [*Materialy godichnoy sessii Nauchnogo soveta RAN po problemam geoekologii, inzhenernoy geologii i gidrogeologii*]. Moscow: RUDN, 2020:318-325.

UDC 556.383/388:504(571.1)

**INTEGRATED METHODOLOGY FOR ASSESSING THE PROTECTABILITY
AND VULNERABILITY OF GROUND AND PRESSURED GROUNDWATER
FROM DIFFERENT POLLUTANTS AND ITS APPLICATION IN PART
OF THE TERRITORY OF THE KALUGA REGION IN THE AREA
OF THE RADIOACTIVE TRACE FROM THE ACCIDENT AT THE CHERNOBYL NPP**

© 2022. A.P. Belousova, E.E. Rudenko

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

Received April 03, 2022. After revision May 03, 2022. Accepted June 01, 2022.

The object of our research is groundwater and confined subterranean waters in the territory of the Kaluga Region, most affected by the accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant. Our aim was to develop a complex methodology to assess the level of protection and vulnerability of groundwater and confined subterranean water against various pollutants, including radionuclides.

The methodology was tested in the territory of the Kaluga Region, in its zone of the radioactive contamination zone from the Chernobyl Accident.

Our earlier studies that assessed protection and vulnerability of subterranean waters began almost immediately after the accident and were carried out according to the original methodology, developed by the authors of this article. They were fully focused on groundwater only or, more specifically, on the first aquifer under the ground surface. However, this research studies both groundwater and confined subterranean water, located below the groundwater aquifer.

Depending on the location of pollution source, two approaches are considered to solve our main aim. The first option involves a pollution source placed on the ground surface, the way it was observed right after the Chernobyl Accident. The second option involves a pollution source located directly in the groundwater or spreading over a large area, in which case the number of study objects decreases, and it becomes a specific case of the first option.

The results of our research and the methodology we offer for the further use can be applied for assessment of the ecological state of subterranean waters in different country territories, at different scales; for design and construction of fresh subterranean water intakes for drinking purposes; for design and organization of subterranean water monitoring in the areas affected by the Chernobyl Accident. The results of our research are new and significant for further studies.

Keywords: groundwater, subterranean confined water, pollutant, subterranean water protection from pollution, subterranean water vulnerability to pollution, radionuclides, sorption, migration period.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-2-72-98

EDN: CBRISA

===== METHODS OF SUSTENANCE AND RESERVATION OF ECOSYSTEMS =====
AND THEIR COMPONENTS

UDC 556.383/388:504(571.1)

**INTEGRATED METHODOLOGY AND ITS APPLICATION FOR ASSESSING
THE PROTECTION OF GROUND AND CONFINED SUBTERRANEAN WATERS
FROM VARIOUS POLLUTANTS AND THEIR VULNERABILITY TO POLLUTION
IN THE KALUGA REGION IN THE RADIOACTIVE TRACE
FROM THE ACCIDENT AT THE CHERNOBYL NPP**

© 2022. A.P. Belousova, E.E. Rudenko

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

Received April 03, 2022. Revised May 03, 2022. Accepted June 01, 2022.

The object of our research is groundwater and confined subterranean waters in the territory of the Kaluga Region, most affected by the accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant. Our aim was to develop a complex methodology to assess the level of protection and vulnerability of groundwater and confined subterranean water against various pollutants, including radionuclides.

The methodology was tested in the territory of the Kaluga Region, in its zone of the radioactive contamination zone from the Chernobyl Accident.

Our earlier studies that assessed protection and vulnerability of subterranean waters began almost immediately after the accident and were carried out according to the original methodology, developed by the authors of this article. They were fully focused on groundwater only or, more specifically, on the first aquifer under the ground surface. However, this research studies both groundwater and confined subterranean water, located below the groundwater aquifer.

Depending on the location of pollution source, two approaches are considered to solve our main aim. The first option involves a pollution source placed on the ground surface, the way it was observed right after the Chernobyl Accident. The second option involves a pollution source located directly in the groundwater or spreading over a large area, in which case the number of study objects decreases, and it becomes a specific case of the first option.

The results of our research and the methodology we offer for the further use can be applied for assessment of the ecological state of subterranean waters in different country territories, at different scales; for design and construction of fresh subterranean water intakes for drinking purposes; for design and organization of subterranean water monitoring in the areas affected by the Chernobyl Accident. The results of our research are new and significant for further studies.

Keywords: groundwater, subterranean confined water, pollutant, subterranean water protection from pollution, subterranean water vulnerability to pollution, radionuclides, sorption, migration period.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-2-99-122

EDN: CFVOIW

The accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant happened more than 30 years ago, but the aftermath of environmental pollution caused by radionuclides will affect us for much longer. It is known that the fallout activity comes to a halt after 10 half-lives of radionuclides. The most affected is the first layer of aquifers or groundwater, located under the ground surface, while the confined waters in the depth are less polluted. Therefore, it is important to study and assess protection of subterranean waters from pollution and their vulnerability to it in the radioactive trace in the Kaluga Region.

On the basis of our research, we developed a methodology for a comprehensive assessment of protection of groundwater and confined subterranean waters to pollution and their vulnerability to various substances, which then was tested in Kaluga region, where the radioactive trace from the

Chernobyl Accident is located.

Our previous studies on the subject began almost immediately after the accident and carried out according to the original methodology, developed by the authors (Belousova, 2001, 2003, 2005, 2012, 2019; Belousova et al., 2006, 2019). However, they were focused on groundwater only, i.e. the first aquifer under the ground surface. The current study presented in this article covers this problem fully, both for groundwater and confined subterranean waters that are located below the aquifer.

Assessment of groundwater protection and its vulnerability to pollution

To study the migration processes of various pollutants (from poorly to highly sorbed), including radionuclides, through the groundwater and confined subterranean waters we used mathematical modeling and a MT3D mathematical model (Belousova, Rudenko, 2021). It studied an aquiclude with a consistent lithological structure, located between groundwater and confined waters. However, such structure is quite unusual, because natural aquicludes may contain lenses, layers of more permeable sediments and industrial elements, such as drill wells and other deep structures, all of which can significantly disrupt the aquiclude and accelerate pollution of subterranean waters. This indicates that aquicludes cannot fully protect the confined waters from pollution. However, they have a complex permeability, which makes it possible for lenses of pollution to form in the confined waters (the concentration of pollutants would be insignificant in that case).

The aforesaid information confirms that it is necessary to assess the protection of subterranean confined water from pollution by various substances using other methods, including the model-cartographic one, the methodology of which we developed while assessing the protection of groundwater from pollution and which will be applied to confined waters together with groundwater.

We developed a structure of a complex methodology for assessing the protection degree of ground and confined subterranean waters and their vulnerability to pollutions, and then tested it out in the area of the radioactive trace from the Chernobyl Accident in the territory of the Kaluga Region.

Depending on the location of the subterranean waters pollution source, we consider two approaches to solve the stated problem.

The first approach is used when the source of pollution is located on the ground, the same way it was after the accident. The study objects are as following: 1) protective zone, 2) groundwater, 3) separate protective layer, i.e. aquiclude, 4) confined waters.

The second approach is used when the pollution source is located in the groundwater or when the pollution is spread over a large area. In this case, the study is one step shorter and includes the following objects: 1) groundwater, 2) aquiclude, 3) confined waters. This approach is considered a special case of the first one.

Further below we will discuss the first approach for assessing the subterranean waters (including groundwater and confined waters) protection and their vulnerability to pollution.

A protective zone to shield the groundwater from pollution. This is a two-level zone that consists of soil and rock of the aeration zone and separates subterranean waters from surface pollution. *Protection* is its ability to prevent penetration of pollutants into subterranean waters for a certain period of time. *Vulnerability* to pollution is the ratio between the real industrial load of the study area and the natural protection of subterranean waters. *Natural protective potential* is the ability of the geological environment, such as soils and rocks of the aeration zone, to keep pollution in the protective zone; it depends on the lithological, filtration and sorption properties of soils and rocks (Belousova, 2001, 2003, 2005, 2012, 2019; Belousova et al., 2006, 2019; Belousova,

Rudenko, 2020; Rudenko, Belousova, 2020).

A substance is considered a pollutant if its concentration exceeds the background values. Therefore, when assessing protection, we take into account the structural features of the protective zone that separates groundwater from surface pollution, and the processes caused by pollution in the said zone.

The assessment of groundwater protection is performed for extreme conditions, when it is assumed that pollution has spread over the entire study area, regardless of its intensity.

If radionuclides contaminate the ground surface, then the soils that can bind a large amount of radionuclides act as a protective zone or a buffer. The zone that protects subterranean waters from radioactive contamination has a two-level structure: the first level is soils; the second level is rocks of the aeration zone.

When a map of the protective zone is compiled (Belousova, 2001, 2003, 2005, 2012, 2019; Belousova et al., 2006, 2019; Belousova, Rudenko, 2020; Rudenko, Belousova, 2021a), the first level is reflected on the soil map (State Soil Map of the USSR, 1953), showing the soils type and their mechanical composition. The structure of the second level is shown on a map of the groundwater depth (Hydrogeological map of the USSR, 1972-1976) and a map of the lithological structure of the aeration zone. To characterize the second level the maps of Quaternary deposits (Geological map of the USSR ..., 1976-1980) were used, because they summarize the data on lithology, water-physical and filtration properties of rocks of the aeration zone for all lithological-genetic complexes. The lithological structure of the protective zone can be of 3 different types: one-layered, two-layered and three-layered.

The next step in the mapping is to establish the categories, used to characterize the natural potential of the zone and its ability to shield groundwater from pollution of any type (radionuclides, heavy metals, nitrates, etc.). At a qualitative level, taking into account the ratio of the lithological structure of both levels, as well as the groundwater depth, the following categories of the protective potential were established: extremely low, low, average and high. The lithological structure of the aeration zone can be of 3 different types: one-layered, two-layered and three-layered (Table 1).

A map of the protective zone (Fig. 1) is created by combining a soil map, displaying the structure of its first level, and maps that characterize the structure of its second level (such as groundwater depth and lithological structure of the aeration zone). Then the model sites with a specific structure of the first and second levels and with the groundwater depth are mapped on it. These sites are described in the legend to the map in Table 1. Due to the complex lithological structure of the protective zone (which can consist even of four layers) and in order to determine its protective potential, we used the “weight” method for assessing all its components. We assigned each of them a weight value, starting from the smallest (sandy soils, sands of the aeration zone, shallow groundwater depths) to characterize the weak protective properties, to the highest (soils with a high humus content, clay, high groundwater depths), then summed up the weights (of soil structure, layered structure of the aeration zone, groundwater depth) for every model site (Table 1). The protective potential is given according to the following weight intervals: low – 4-8, medium – 9-13, high – 14-17 (Belousova, Rudenko, 2020).

The map of the protective zone (Fig. 1) shows that the areas with a low protective potential are located in the river valleys within the radioactive trace in the Kaluga Region. The water catchment areas have a medium potential, while the local areas in the southwest, west and northwest have a strong potential.

The map of the protective zone works as the basis for compiling maps of the groundwaters protection and their vulnerability to any pollutants.

Groundwater as a pollution receiver

The main fallout radionuclides in the radioactive trace in the Kaluga Region are ^{137}Cs and ^{90}Sr .

Table 1. Explication to the map of the protective zone.

Soil type and their lithological structure (weight)					Groundwater depth, m (weight)
Alluvial, layered sands, sandy loams and loams (1)	Podzolic			Forest loamy (5)	
	Sandy (2)	Sandy loam (3)	Loamy (4)		
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	3-5 (3)
	7-2-7	32-2/4-12	58-2-9	75-3-11	
	8-2-7	37-2/4-12	59-2-9	76-3-11	5-10 (4)
	9-2-8	33-2-9	62-2/3-13		
	10-2-8				1-3 (2)
	11-2/3-9	48-4-9	63-2/4-12	77-4-11	
	12-2/4-10	49-4-9	64-2/4/1-12	77a-4-10	3-5 (3)
	13-2/4-11	38-2/4-12	31-2/3-12	78-4-11	
	14-2/4-13	45-2/5-13	66-3-10	79-4-12	1-3 (2)
	15-2/5-11	39-2/4/2-13**	67-4/2-12		
	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)

Notes to Table 1: 21-4-8* – the first number is a key plot, the second one is a lithological structure of aeration zone (one-layered, loams), the third one is a sum of weights (scores), made of 3 components: type and lithological soil composition, groundwater depth, lithological structure of aeration zone; 39-2/4/2-13** – the second number is a 3-layered structure of aeration zone (sands, loams, sands), which can also be 2- and 4-layered; the weights of lithological differences of the aeration zone rocks are: tripoli, salica clay, chalk, limestones – (1), sands – (2), sandy loams – (3), loams – (4), clays – (5); protection potential: low (4-8), medium (9-13), high (14-17).

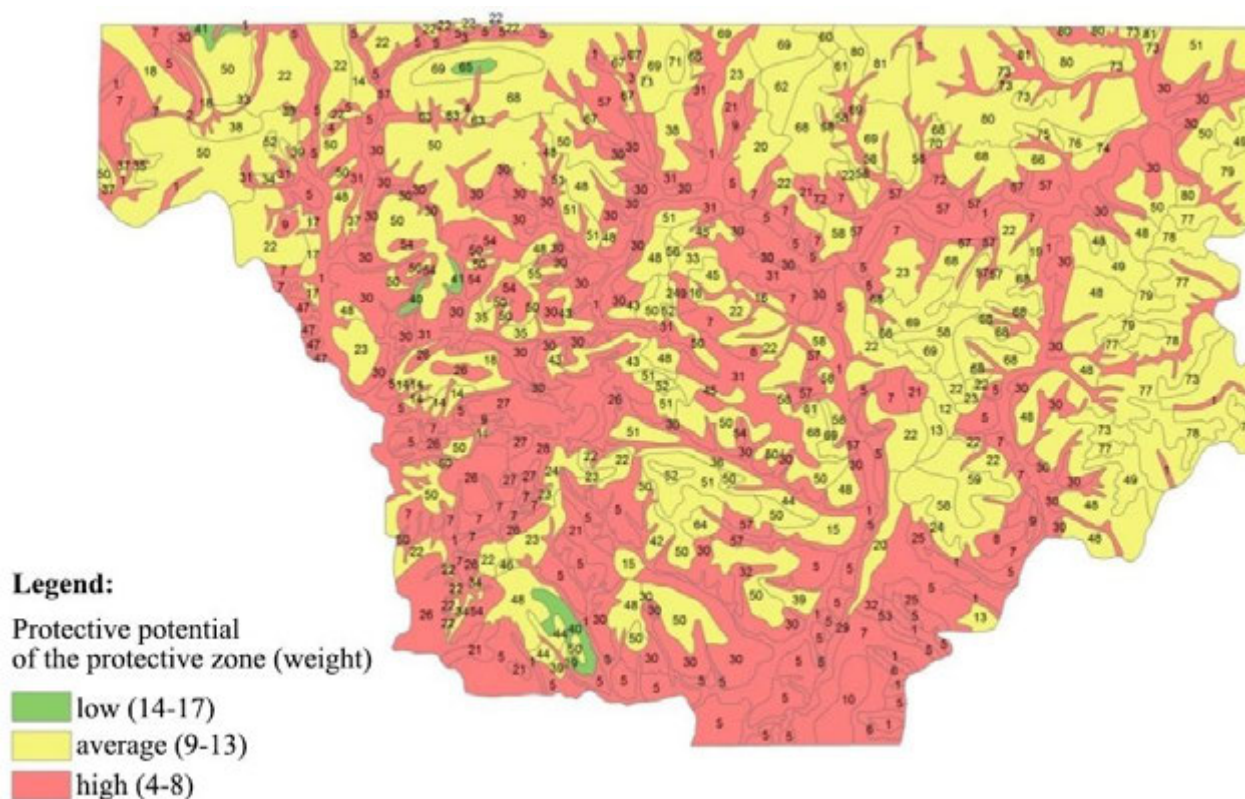


Fig. 1. Schematic map of the protective zone in the south of the Kaluga region (numbers on the map are model sites).

When evaluating the possibility of groundwater contamination with radionuclides, the following factors are taken into account: sorption properties that help to keep the radionuclides in the soils and rocks of the aeration zone; limitation of their penetration intensity to groundwater (up to a complete detention) through the infiltration flow; migratory properties of soils and rocks of the aeration zone that depend on the physical-mechanical, water-physical and filtration characteristics and their mineralogical composition and that characterize the penetration intensity of polluted infiltrating waters into the aeration zone and groundwater; filtration (infiltration) path, i.e. the depth of the aeration zone or the depth of groundwater; half-life of radionuclides.

The groundwater protection from any substance depends on the time that polluted infiltration water needs to reach the aquifer (t_3). The time, required for a radionuclide that was dissolved in water to penetrate soil and rocks of the aeration zone with a certain thickness (M), to fill their sorption capacity and then reach groundwater, can be determined using the equation below (Belousova, Rudenko, 2020):

$$t_3 = \frac{M \vartheta n}{v} + \frac{M \vartheta \delta K_p}{W} ; \quad (1),$$

where ϑn is a total moisture capacity (in fractions); δ , kg/dm³ is a volume weight of the soil skeleton; K_p , l/kg is a coefficient of distribution; v , m/day is a rate of penetration of the infiltration flow (Bindeman, 1963):

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

where θ is a natural rocks moisture (in fractions), W is an infiltration recharge (m/day), k_ϕ is a coefficient of filtration (m/day).

The most toxic of the long-living radionuclides are ^{90}Sr and ^{137}Cs ; therefore, protection degree from each of them should be assessed separately.

It is more efficient to make a scale of groundwater natural protection from pollutants depending on T , i.e. the radionuclide half-life. The following categories can be given:

unprotected groundwater: $t_3 < T$, $t_3 < 30$ years;

poorly protected: $T < t_3 < 2T$, 30 years $< t < 60$ years;

averagely protected: $2T < t_3 < 3T$, 60 years $< t < 100$ years;

relatively protected: $t_3 > 3T$, $t_3 > 100$ years, 100 years $< t < 300$ years;

protected: $t_3 > 10T$, $t_3 > 300$ years.

Allocating categories by the time the pollutant needs to penetrate through the protective zone is an approximate predictive estimation, applied to groundwater pollution by radionuclides.

We assessed water protection from radionuclides using the methodology from our earlier works (Belousova, 2001, 2003, 2005, 2012, 2019; Belousova et al., 2006; Belousova, Rudenko, 2020). It was performed separately for ^{90}Sr and ^{137}Cs . For each of the 81 model sites from the map of the protective zone (Fig. 1) we calculated the time of radionuclides migrating through the protective zone into the groundwater (Table 2), using the formula (1) and taking into account the structure of each site (Table 1) and the zone itself, as well as sorption parameters.

Maps of groundwater protection from pollution with ^{90}Sr (Fig. 2a) and ^{137}Cs (Fig. 2c) are compiled on the basis of the map of the protection zone. When they were compared, it showed that ^{90}Sr is the more dangerous for groundwater, because it can cover vast areas of the aquifer in a short period of about <5 years.

The map of groundwater protection from ^{90}Sr (Fig. 2a) demonstrates that about 50% of the territory is not protected from pollution, while 20% is poorly protected, another 20% (mainly in the north) is relatively protected, 5% is protected and 5% more is averagely protected.

However, the situation with ^{137}Cs is different (Fig. 2c): the unprotected groundwater can be found only along the narrow strip along river channels, the poorly protected ones are found in the northwest valleys of several small rivers, the moderately protected are located on the high river terraces, and the relatively protected adjoin the watersheds. The relatively protected and protected ones are dominant.

Thus, assessment of the time this radionuclide needs to penetrate the protective zone makes it possible for us to provide an approximate predictive estimate of the groundwater pollution with this extremely dangerous substance.

Groundwater vulnerability to pollution is the ratio of the real industrial load of the study area to the natural protection of groundwater. The ^{137}Cs vulnerability map is based on the map of industrial load, compiled for the same radionuclide (Fig. 3a; Map of radioactive contamination ..., 1995), which includes the distribution of ^{137}Cs pollution over the ground surface, and the map of groundwater protection against ^{137}Cs (Fig. 2c). We do not have any data for other radionuclides.

The following categories of groundwater vulnerability to ^{137}Cs were identified: catastrophically vulnerable, extremely vulnerable, highly vulnerable, vulnerable, slightly vulnerable, relatively invulnerable, invulnerable. The last category is conditional due to the fact that pollution can reach areas with initially invulnerable groundwater with the help of the seepage flow that comes from the areas with vulnerable groundwater.

Figure 3a shows the industrial load (density of ^{137}Cs surface fallout) after the Chernobyl Accident.

Figure 3 in and Tables 3 and 4 show vulnerability of groundwater to ^{137}Cs in the radioactive trace immediately after the accident: the extremely vulnerable groundwater is found in the separate areas in the middle reaches of the Resseta River; highly vulnerable is in the river valleys in the center of the radioactive trace; moderately vulnerable is along the valleys of rivers, tributaries,

ravines and in the east, near the Vytebet River; slightly vulnerable is along the watersheds of the rivers; almost invulnerable is at the periphery of the radioactive trace; invulnerable is on the high river terraces and sometimes on the watersheds.

Table 2. Penetration time of ^{90}Sr and ^{137}Cs radionuclides into groundwater.

№ of a model site	Time – t_3				
	t_3 (neutral), pollutants (year)	Radionuclides			
		t_3 ^{90}Sr (year)	$\sum t_3$ ^{90}Sr (year)	t_3 ^{137}Cs (year)	$\sum t_3$ ^{137}Cs (year)
1	2	3	4	5	6
1	0.01	3.7	3.71	21.3	21.31
2	0.05	8.5	8.55	40.1	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	0.4	8.21	8.61	76.5	76.9
6	0.4	8.21	8.61	76.5	76.9
7	0.07	15.5	15.58	149	149.08
8	0.07	15.5	15.58	149	149.08
9	0.14	28.16	28.3	275.99	276.13
10	0.14	28.16	28.3	275.99	276.13
11	0.07	8.74	8.81	119.81	119.88
12	0.23	28.2	28.43	144.45	144.68
13	0.48	57.6	58.08	292.5	292.98
14	0.27	34.7	34.97	195.5	195.77
15	0.34	49.1	49.44	176.3	176.64
16	0.72	101.8	102.52	359.8	360.52
17	0.23	101.00	102.52	144.45	144.68
18	0.48	33.1	33.58	292.5	292.98
19	0.48	33.1	33.58	292.5	292.98
20	0.27	109.76	110.03	717.62	717.89
21	0.42	48.1	48.52	212.43	212.85
22	0.87	99.7	100.58	436.05	436.93
23	0.3	35.22	35.52	156.53	156.83
24	3.98	420.67	424.65	1826.81	1830.79
25	0.12	155.1	155.22	379.4	379.52
26	0.25	325.6	788.5	325.85	788.75
27	0.48	623.9	624.38	1504.51	1504.99
28	1.13	1476.23	1477.39	3550.2	3551.33
29	0.25	325.6	325.85	788.5	788.75
30	0.04	8.21	8.25	76.5	76.55
31	0.08	15.5	15.58	149	149.08
32	0.08	15.54	15.62	155.4	155.48
33	0.15	28.23	28.38	282.34	282.49
34	0.24	46.4	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	57.7	58.18	298.9	299.38
38	0.48	57.7	58.18	298.9	299.38
39	0.17	21.6	21.77	128.15	128.32
40	0.36	44.7	45.06	257.2	257.56

Continuation of Table 2.

1	2	3	4	5	6
41	0.1	29.76	29.86	138.85	138.95
42	0.07	57.2	57.27	183.8	183.87
43	0.3	49.11	49.41	176.32	176.62
44	0.3	49.2	49.5	182.7	183
45	0.63	101.9	102.53	366.2	366.83
46	0.55	58.8	59.35	390.4	390.95
47	0.2	22.4	22.6	106.98	107.18
48	0.4	48.2	48.6	218.8	219.2
49	0.4	48.2	48.6	218.8	219.2
50	0.88	99.8	100.68	442.4	443.28
51	1.7	190.11	191.81	833.74	835.44
52	2.8	319.1	321.9	1392.8	1395.6
53	0.13	155.2	155.33	385.75	385.88
54	0.26	325.65	325.91	794.9	795.16
55	0.6	90.1	90.7	282.52	283.12
56	1.2	188.2	189.4	210585	210586.2
57	0.08	8.6	8.68	86	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	129.3	129.42
61	0.19	16.98	17.17	250.03	250.22
62	0.31	30.3	30.61	455.22	455.53
63	0.27	28.56	28.89	153.98	154.25
64	0.24	70.87	71.11	232.2	232.54
65	1.62	573.33	574.95	1783.96	1785.58
66	0.26	18.11	18.37	341.5	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	61.4	61.98	277.9	277.48
70	1.72	190.4	192.12	836.91	838.63
71	2.9	319.44	322.34	1395.95	1398.24
72	0.165	155.5	155.665	388.92	389.09
73	0.11	10.8	10.91	90.9	91.01
74	0.17	11.9	12.07	177.5	177.67
75	0.28	20.3	20.58	346.4	346.68
76	0.39	28.7	29.09	515.2	515.59
77	0.49	50.7	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

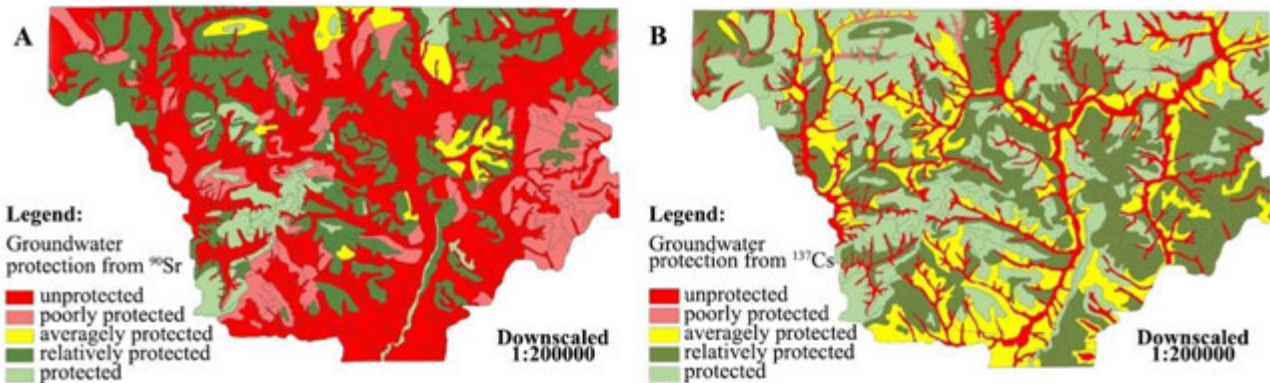


Fig. 2. Schematic maps of groundwater protection from ^{90}Sr (a) and ^{137}Cs (b) in the south of the Kaluga region.

The described approach to the mapping of the groundwater natural protection from radioactivity can be used for compiling similar maps to assess pollution by other highly toxic and low toxic pollutants.

Methodology for assessing protection of subterranean waters (confined waters) from pollution

This stage of our research is about approaches to assessment of subterranean *confined waters* protection from pollution and their vulnerability to it, which is important for estimation of the ecology of drinking subterranean waters, usually located in the confined aquifers below the groundwater horizons.

Just like the assessment of groundwater protection from pollution, the assessment of confined subterranean waters protection has its own features. The main difference is to define the confined water protection zone, which consists of two levels as well.

1) The first one is groundwater itself or other confined aquifers, located above the studied aquifer horizon. They have a dual effect on confined waters, i.e. if they flow into the lower confined aquifer, they can become a source of pollution for it; or if the lower confined aquifer flows into them, they become a protection zone for the confined waters.

2) The second one is an impervious stratum or an aquiclude that separates confined water from groundwater.

A *protective zone* is a two-level zone that consists of an overlying aquiferous horizon and an aquiclude that separates the said horizons. This zone shields confined subterranean waters from pollution that comes from the overlying horizon.

Protection is its ability of the protective zone to prevent pollutants penetration from the overlying horizon into subterranean confined waters for a certain period of time.

Natural protective potential is the ability of the geological environment to keep pollution in the protective zone. It depends on the lithological, filtration, hydrodynamic and sorption properties of rocks.

Medium-scale assessment of the confined subterranean waters protection from pollution

We assessed the protection of confined subterranean waters that were located below the groundwater horizon in the territory of the Kaluga Region, in the radioactive trace left from the Chernobyl Accident. The scale was 1:200000.

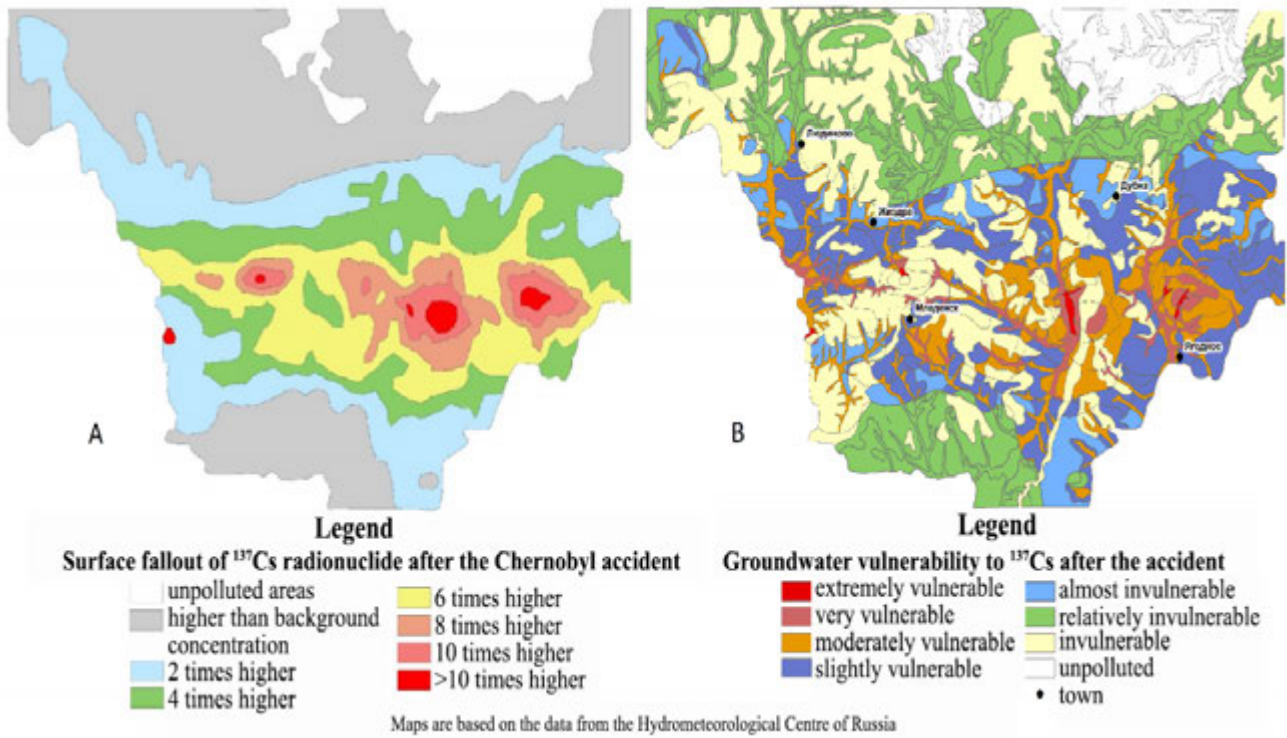


Fig. 3. Schematic maps of industrial load of the density of ¹³⁷Cs surface fallout (a) and groundwater vulnerability to ¹³⁷Cs contamination (b) after the Chernobyl Accident.

Table 3. Groundwater vulnerability to ¹³⁷Cs pollution after the Chernobyl Accident.

Protection degree (weight)	Industrial load							Relatively vulnerable	
	Cs ¹³⁷ (Ku/km ²) concentration of the ground surface (weight)								
	> 10 (6)	8-10 (5)	6-8 (4)	4-6 (3)	2-4 (2)	1-2 (1)	< 1 (0)		
(4) Unprotected T ₃ < 30 years	10*	9	8	7	6	5		Relatively vulnerable	
(3) Poorly protected 30 < T ₃ < 60 years	9	8	7	6	5	4			
(2) Averagely protected 60 < T ₃ < 100 years	8	7	6	5	4	3			
(1) Relatively protected 100 < T ₃ < 300 years	7	6	5	4	3	2			
(0) Protected T ₃ > 300 years	Invulnerable								

Notes to Table 3: 2-10* – weight values of vulnerability.

The hydrogeological conditions show that the unconfined aquifers (groundwater and confined aquifers of fresh groundwater) are separated by the Upper Jurassic area-persistent aquiclude.

Protective zone of confined waters and its mapping. To create this map it is necessary to study its *first level* and assess how much the ground aquifer complex influences the pollution of the

confined aquifer complex. This influence is estimated by the value of water transmissibility (km), or the ability to filter polluted waters and the levels difference of the first and second aquifers ($H_1 - H_2$), which ensures the intensity and direction of the flow between the complexes.

Table 4. Degree of groundwater vulnerability to ^{137}Cs contamination

Vulnerability degree	Weight	Color
Unpolluted		
Invulnerable	$T_3 > 300$ years	
Relatively vulnerable	< 1	
Barely vulnerable	2-1	
Slightly vulnerable	4-3	
Mildly vulnerable	6-5	
Highly vulnerable	8-7	
Extremely vulnerable	10-9	

The *second level* of the protective zone is characterized by the aquiclude parameters, such as a coefficient of filtration (k_f) and depth (m_0). Due to the lack of data about the lithological structure of the aquiclude, its coefficient of filtration was considered constant for the overall depth, changed only for different scenarios.

Thus, we used three following indices to assess the protective potential: km , k_f , m_0 (Table 5).

Table 5. Potential of the protective zone.

km (m^2/day) [5] – weight	m_0 – aquiclude depth (m) [3] – weight			$H_1 - H_2$ – difference between the layers of the first and second aquiferous complexes (m) [5] – weight
	10 – 30 [1]	0 – 10 [3]	0.0 [6]	
0 -10 [1]	3	5	8	1-10 [1]
10 -20 [2]	5	7	10	10 – 20 [2]
20 -50 [3]	7	9	12	20 – 40 [3]
50 – 100 [4]	9	11	14	40 – 60 [4]
100 – 500 [5]	11	13	16	> 60 [5]
500 – 1000 [6]	13	15	18	0.0 [6]
<i>Legend:</i>				
	– high protective potential (weight is 0-5)			
	– average (5-10)			
	– low (10-15)			
	– extremely low (15-18)			
	– extremely high; area where groundwaters are not the source of pollution for the confined waters, and their depth is below the piestic depth of confined waters			

The assessment was carried out as follows. Each index was assigned a weight in ascending order, depending on the deterioration of their protective properties. An increase of km causes a deterioration of the protective properties, meaning that the polluted waters in the groundwater flow

are filtered faster and reach the aquiclude quicker, therefore, the weight increases as the protective properties decrease (it also applies to the level difference ($H_1 - H_2$)); however, the weight value m_0 increases as the aquiclude depth decreases. Then the values of the 3 indices are summed up and the potential of the protective zone is determined: high (weight is 0-5), average (5-10), low (10-15), extremely low (15-18), extremely high (the latter is added specifically for the area where groundwater is not a source of confined water pollution, with their level located below the piestic level of confined water).

The results of this assessment are shown in Table 5.

The model sites are mapped on the schematic map of the protective zone (Fig. 4), with different structure of their protective zones, according to 3 indices and their protective potential (Table 5). Their description is given in the explication to the map in Table 6.

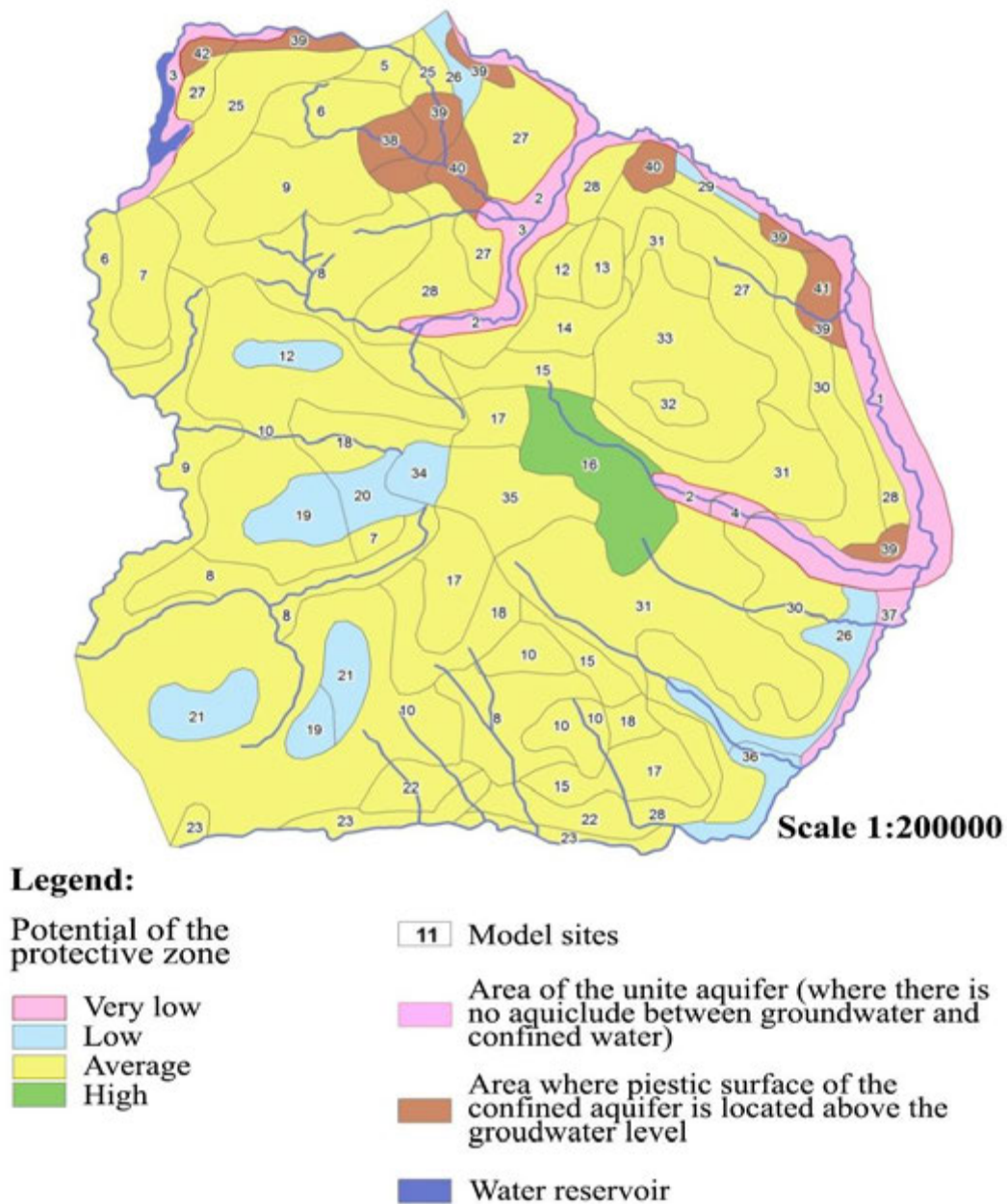


Fig. 4. Schematic map of the protective zone for confined waters.

Table 6. Explication to the schematic map of the protective zone for confined waters.

No. of the model site	Weights of the indices (1) – No. of the indices on a digitized model site			Σ sum of the weights	Protective potential
	m_0	km	$H_1 - H_2$		
1	6	6	6	18	very low
2	6	3	6	15	very low
3	6	5	6	17	very low
4	6	4	6	16	very low
5	1	4	2	7	average
6	1	5	2	8	average
7	1	3	4	8	average
8	1	4	3	8	average
9	1	5	3	9	average
10	1	4	4	9	average
11	1	4	5	10	low
12	1	4	2	7	average
13	1	2	3	6	average
14	1	3	2	6	average
15	1	3	3	7	average
16	1	1	3	5	high
17	1	1	4	6	average
18	1	3	4	8	average
19	1	5	5	11	low
20	1	3	5	9	low
21	1	5	4	10	low
22	1	2	3	6	average
23	1	2	4	7	average
24	1	2	5	8	average
25	3	4	2	9	average
26	3	5	2	10	low
27	3	3	2	8	average
28	3	4	2	9	average
29	3	4	6	13	low
30	3	2	2	7	average
31	3	3	3	9	average
32	3	4	4	11	average
33	3	4	3	10	low
34	3	3	5	11	low
35	3	1	4	8	average
36	3	6	2	11	low
37	3	6	6	15	very low
38	1	5	0 (from -1 to -10)	6	very high
39	3	5	0 (from -1 to -10)	8	very high
40	3	3	0 (from -1 to -10)	6	very high
41	3	6	0 (from -1 to -10)	9	very high
42	3	4	0 (from -1 to -10)	7	very high

The schematic map (Fig. 4) shows that there are areas in the valleys of the Bolva, Resseta and Zhizdra Rivers with an extremely low protective potential, because their confined and groundwater are not separated by an aquiclude. They make a unified aquifer complex. In the smaller areas the piezic level of the confined aquifer complex is slightly higher than the level of the groundwater aquifer, which determines the absence of any flow of contaminated groundwater into the confined ones. Most of the territory, however, has an average protective potential of the confined aquifer complex, while the low and high ones were found only in the small areas.

Subterranean pressure waters and their protection from pollution. Since the radionuclides are the main pollutants in the study area of the radioactive trace in the Kaluga Region, we assessed the migration intensity of ^{90}Sr and ^{137}Cs from groundwater to pressure water. However, in this example we use only ^{137}Cs (Belousova, Rudenko, 2021a, 2021b)

The migration intensity of strongly sorbed pollutants (radionuclides) (Table 7) was calculated according to equation (1) and equation (2). The following parameters were used, common for aquiclude rocks such as clay: δ – volume weight of the soil skeleton, equal to 1.8 kg/dm^3 , θ (n) – porousness, equal to 0.2. Figure 5 shows the time the pollutants need to migrate at $K_p = 26 \text{ l/kg}$ and $K_p = 1000 \text{ l/kg}$, which matches the interval of values of the coefficient of distribution for ^{137}Cs . The maximal migration time of 1,080,078 years was calculated at $K_p = 1000 \text{ l/kg}$, $W = 0.01 \text{ m/year}$ and the aquiclude depth equal to 30 m (Fig. 5b). The minimal migration time of 3,758 years was calculated at $K_p = 26 \text{ l/kg}$, $W = 0.025 \text{ m/year}$ and the aquiclude depth equal to 10 m (Fig. 5c).

Table 7. Time of penetration of strongly sorbed substances, including ^{90}Sr and ^{137}Cs , through the aquiclude.

W (m/year)	M (m)	^{90}Sr				^{137}Cs			
		K_p (l/kg)	t_3 (year)	t_n (year)	$t_3 + t_n$ (year)	K_p (l/kg)	t_3 (year)	t_n (year)	$t_3 + t_n$ (year)
0.01	1	6	216	3	219	26	936	3	939
		200	7200	3	7203	1000	36000	3	36003
0.025	1	6	86	1	87	26	374	1	375
		200	2880	1	2881	1000	14400	1	14401
0.01	5	6	1080	13	1093	26	4680	13	4693
		200	36000	13	36013	1000	180000	13	180013
0.025	5	6	432	7	439	26	1872	7	1879
		200	14400	7	14407	1000	72000	7	72007
0.01	10	6	2160	26	2186	26	9360	26	9386
		200	72000	26	72026	1000	360000	26	360026
	30	6	6480	78	6558	26	28080	78	28158
		200	216000	78	216078	1000	1080000	78	1080078
0.025	10	6	864	14	878	26	3744	14	3758
		200	28800	14	28814	1000	144000	14	144014
	30	6	2592	42	2634	26	11232	42	11274
		200	86400	42	86442	1000	432000	42	432042

If we consider the ecology of radionuclides migration and the fact that after 10 half-lives (about 300 years) the said radionuclides decay almost entirely, then it is safe to assume that during their lifetime both radionuclides will never get into the confined waters of the study area. However, if the

aquifer depth decreases and reaches 1.0 m, then only ^{90}Sr will reach the pressure water: in 219 years at $K_p = 6$ l/kg and $W = 0.01$ m/year, or in 87 years at $K_p = 6$ l/kg and $W = 0.025$ m/year (Fig. 5). Besides, other pollutants with coefficients close to the mentioned values can flow into pressure waters in various periods of time, up to several million years; for example, it can happen with Ni at $K_p = 5500$ l/kg.

Results and some recommendations

A step-by-step guide for a complex methodology for assessing the protection of groundwater and pressure subterranean water from pollution and their vulnerability to it. It is significant to note the features and structure of the complex assessment. As it was noted above, its structure primarily depends on the pollution source, its location and one specific pollutant, the groundwater protection from which is being assessed. Therefore, there can be two options of the structure: 1) the source of pollution is located on the ground surface, in the soil (Fig. 6a); 2) the contaminated subterranean (ground) waters are the source of pollution (Fig. 6b).

Further below we will describe the stages of the *first option* of protection assessment (Fig. 6a).

1) Mapping the total area, contaminated by the given pollutant (layer 1a). In our case it was ^{137}Cs radionuclide, which distribution area in the radioactive trace in the Kaluga Region was the only one of interest, rather than the ratio “quantity – intensity” of contamination it caused.

2) Mapping the groundwater protective zone (layer 2a) that shows the geological and hydrogeological structure of the soil cover and the aeration zone. This method is described above and shown in Figure 1. This map is the basis for any further assessments.

3) Mapping the groundwater protection from contamination by a given pollutant (layer 3a). This method is described above and shown in Figure 2.

4) The map of groundwater vulnerability to ^{137}Cs (Fig. 3c) is compiled on the basis of the industrial load map and groundwater protection map, both created for ^{137}Cs (Fig. 2c) as there is no data for other radionuclides. This method is described above and shown in Figure 3c. For this step two maps were required: the map of industrial load (layer 1a), which shows the intensity of the load, i.e. its quantitative characteristic (however, the data is available only for ^{137}Cs , which is shown in Figure 3a), and the map of protection (layer 2a) shown in Figure 2c.

This concludes our assessment of groundwater protection from ^{137}Cs contamination and their vulnerability to it. Further below we will describe the assessment of protection and vulnerability of pressure subterranean waters. Since we used the study area of pressure subterranean waters for mathematical modeling of pollution processes at the site, the area was smaller than the radioactive trace where the groundwater flow had been studied, limited by the Bolva, Resseta and Zhizdra Rivers.

5) Mapping the protective zone for confined subterranean waters (layer 5a). This method is described above and shown in Figure 4. This map is made of two levels: the first characterizes the interaction between the ground and confined aquifer horizons; the second characterizes the structure of the aquiclude between these horizons.

6) Mapping the confined subterranean waters protection from ^{137}Cs (layer 6a). This method is described above and shown in Figure 5. It is similar to the methodology for assessing the groundwater protection from pollution and uses the same equations. However, when used for confined waters, one member of its equation, W (infiltration groundwater recharge), should be replaced with the groundwater flow to confined waters, or the observations data on confined waters levels should be used, which can be quite problematic. Otherwise, it is possible to use the values, expressed in shares of infiltration recharge, as shown in Figure 5. Besides, the data on the coefficients of sorption distribution (K_p) of a certain pollutant for the studied object is usually

absent, and, therefore, we used various values of this index according to the literary sources that we used in our previous researches (Belousova, Rudenko, 2021a, 2021b).

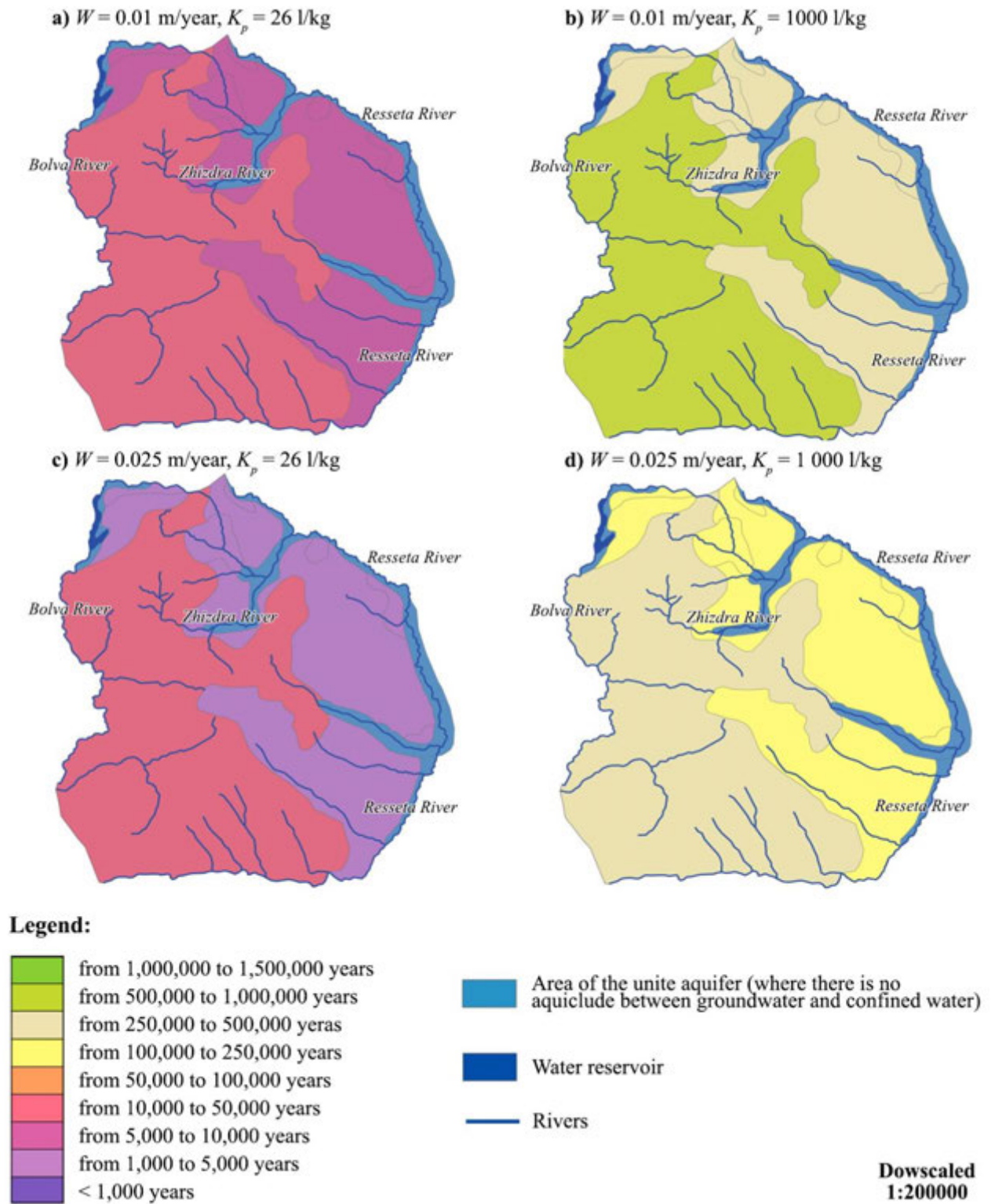


Fig. 5. Scaled down schematic map of the penetration time of strongly sorbed substances, including ^{137}Cs , through a separate layer (aquiclude) at different values of W and K_p .

7) Compiling the final map of the subterranean confined waters protection (layer 7a) from a pollution source, located on the surface. For that the migration time required for a pollutant to reach groundwater and confined water are summed up. In our case, this map is not required for ¹³⁷Cs due to the already mentioned migration times.

8) The final stage is to build a map of the vulnerability of subterranean confined waters to pollution (layer 8a) by overlaying the map of industrial load (layer 1a, the quantitative parts of the load) and the final map of the confined waters protection (layer 7a). In our case, this map is not required as well.

The *second option* (Fig. 6b) is a shortened version of the first one due to the deeper pollution source that reached down to the groundwater horizon. It includes the following steps.

1) Mapping of the industrial load, i.e. compiling a map of groundwater pollution by a certain pollutant (¹³⁷Cs), which shows the area of pollution distribution and its intensity (layer 1b).

2) Mapping the protective zone (layer 2b), similar to step 5 of the first option.

3) Mapping the subterranean confined waters protection from a given pollutant (layer 3b), similarly to step 6 of the first option.

4) Mapping the confined waters vulnerability to pollution by a given pollutant (layer 4b), similar to step 4 of the first option.

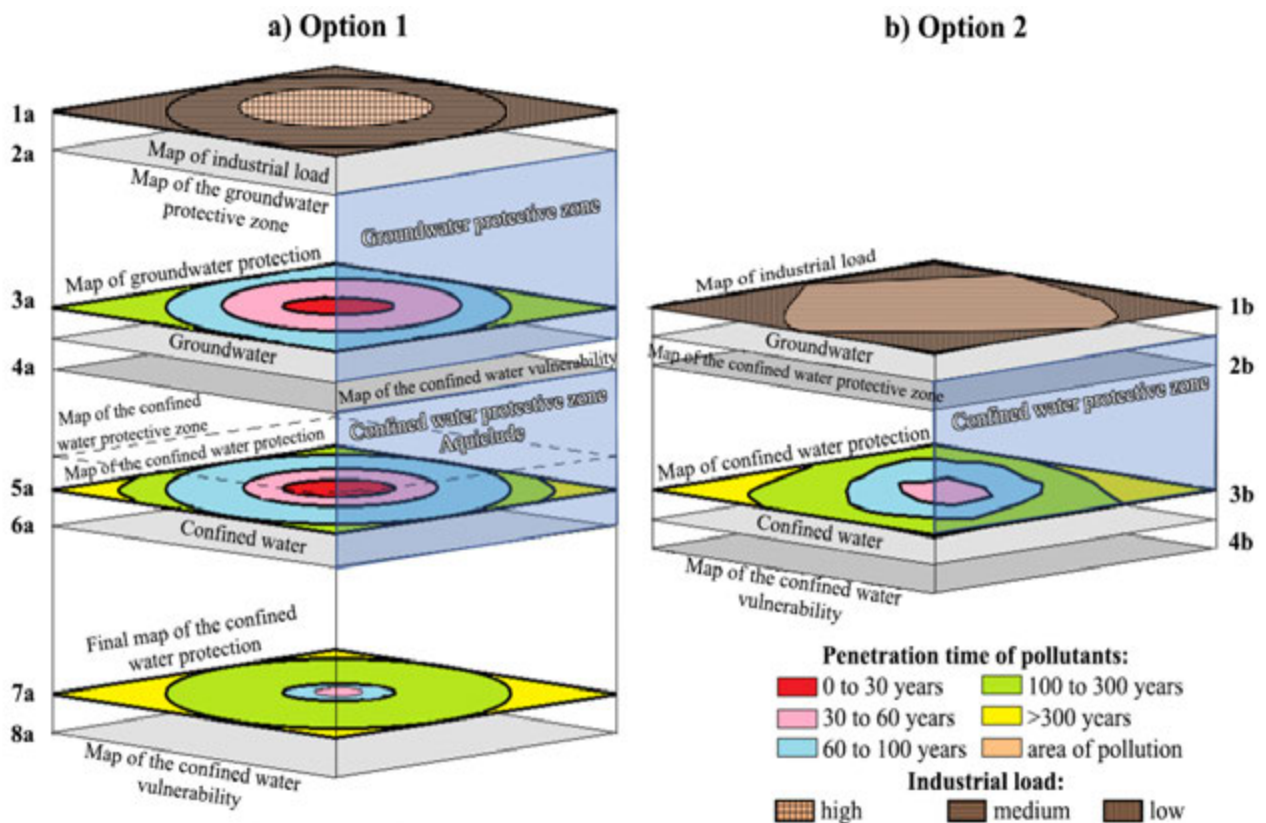


Fig. 6. Scheme of two options of the comprehensive methodology for assessing the groundwater protection from pollution and their vulnerability to it.

Specificity of the complex assessment of the groundwater and subterranean confined waters protection from pollution and their vulnerability to it. The first option of the aforementioned complex assessment is intended to be used for any type of pollution, rather than for our case exclusively. Therefore, we assessed the protection of subterranean waters of the confined aquifer

from contamination by neutral, weakly and strongly sorbed pollutants, with different coefficients of distribution and recharge values (according to steps 5 and 6 of the first option of our methodology).

If the data on the pollutants penetration times are evaluated (Tables 7, 8), it can be seen that the penetration times can be less than 300 years at K_p being lower than 10 l/kg, which is typical for poorly sorbed pollutants. The period of 300 years determines 10 half-lives of the main radionuclides in the radioactive trace and is limiting when the protection is assessed. In that case it is necessary to estimate protection and vulnerability according to all stages of the first option, as well as the second option. If the pollutant is not a radionuclide, and especially if it is a neutral pollutant, then the intensity scale of the industrial load can be changed relative to other constraints, such as the operation time of water intake. But if the pollutant is a strongly sorbed substance with K_p higher than 10 l/kg, then we can skip the last two steps of the first option, as shown above, but follow every step of the second option, and, if the pollutant is not a radionuclide, the scale of industrial load can be changed as well.

Table 8. Penetration time of a poorly sorbed substance through the aquiclude.

W (m/year)	M (m)	K_p (l/kg)	t_3 (year) – second term of equation (3)	t_H (year) – first term of equation (3)	$t_3 + t_H$ (year)
0.01	1	0.5	18	3	21
0.025	1	0.5	7	1	8
0.01	5	0.5	90	3	93
0.025	5	0.5	36	1	37
0.01	10	0.5	180	26	206
0.025	10	0.5	70	26	96
0.01	30	0.5	540	78	618
0.025	30	0.5	210	78	288
0.01	1	1	36	3	39
0.025	1	1	14	1	15
0.01	5	1	180	13	193
0.025	5	1	70	7	77
0.01	10	1	360	26	386
0.025	10	1	140	26	166
0.01	30	1	1080	78	1158
0.025	30	1	420	78	498
0.01	1	3	108	3	111
0.025	1	3	42	1	43
0.01	5	3	540	13	553
0.025	5	3	210	7	217
0.01	10	3	1080	26	1106
0.025	10	3	420	26	496
0.01	30	3	3200	78	3278
0.025	30	3	1216	78	1294

It should be also noted that the calculation of radionuclides penetration time takes into account their lifespan, which is 300 years both for ^{90}Sr and ^{137}Cs . Any higher time value is not applicable for them. The change in their surface fallout that happens with each half-life period is not taken into

account, because the calculation is carried out for a certain period, or, in our case, for the period after the Chernobyl Accident. However, if other pollutants with high K_p are estimated, then all lifespans exceeding 300 years are taken into account.

Every assessment we mentioned before were carried out using the model-cartographic method; calculations and mapping were carried out using the analytical method according to the our equation and methodology (Belousova, 2001, 2003, 2005, 2012, 2019; Belousova et al., 2006, 2019; Belousova, Rudenko, 2020; Rudenko, Belousova 2021). To estimate the adequacy of our results, a mathematical modeling of the migration processes was performed using the MT3D for various pollutants, from weakly sorbed to strongly sorbed radioactive ones, as well as non-radioactive ones (Belousova, Rudenko, 2021a, 2021b). The modeling was carried according to the second option (Fig. 6b), for various scenarios, instead of the real ones, because there is no data on the latter. When comparing the results of modeling the pollutant migration processes according to various scenarios, we can note the following features.

The strongly sorbed pollutants significantly decrease in the first layer (groundwater) by the 300-year period, as well as their accumulation in the aquiclude; two lenses of polluted water form in the third layer.

The strongly sorbed pollutants with radioactive decay follow a different scenario. By the 300-year period there are some traces of pollution left in groundwater and aquiclude, while in confined waters their concentration is $0.027 - 3 \cdot 10^{-20}$ MAC.

Poorly sorbed pollutants migrate with higher intensity, and by the 300-year period only an insignificant amount of about 0-2.0 MAC is left in groundwater, while the same amount accumulates in the aquiclude; one lens of polluted water forms in confined waters.

The main factors that form the migration processes of pollutants are as follows: their radioactive decay; their sorption properties (the higher K_p is, the slower the pollutant will get into the confined subterranean waters, but the time factor reduces their chances to remain uncontaminated); the hydrodispersion of subterranean water flows, which depends on the geological and hydrogeological conditions of the study area.

Thus, the aquiclude is highly important for the pollutants migration from groundwater to confined water. It protects the latter from surface pollution and from contaminated groundwater, while being a potential source of pollution for confined subterranean waters.

The data that we obtained using the model-cartographic method (Table 7) do not contradict the modeling data (Belousova, Rudenko, 2021a 2021b), although they are still different. According to the first method, the difference is the time of pollutant penetration; according to the second one, it is the concentration of pollutants. The data on the migration of strongly sorbed pollutants with decay shows that their concentrations exceed any possible values and are equal to $0.027 - 3 \cdot 10^{-20}$ MAC in the third layer, i.e. confined subterranean waters (Belousova, Rudenko, 2021a 2021b). The migration time of ^{137}Cs is also extremely long, being more than 300 years, which indicates that the confined waters will not be contaminated by this radionuclide during its lifespan (300 years) (Belousova, Rudenko, 2021a 2021b).

The complex assessment of the protection and vulnerability of groundwater and pressure subterranean waters makes it possible to make preliminary calculations and predict the changes in the ecology of groundwater and pressure subterranean waters at any given moment or time intervals, depending on the particular task. For example, it can be used for assessment of radionuclides pollution up to 300 years, with a step of 30 years (for other pollutants these periods may vary). Besides, it can provide forecasts for ecological changes under climate change. In this methodology only the average annual amount of precipitation is responsible for the climate, affecting such a hydrogeological parameter as infiltration feeding or W , as well as the groundwater flow from one aquifer to another, associated with W .

This problem can be easily solved using our unified method for assessing the groundwater protection from pollution (Belousova, Rudenko, 2018), which allows to make many assessments of protection at various values of infiltration recharge, or values of coefficients of sorption distribution, or while changing both values at once. Therefore, we can consider many scenarios of climate change and give a preliminary assessment of ecological changes of subterranean waters, whenever they are contaminated with various pollutants. Modern GIS-technologies make it easy to compile a large amount of maps of the groundwater and pressure subterranean waters protection and vulnerability under the climate change and the chemical composition of pollutants.

Recommendations on the application of a complex methodology for assessing the protection of ground and pressure subterranean waters from pollution and their vulnerability to it. This complex methodology was developed for preliminary forecasting of changes in the ecological state of groundwater and pressure subterranean waters, and therefore needs some recommendations for its further application.

1) This methodology should be used for routine and standard hydrogeological studies of objects and territories (including the radioactive trace from the Chernobyl Accident), where groundwater contamination is possible.

2) It should be used at the preliminary stages in the design of facilities that may pose a risk of environmental pollution, such as nuclear power plants and chemical, basic, oil, agriculture and other enterprises.

3) It should be used to design the fresh subterranean water intakes.

4) It should be used to design the structure of groundwater monitoring for all of the aforementioned enterprises and objects.

The scientific and practical efficiency of this methodology increases significantly if it is applied in its unified form, which is especially important under the modern climate change, the forecasts of which are not highly reliable these days. The methodology makes it possible to estimate in advance and then compile a large amount of maps of subterranean waters protection from pollution and their vulnerability to it for various climate scenarios (taking into account the changing values of W), for conditions of pollution (for various K_p) and for both indices at once. Then from the numerous maps (or an album) some options can be chosen that match the current year best, according to the average annual precipitation in the study area and a specific pollutant. This will increase the efficiency of environmental protection measures in case of emergencies at the study sites.

Conclusions

The developed complex methodology for assessing the protection and vulnerability of groundwater and confined groundwater offers two approaches. The first one is used when the source of pollution is located on the ground, while the second one is used when the pollution source is located in the groundwater or when the pollution is spread over a large area. This methodology has a number of advantages and can be widely applied for the environmental and hydrogeological researches. Its distinguishing features are listed below.

1) The previously developed methodology can be used as a complex methodology for confined groundwater, with the exception of some features, such as the differences in the compilation of the maps of the protection zone and restrictions in the compilation of the final map, as well as the corresponding map of vulnerability that is based according on the first approach (Fig. 3a) and is used for radioactive substances with $K_p > 6$ l/kg, since the higher values protect the confined water throughout the entire territory for the entire lifetime of ^{137}Cs . Besides, we studied the properties of the aquiclude that separates these soil horizons. We found out that the lithological structure and the nature of pollution can determine whether it is impermeable, slightly permeable or quite permeable

for pollutants, as well as if it can become a potential source of pollution for confined waters.

2) This methodology can be applied for any cases of contamination with neutral, weakly sorbed and strongly sorbed pollutants, with/without radioactive decay.

3) Its effectiveness increases when using its unified version, especially when using it for environmental problems under the climate change and for groundwater contamination with various pollutants.

4) It is a preliminary forecast of the changes in the ecology of the studied objects, especially for the object of this article, studied in the radioactive trace of the Chernobyl Accident, when the theory suggests that each half-life of a radionuclide (i.e. 30 years for ^{137}Cs) its fallout density decreases two times, while its life span is limited to ten half-lives (300 years).

5) It is advised to use the said methodology for environmental hydrogeological studies in the polluted areas, such as the Chernobyl trace, for designing the environmentally hazardous industrial and agricultural facilities, for designing the intakes of fresh underground water and for environmental monitoring.

Funding. This study was carried out as part of the scientific project of the Russian Foundation for Basic Research No. 20-55-S52003 and the State Order No FMWZ-2022-0002 “Researches of Geocological Processes in the Hydrological Land Systems, Formation of the Quality of Surface and Ground Waters, Problems of Water Resources Management and Water use under the Climate Change and Anthropogenic Impacts”.

REFERENCES

1. Белоусова А.П. 2001. Качество подземных вод. Современные подходы к оценке. М.: Наука. 340 с.
2. 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.
3. 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.
4. Белоусова А.П. 2012. Оценка защищенности подземных вод от загрязнения радионуклидами // Вода: химия, экология. № 5. С. 11-17.
5. Белоусова А.П., Гавич И.К., Лисенков А.Б., Попов Е.В. 2006. Экологическая гидрогеология: учебник для вузов. М.:

REFERENCES

1. Belousova AP. Groundwater quality. Modern approaches to evaluation [*Kachestvo podzemnykh vod. Sovremennyye podkhody k otsenke*]. Moscow: Nauka, 2001:340.
2. Belousova AP. Basic principles and recommendations for assessing and mapping the protection of groundwater from pollution [*Osnovnyye printsipy i rekomendatsii po otsenke i kartirovaniyu zashchishchennosti podzemnykh vod ot zagryazneniya*]. *Water Resources [Vodnyye resursy]*. 2003;30 (6):677-677.
3. Belousova AP. Groundwater resources and their protection from pollution in the Dnieper River Basin and its individual areas: Russian territory [*Resursy podzemnykh vod i ikh zashchishchennost' ot zagryazneniya v basseyne reki Dnepr i otdel'nykh yego oblastyakh: Rossiyskaya territoriya*]. Moscow: LENAND, 2005:168.
4. Belousova AP. Assessment of groundwater protection from radionuclide pollution [*Otsenka zashchishchennosti podzemnykh vod ot zagryazneniya radionuklidami*]. *Water: Chemistry, Ecology [Voda: khimiya, ekologiya]*. 2012;5:11-17.
5. Belousova AP, Gavich IK, Lisenkov AB, Popov EV. Ecological hydrogeology: a textbook for

- ИКЦ Академкнига. 397 с.
6. Белоусова А.П., Руденко Е.Э. 2018. Особенности унифицированной методики оценки защищенности подземных вод от загрязнения // Недропользование XXI век. № 2 (71). С. 154-161.
 7. Belousova A.P., Rudenko E.E. 2019. Basic Environmental-Hydrogeological Studies in the Territory of European Russia Affected by Chernobyl Accident // Water Resources. Vol. 46. No. 4. Pp. 571-581.
 8. Белоусова А.П., Руденко Е.Э. 2020. Трансформация уязвимости грунтовых вод к радиоактивному загрязнению в зоне Чернобыльского следа на территории Калужской области // Экосистемы: экология и динамика. Т. 4. № 1. С. 18-103. [Электронный ресурс <http://ecosystemsdynamic.ru/transformatsiya-uyazvimosti-gruntovykh-vod-k-radioaktivnomu-zagryazneniyu-v-zone-chernobylskogo-sleda-na-territorii-kaluzhskoj-oblasti/> (дата обращения 1.03.2022)].
 9. Белоусова А.П., Руденко Е.Э. 2021а. Моделирование процессов перетекания загрязненных грунтовых вод в напорные в лесных экосистемах на примере Калужской области в зоне радиоактивного следа // Экосистемы: экология и динамика. Т. 5. № 3. С. 147-182.
 10. Белоусова А.П., Руденко Е.Э. 2021б. Оценка условий проникновения загрязняющих веществ, включая радионуклиды, в напорные подземные воды // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. № 3 (159). С. 18-31.
 11. Биндеман Н.Н. 1963. Оценка эксплуатационных запасов университетов [Ekologicheskaya gidrogeologiya: uchebnyk dlya vuzov]. Moscow: IKTS Akademkniga, 2006:397.
 6. Belousova AP, Rudenko EE. Features of a unified methodology for assessing the protection of groundwater from pollution [Osobennosti unifitsirovannoy metodiki otsenki zashchishchennosti podzemnykh vod ot zagryazneniya]. *Subsoil Use XXI Century [Nedropol'zovaniye XXI vek]*. 2018;2 (71):154-161.
 7. Belousova AP, Rudenko EE. Basic Environmental-Hydrogeological Studies in the Territory of European Russia Affected by Chernobyl Accident. *Water Resources*. 2019;46 (4):571-581.
 8. Belousova AP, Rudenko EE. Transformation of groundwater vulnerability to radioactive contamination in the Chernobyl trace zone in the Kaluga region [Transformatsiya uyazvimosti gruntovykh vod k radioaktivnomu zagryazneniyu v zone Chernobyl'skogo sleda na territorii Kaluzhskoy oblasti]. *Ecosystems: Ecology and Dynamics*. 2020;4 (1):18-103. Available at <http://ecosystemsdynamic.ru/transformatsiya-uyazvimosti-gruntovykh-vod-k-radioaktivnomu-zagryazneniyu-v-zone-chernobylskogo-sleda-na-territorii-kaluzhskoj-oblasti/> (Date of Access 01/03/2022).
 9. Belousova AP, Rudenko EE. Modeling the processes of overflow of contaminated groundwater into confined water in forest ecosystems on the example of the Kaluga region in the zone of radioactive trace [Modelirovaniye protsessov peretekaniya zagryaznennykh gruntovykh vod v napornyye v lesnykh ekosistemakh na primere Kaluzhskoy oblasti v zone radioaktivnogo sleda]. *Ecosystems: Ecology and Dynamics*. 2021a;5 (3):147-182.
 10. Belousova AP, Rudenko EE. Evaluation of the conditions for the penetration of pollutants, including radionuclides, into confined groundwater [Otsenka usloviy proniknoveniya zagryaznyayushchikh veshchestv, vklyuchaya radionuklidy, v napornyye podzemnyye vody]. *Vodoochistka. Water treatment. Water supply [Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzheniye]*. 2021b;3 (159):18-31.
 11. Bindeman NN. Estimation of operational reserves of underground waters [Otsenka

- подземных вод. М.: Госгеотехиздат. 203 с.
12. Геологическая карта СССР (четвертичных отложений). 1976-1980. Масштаб 1:200000. М.: Министерство геологии СССР. Листы N-36-B, N-36-D, N-37-A, N-37-C.
13. Гидрогеологическая карта СССР. 1972-1976. Масштаб 1:200000. Л.: Министерство геологии СССР, ВСЕГЕИ. Листы N-36-B, N-36-D, N-37-A, N-37-C.
14. Государственная почвенная карта СССР. 1953. Масштаб 1: 1000000. М.: АН СССР, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Главное управление геодезии и картографии МВД СССР. Лист О-37.
15. 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.
16. Руденко Е.Э., Белоусова А.П. 2020. Изменение уязвимости грунтовых вод к загрязнению радионуклидами после аварии на ЧАЭС на территории Калужской области // Сергеевские чтения: Геоэкологические аспекты реализации национального проекта «ЭКОЛОГИЯ» ДИАЛОГ ПОКОЛЕНИЙ». Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. М.: РУДН. С. 318-325.
12. Geological map of the USSR (Quaternary deposits) [*Geologicheskaya karta SSSR (chetvertichnykh otlozheniy)*]. Scale 1:200 000. Moscow: Ministerstvo geologii SSSR, 1976-1980:N-36-B, N-36-D, N-37-A, N-37-C.
13. Hydrogeological map of the USSR [*Gidrogeologicheskaya karta SSSR*]. Scale 1:200 000. Leningrad: Ministerstvo geologii SSSR, VSEGEI, 1972-1976:N-36-B, N-36-D, N-37-A, N-37-C.
14. State Soil Map of the USSR [*Gosudarstvennaya pochvennaya karta SSSR*]. Scale 1: 1 000 000. Moscow: Academy of Sciences of the USSR, V.V. AN SSSR, Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchayeva, Glavnoye upravleniye geodezii i kartografii MVD SSSR, 1953:O-37.
15. Map of radioactive contamination of the European part and the Ural region of Russia by cesium-137 as of January 1993 [*Karta radioaktivnogo zagryazneniya Yevropeyskoy chasti i Ural'skogo regiona Rossii tseziyem-137 po sostoyaniyu na yanvar' 1993 goda*]. Scale 1:500000 / eds. Yu.A. Israel, I.M. Nazarov, Sh.D. Friedman. Moscow: Rosgidromet, IGKE, IPG, NPO "Tayfun", VNISKHM, GMP "Ramon", GNTP "Aerogeofizika", Nevskgeologiya, GGP "Sevzapgeologiya", PGO "Kazgeofizika", 1995:22.
16. Rudenko EE, Belousova AP. Changes in the vulnerability of groundwater to contamination with radionuclides after the Chernobyl accident in the territory of the Kaluga region [*Izmeneniye uyazvimosti gruntovykh vod k zagryazneniyu radionuklidami posle avarii na CHAES na territorii Kaluzhskoy oblasti*]. *Sergeev Proc.: Geocological aspects of the implementation of the national project "Ecology. Dialogue of generations" [Sergeyevskiye chteniya: Geoekologicheskkiye aspekty realizatsii natsional'nogo proyekta "Ekologiya. Dialog pokoleniy"]*. Materials of the annual session of the Scientific Council of the Russian Academy of Sciences on problems of geoecology, engineering geology and hydrogeology [*Materialy godichnoy sessii Nauchnogo soveta RAN po problemam geoekologii, inzhenernoy geologii i gidrogeologii*]. Moscow: RUDN, 2020:318-325.

УДК 556.383/388:504(571.1)

**КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ
И УЯЗВИМОСТИ ГРУНТОВЫХ И НАПОРНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД
ОТ РАЗЛИЧНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ И ЕЕ АПРОБАЦИЯ
НА ЧАСТИ ТЕРРИТОРИИ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ В ЗОНЕ
РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА ОТ АВАРИИ НА ЧАЭС**

© 2022 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 03.04.2022. После доработки 03.05.2022. Принята к публикации 01.06.2022.

Объектом научных исследований являются грунтовые и напорные подземные воды на части территории Калужской области, наиболее пострадавшей от аварии на Чернобыльской атомной станции (ЧАЭС). Целью исследований была разработка комплексной методики для оценки защищенности и уязвимости грунтовых и напорных подземных вод к загрязнению различными веществами, включая радионуклиды. Методика была впоследствии опробована в Калужской области – в зоне радиоактивного следа от аварии на ЧАЭС.

Ранее проведенные нами исследования по оценке защищенности и уязвимости подземных вод, начавшиеся практически сразу после аварии и следовавшие оригинальной авторской методике, были полностью сконцентрированы на изучении только грунтовых вод, первом от поверхности земли водоносном горизонте. Настоящие исследования направлены на комплексное совместное изучение этой проблемы относительно грунтовых и напорных подземных вод, залегающих ниже грунтового водоносного горизонта.

В зависимости от расположения источника загрязнения подземных вод рассмотрено два подхода для решения поставленной задачи. Первый предполагает размещение источника загрязнения на поверхности почв, как это наблюдалось после аварии на ЧАЭС. Второй вариант предполагает размещение источника загрязнения в грунтовых водах или их площадное загрязнение; в этом случае количество объектов изучения уменьшается, и он становится частным случаем первого подхода.

Результаты научных исследований и предложенная методика могут быть использованы при оценке экологического состояния подземных вод на различных территориях страны в различных масштабах; при проектировании и строительстве водозаборов пресных питьевых подземных вод; при проектировании и организации мониторинга за подземными водами в районах, пострадавших от аварии на ЧАЭС. Результаты исследований являются новыми и значимыми для дальнейших работ.

Ключевые слова: грунтовые воды, подземные напорные воды, загрязняющие вещества, защищенность и уязвимость подземных вод от загрязнения, радионуклиды, сорбция, время миграции.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-2-99-122

EDN: CFVOIW

МЕТОДЫ ПОДДЕРЖАНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ
И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 556.5.01

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ПРОЕКТ ПО ТРАНСГРАНИЧНЫМ РЕКАМ
«ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СТОК – ОСНОВА СОХРАНЕНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

© 2022 г. В.Г. Дубинина

*Центральное Управление по рыбохозяйственной экспертизе и нормативам по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и акклиматизации
Россия, 125009, г. Москва, Большой Кисловский пер., д. 10, стр. 1. E-mail: vgdu@mail.ru*

Поступила в редакцию 01.04.2022. После доработки 10.04.2022. Принята к публикации 01.05.2022.

Работа выполнена в рамках проекта «Аналитическое исследование на тему «Экологический сток – основа сохранения экологической системы» по линии Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (1992 г), принятой под эгидой Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН). Исполнителем данного Проекта является ТОО «Казахстанское Агентство Прикладной Экологии» (далее – КАПЭ) при взаимодействии с Секретариатом Конвенции по трансграничным водам. В Проекте участвовали страны Центральной Азии. Статья посвящена обзору особенностей управления трансграничными водными объектами Центральной Азии и фокусируется на рассмотрении проблемы учета экологического стока, важного для сохранения их экосистем. Описаны методические подходы определения объема допустимого безвозвратного изъятия и установления экологического стока (попуска), сформулированные российскими и казахстанскими участниками и охарактеризованы исследования, выполненные участниками проекта на трансграничных реках в их странах. На основе полученных результатов сформулированы рекомендации по сохранению и восстановлению водных экосистем трансграничных рек.

Ключевые слова: межправительственные соглашения, трансграничные реки, деление водных ресурсов, экологический сток, допустимое безвозвратное изъятие стока, сохранение водных экосистем.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-2-123-133

EDN: GBSRTJ

Автор статьи представляла Российскую Федерацию в качестве национального эксперта в проекте «Экологический сток – основа сохранения экологической системы». Проект был реализован в 2019-2020 гг. при поддержке правительства Казахстана при взаимодействии с секретариатом Конвенции по трансграничным водам, направленной на разработку предложений по составлению «Руководства по справедливому и устойчивому распределению водных ресурсов в трансграничном контексте». В проекте участвовали такие страны (Регионы) Центральной Азии, как Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан, а также Афганистан, Иран, Китайская Народная Республика, Монголия и Российская Федерация. В рамках исследования Казахстан, как председатель Конвенции по трансграничным водотокам и водоемам Европейской экономической комиссии ООН, был намерен вынести на обсуждение две методики по обоснованию экологического стока и допустимых объемов безвозвратного изъятия речного стока: российскую и казахстанскую (Бурлибаев, Бурлибаева, 2020).

Современные подходы к трансграничному водному сотрудничеству в Российской Федерации

Задачи оптимизации и эффективного распределения речного стока важны особенно при недостатке водных ресурсов, при которых обостряются противоречия между отраслями экономики и экологическими требованиями реки и принимающего ее сток водного объекта. Между государствами деление воды еще сложнее. Правовой основой региональных водных отношений являются двусторонние и многосторонние соглашения, учитывающие нормы международного водного права и специфику межгосударственных отношений в регионе, национальные правовые требования, потребности и интересы государств.

Российская Федерация граничит на суше с 14 государствами. Из общей протяженности границы, которая составляет 60933 км, 7141 км проходит по рекам, 475 км – по озерам, а 38807 км – по морям. Общее количество трансграничных водных объектов превышает тысячу, из которых 70 рек являются крупными и средними (Государственный доклад, 2018).

В настоящее время Российская Федерация имеет 10 международных соглашений с сопредельными государствами по использованию и охране трансграничных вод, в их числе двусторонние с Финляндией, Эстонией, Украиной, Белоруссией, Азербайджаном, Абхазией, Казахстаном, Монголией, Китаем и трехсторонние с Норвегией и Финляндией. Для организации работ по выполнению соглашений созданы совместные комиссии, но в соглашениях не прописаны нормативы экологического стока. В то же время, признавая общность и единство водных ресурсов трансграничных водных объектов, стороны сотрудничают в духе равноправия и партнерства в целях сохранения, защиты и восстановления этих ресурсов. За исключением международных соглашений в настоящее время в Российской Федерации отсутствуют нормативно-методические документы, экономические механизмы по распределению водных ресурсов в трансграничном контексте.

В 1992 году Российская Федерация подписала Конвенцию Евразийской экономической комиссии ООН по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер.

Состояние нормативно-правовой базы для определения и реализации экологического стока (попуска) в Российской Федерации

Нормативы допустимого воздействия на водные объекты (НДВ) являются основой нормирования антропогенного воздействия на водные объекты. Задача НДВ – поддержание поверхностных и подземных вод в состоянии, соответствующем требованиям российского законодательства.

Нормативы допустимого воздействия, в т.ч. нормативы допустимого безвозвратного изъятия водных ресурсов, рассчитаны для трансграничных бассейнов рек Западная Двина, Неман и Преголя, Днепр, Терек, Урал, Селенга, Иртыш, Амур. Анализ показал, что действующие до конца 2029 и 2030 гг. нормативы допустимого воздействия на водные ресурсы рассчитаны исключительно для российской части бассейнов трансграничных рек. В них не приведена общая величина допустимого изъятия стока из всего речного бассейна, что затрудняет оценку адекватности выполненных расчетов. При этом, согласно «Методическим указаниям по нормированию» (Дубинина и др., 2008), величину безвозвратного изъятия водных ресурсов следует рассчитывать вплоть до замыкающего створа, независимо от его географического расположения, в т.ч. в случае расположения замыкающего створа на территории другого государства. Эту работу следует продолжить в рамках международных соглашений и разработки совместных Схем использования и охраны водных ресурсов водных объектов (СКИОВО), которые являются основой

водохозяйственного плана.

Деление водных ресурсов в трансграничном контексте должно осуществляться на основе совместно разработанной СКИОВО, утвержденной ответственными органами граничащих стран, разрабатывающих Схему. Прежде всего, следует разработать и утвердить на правительственном уровне методические указания по разработке схем комплексного использования и охраны трансграничных водных объектов.

Схемы позволяют координировать планы использования и охраны водных ресурсов, потребности водопользователей с учетом санитарно-экологических стоков и дефицита водных ресурсов между участниками водохозяйственного комплекса, учета режима работы водохранилищ и других аспектов водопользования. Показатели отраслевого и территориального водопользования, установленные в СКИОВО, в дальнейшем служат основой для подготовки договоров водопользования и решений о предоставлении водных объектов в пользование, а также при разработке правил использования водных ресурсов водохранилищ.

В рамках Схемы комплексного использования и охраны водных объектов рассчитывается водохозяйственный баланс. Он является итогом водохозяйственных расчетов, определяющих соотношение располагаемых водных ресурсов и расчетного водопотребления при современном и прогнозируемом уровне развития экономики. Расчет баланса выполняется с учетом соблюдения экологического стока на незарегулированных участках реки. Величина экологического стока устанавливается нормативами допустимого безвозвратного изъятия (забора) речного стока.

При расчете водохозяйственного баланса и делении водных ресурсов следует рассматривать и учитывать две группы потребителей: в первую очередь, здравоохранение и охрана природных ресурсов, во вторую – водопотребление и водопользование отраслями экономики (Руководство ..., 1974) Сохранение и восстановление водных экосистем должно быть ключевой составляющей при управлении водными ресурсами, а биологическая продуктивность – индикатором состояния водных экосистем. Поэтому приоритетом при водопользовании должна пользоваться первая группа. Как для первой, так и для второй группы деление производится с учетом допустимого объема безвозвратного изъятия стока и экологических стоков (попусков).

В действующем Федеральном законе «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002, статья 26, говорится о «нормативах допустимого изъятия компонентов природной среды – нормативы, установленные в соответствии с ограничениями объема изъятия в целях сохранения природных и природно-антропогенных объектов, обеспечения устойчивого функционирования естественных экологических систем и предотвращения их деградации». При этом подчеркнуто, что порядок их установления определяются законодательством о недрах, земельным, водным, лесным законодательством, законодательством о животном мире и иным законодательством в области охраны окружающей среды. Однако в действующем Водном кодексе РФ от 03.06.2006 № 74-ФЗ отсутствуют требования по установлению экологического стока и объема допустимого изъятия воды из водных объектов. Следует указать, что в предыдущей версии Водного кодекса (1995) были приведены требования к экологическим попускам, в статье 110: «Требования к экологическим попускам и нормированию предельно допустимого безвозвратного изъятия поверхностных вод».

Для поддержания состояния водных объектов, соответствующего экологическим требованиям, осуществляются сбросы воды из водохранилищ (экологические попуски) и устанавливается объем безвозвратного изъятия поверхностных вод.

Экологические попуски и объемы безвозвратного изъятия поверхностных вод для каждого водного объекта определяются федеральным органом исполнительной власти

управления использованием и охраной водного фонда совместно с федеральным органом исполнительной власти в области охраны окружающей природной среды в порядке, устанавливаемом Правительством Российской Федерации.

Удовлетворение потребностей водопользователей в водных ресурсах за счет экологического попуска не допускается».

Главным документом по управлению водохранилищами являются Правила использования водохранилищ, которые включают: Правила использования водных ресурсов водохранилищ и Правила технической эксплуатации и благоустройства водохранилищ. Они разрабатываются в соответствии с Методическими указаниями по разработке правил использования водохранилищ, которые были утверждены приказом Минприроды России № 17 от 26.01.2011. Использование водохранилищ предусматривает реализацию экологических требований к режимам расходов и уровней воды в нижнем и верхнем бьефах гидроузла рассматриваемого водохранилища. Однако в положениях Правил использования водных ресурсов водохранилищ отсутствует положение о необходимости установления экологических попусков.

В целях совершенствования государственного управления в области использования и охраны водных объектов необходимо внесение изменений в Водный кодекс РФ в части включения положений о необходимости определения объема допустимого безвозвратного изъятия речного стока (водных ресурсов) и экологических стоков (попусков), а также механизма их установления.

О методологии определения экологического стока (попуска)

Существующие в Российской Федерации и других странах рекомендации по резервированию в реках экологического стока основываются на разных принципах и не могут гарантировать экологическое благополучие речных систем. Анализ российских и зарубежных материалов показывает, что на данный момент не существует единых методических подходов к оценке допустимых объемов изъятия стока из водных объектов и установления экологических стоков, а также отсутствует единообразие в терминах. В связи с этим требуется разработка научно обоснованной стратегии в области использования и охраны водных ресурсов. Для этого необходимо установить пределы экологически допустимого безвозвратного изъятия поверхностного стока для бассейнов разных рек, учитывая также требования к водному стоку замыкающих водных объектов как конечных звеньев гидрографической сети бассейна.

По проблеме изъятия водных ресурсов установления экологического стока написано значительное количество публикаций. Обзор этих работ наиболее обстоятельно сделали Б.В. Фащевский (1989, 1996) и В.Г. Дубинина (2001). Они же предложили в наиболее законченном виде методические подходы к определению допустимого изъятия речного стока по условиям функционирования водных экосистем.

Предложенная Б.В. Фащевским (1989, 1996) процедура расчета экологического стока основана на использовании так называемых гомеостатических кривых (динамики численности организмов планктона и бентоса, воспроизводства рыбных запасов, динамики численности околоводных млекопитающих и птиц, кривых урожайности пойменных лугов и т.д.), полученных для основных рек страны. На основе анализа этих кривых обеспеченности речного стока сделан вывод, что по мере приближения к среднему по водности году количество водных и околоводных организмов нарастает и достигает максимума. В связи с этим верхний предел экологического стока (обеспеченность – 25%) может быть описан гидрографом естественного стока реки с обеспеченностью 50%. Нижний предел экологического попуска (обеспеченность – 95%) описывается гидрографом

естественного стока с 99% обеспеченностью, т.е. с вековыми запасами водных ресурсов в речной системе. Эти кривые ограничивают диапазон расчетных значений экологического стока реки. Лежащее в основе метода положение о том, что по мере приближения к среднему по водности году воспроизводство всех организмов увеличивается и достигает максимума, с нашей точки зрения, недостаточно обоснованно. Результаты исследований (Дубинина, 1973; Бронфман и др., 1979; Павлов и др., 1989; Козлитина и др., 1998; Катунин и др., 2013) показали, что для рек важного рыбохозяйственного значения оптимум воспроизводства рыб приходится на годы с 25-40% обеспеченностью стока. В практике применения данного метода безвозвратное изъятие речного стока зачастую составляет 30% и более. Столь значительная величина вряд ли может обеспечить устойчивость системы, потому что для большинства рек может быть критической, а не экологически допустимой. Метод Б.В. Фащевского может быть рекомендован в качестве экспертной оценки для участков рек с низкой биологической продуктивностью и малых рек при отсутствии материалов фактических наблюдений и надежных зависимостей, а также экологически значимых гидрологических и биологических данных, необходимых для использования других методов.

Выполненная в рамках проекта с Казахстаном «Экологический сток – основа сохранения экологической системы» работа свидетельствует, что в Казахстане располагают методом определения экологического стока ниже гидроузлов и водозаборов, который полностью базируется на методике Б.В. Фащевского. С нашей точки зрения, по изложенным выше причинам, данная методика требует доработки. Согласно расчетам из Казахстана, в качестве примера экологического стока на р. Урал (в нижнем течении она носит название Жайык) по предложенной методике в рамках данного проекта допустимая величина безвозвратного изъятия стока в устьевой части составила более 30% от среднегодовой величины стока, что недопустимо с позиции сохранения водных экосистем. Последняя версия «Методики» опубликована в журнале «Водное хозяйство» (Бурлибаев, 2020).

Согласно материалам проекта, в Китайской народной республике начали использовать понятие «экологический сток» с 2015 года в «Плане действий по предотвращению и контролю загрязнения воды». Китай планировал создать систему мониторинга экологического стока к концу 2020 года и всесторонне реализовать меры по управлению экологическим стоком к 2025 году. Однако этот план применяется только к внутренним водотокам, а не к трансграничным рекам, поскольку считается, что экологические потоки трансграничных рек должны определяться прибрежными государствами. Основная цель экологических стоков основных рек и озер на примере бассейна реки Хуай – сохранить их экологический базовый сток. Экологический базовый сток означает минимум нижнего предельного расхода (количество воды, уровень воды и глубина воды), который необходимо поддерживать для существования экосистемы реки и озера. Предлагается поддерживать около 5-10% среднегодового стока, что обеспечивает требуемую ширину реки, ее глубину и скорость течения, чтобы удовлетворить общие требования «для рыбной ловли, туризма и ландшафта».

Другие страны не представили методические подходы к установлению объема безвозвратного изъятия поверхностного и экологического стока. Характеристики оставляемого в реках стока в целом по странам СНГ не регламентируются, но в ряде республик приняты ведомственные ограничения, не имеющие экологического обоснования. Также используются базовые условия и процедуры межреспубликанского распределения водных ресурсов, которые действовали до распада СССР в 1991 г.

В Российской Федерации в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации № 881 от 30.10.2006 «О порядке утверждения нормативов допустимого

воздействия на водные объекты» (Собрание законодательства Российской Федерации 2007 г., № 4, с. 510) и в целях усовершенствования Приложения Г «Методических указаний по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты» (утверждены Приказом Министерства природных ресурсов России № 328 от 12.12.2007, зарегистрированы Министерством юстиции России № 10974 от 23.01.2008) разработан проект «Методических указаний по нормированию допустимого безвозвратного изъятия речного стока и установлению экологического стока (попуска)» (Дубинина и др., 2008). При сохранении основных принципов был принят ряд предложений по совершенствованию методических подходов. В частности, допустимое безвозвратное изъятие речного стока в годы различной водности принимается с учетом корректирующего коэффициента пропорциональности. Упразднен расчет стока базового года, т.е. минимальный сток, начиная с которого можно вести изъятие стока в установленном объеме. Внесена редакция в некоторые формулировки. В дальнейшем работа опубликована в журнале «Водное хозяйство России» (Дубинина и др., 2009).

Принятой в России единой методологической основой для установления безвозвратного изъятия речного стока и установления экологического стока и экологического попуска является научно обоснованный принцип устойчивого функционирования водных и околосредовых экосистем и сохранение условий естественного размножения организмов, при котором сохраняется их структурно-функциональная организация и способность к саморегуляции и самовосстановлению (Дубинина, 2001; Пастухова и др., 1991).

При определении объема допустимого безвозвратного изъятия водных ресурсов следует проводить расчет сначала в целом для бассейна по замыкающему створу главной реки, а затем – по отдельным участкам в соответствии с гидрографическим и/или водохозяйственным районированием. Это касается всех водных объектов, включая трансграничные.

1. Величина безвозвратного изъятия экологического стока (попуска) должна определяться по гидрологическим условиям, критическим для воспроизводства организмов и функционирования экосистем. При расходах и объемах воды, которые близки и ниже критических, происходит резкое ухудшение естественного размножения ценных, промысловых и прочих рыб и других гидробионтов, околосредовых животных и растений, нарушается процесс руслоформирования. В естественных условиях критические гидрологические условия создаются в основном в маловодные годы и периоды.

2. Объем и расход воды, соответствующие критическому состоянию водных экосистем, должны определяться на основе анализа связей естественных (восстановленных) гидрологических характеристик реки с продуктивностью водных экосистем или с характеризующими ее косвенными показателями. Для малых рек и притоков главной реки, по которым отсутствует информация для построения связей влияния гидрологического режима на состояние водных и околосредовых экосистем, за величину критического стока принимается объем восстановленного стока в годы 97%-ной обеспеченности. Такой объем стока сохраняет минимально допустимые условия функционирования речной экосистемы.

3. Водные и околосредовые системы могут функционировать при эпизодических снижениях объема стока ниже критического, однако систематическое снижение объемов стока и нарушение естественного гидрологического режима рек может привести к деградации экосистем. Поэтому расчетная величина допустимого изъятия стока должна обеспечить сохранение колебаний стока, максимально приближенных к естественным условиям, т.е. не выходящих за пределы естественных многолетних колебаний.

4. Допустимое изъятие поверхностных водных ресурсов не должно превышать 20% его объема.

В «Методических указаниях по нормированию» приводятся общий алгоритм расчета и

примеры определения объемов допустимого безвозвратного изъятия речного стока и экологического стока и экологического попуска.

В связи с пересмотром «Методических указаний по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты» по поручению Федерального агентства водных ресурсов в январе 2021 г. ФГБУ «Центральное Управление по рыбохозяйственной экспертизе и нормативам по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и акклиматизации» направило предложения по актуализации проекта «Методических указаний по нормированию допустимого безвозвратного изъятия речного стока и установлению экологического стока (попуска)» (Дубинина и др., 2021, Дубинина и др., 2022).

Методические подходы по установлению экологического стока в Казахстане, Китае и России были доложены на Региональном совещании по распределению водных ресурсов и оценке экологического стока в трансграничном контексте в Казахстане, 22-23 сентября 2020 г., однако оценка и предложения по выработке общих позиций к их разработке на совещании не прозвучали. Исполнитель Проекта ТОО «Казахстанское Агентство Прикладной Экологии» не ознакомила его участников с выводами и итогом работы, направленным Министерству экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан для передачи в Секретариат Конвенции по трансграничным водам Европейской экономической комиссии ООН.

Основные рекомендации национального эксперта от РФ по сохранению и восстановлению водных экосистем трансграничных рек

1. В «Международных соглашениях с сопредельными государствами по использованию и охране трансграничных вод» необходимо прописать установление объемов допустимого безвозврат изъятия речного стока и экологического стока (попуска) по многолетним естественным (восстановленным) рядам водного стока, с его внутригодовым распределением для лет со стоком различной обеспеченности.

2. Деление водных ресурсов и установление экологического стока (попуска) в трансграничном контексте должно осуществляться на основе совместно разработанных СКИОВО, утвержденных ответственными органами граничащих стран, которые их разрабатывают. Предварительно следует разработать и утвердить на правительственном уровне «Методические указания по разработке схем комплексного использования и охраны трансграничных водных объектов». Принятие оперативных решений по делению воды осуществляется с учетом водохозяйственной обстановки, складывающейся в бассейне реки, прогнозных данных прохождения половодья или паводка, а также гидрометеорологического режима трансграничных рек.

3. Представленные Казахстанской Республикой и Российской Федерацией методики по обоснованию экологического стока и допустимых объемов безвозвратного изъятия речного стока следует вынести на обсуждение на совместное заседание государственного уровня.

4. В большинстве речных бассейнов экологический сток (попуск) не реализуется на практике, что приводит к ухудшению состояния водных экосистем. Основные причины заключаются в отсутствии законодательных требований, трудности оценки ущерба, причиненного водным биоресурсам, и недостаточный интерес сторон в реализации экологического стока и попусков.

5. Необходимо законодательно закрепить установление допустимого безвозвратного изъятия поверхностного стока и экологических стоков (попусков), а также контроль над их реализацией.

Заключение

Очень важно, чтобы Секретариат Конвенции по трансграничным водам Европейской

экономической комиссии ООН поддержал необходимость внедрения системы для нормирования допустимого безвозвратного изъятия речного стока и установления параметров экологического стока (попуска) в условиях различной водности, чтобы сохранять и восстанавливать водные и пойменные экосистемы трансграничных рек.

Для реализации этой задачи необходима общая позиция и согласованные подходы в разработке единых методик для установления объемов допустимого безвозвратного изъятия речного стока и экологического стока (попуска).

Одним из инструментов координации в планировании комплексного использования водных ресурсов (объектов) должны быть совместно разработанные СКИОВО в целом для бассейнов трансграничных рек.

В дальнейшем следует развивать потенциал взаимодействия стран по совершенствованию договорно-правовой базы и согласованных научно-методических принципов в области распределения водных ресурсов и оценки экологического стока в трансграничном контексте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. Бронфман А.М., Дубинина В.Г., Макарова Г.Д. 1979. Гидрологические и гидрохимические основы продуктивности Азовского моря. М: Пищевая промышленность. 288 с.
1. Bronfman AM, Dubinina VG, Makarova GD. Hydrological and hydrochemical foundations of the productivity of the Sea of Azov [*Gidrologicheskiye i gidrokhimicheskiye osnovy produktivnosti Azovskogo morya*]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost'. 1979:288.
2. Бурлибаев М.Ж., Бурлибаева Д.М. 2020. Концептуальные основы нормирования экологического и свободного стока рек Казахстана // Водное хозяйство России. № 5. С. 52-73.
2. Burlibaev MZh, Burlibaeva DM. Conceptual bases to regulate the ecological and free flow of Kazakhstan rivers [Kontseptual'nyye osnovy normirovaniya ekologicheskogo i svobodnogo stoka rek Kazakhstana]. *Water Management of Russia*. 2020;5:52-73.
3. Водный кодекс Российской Федерации от 16 ноября 1995 г. № 167-ФЗ (ВК РФ) с изменениями и дополнениями. (утратил силу)
3. Water Code of the Russian Federation [*Vodnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii*]. Issued on 16.11.1995, No. 167-FZ (VK RF), with amendments and additions (no longer valid).
4. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ.
4. Water Code of the Russian Federation [*Vodnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii*]. Issued on 03.06.2006, No. 74-FZ.
5. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году». 2018. М.: НИА-Природа. 298 с.
5. State report "On the State and Use of Water Resources of the Russian Federation in 2017". [*Gosudarstvennyy doklad "O sostoyanii i ispol'zovanii vodnykh resursov Rossiyskoy Federatsii v 2017 godu"*]. Moscow: NIA-Priroda, 2018:298.
6. Дубинина В.Г. 1973. Гидрологический режим пойменных нерестилищ Нижнего Дона и некоторые перспективы их рыбохозяйственного
6. Dubinina VG. Hydrological regime of the floodplain spawning grounds in the Lower Don and some prospects for their fishery use [*Gidrologicheskiy rezhim poymennykh nerestilishch Nizhnego Dona i nekotoryye perspektivy ikh rybokhozyaystvennogo ispol'zovaniya*]. *News of the North Caucasian Scientific Center of Higher Education*

- использования // Известия СКНЦВШ. Серия «Естественные науки». Вып. 1. С. 84-88.
7. Дубинина В.Г. 2001. Методические основы экологического нормирования безвозвратного изъятия речного стока и установления экологического стока (попуска). М.: Экономика и информатика. 118 с.
8. Дубинина В.Г., Косолапов А.Е., Коронкевич Н.И., Чебанов М.С. 2008. Методические указания по нормированию допустимого безвозвратного изъятия речного стока и установлению экологического стока (попуска) по Государственному контракту № М-08-18 от 16 мая 2008 г. М.: Федеральное государственное учреждение «Межведомственная икhtiологическая комиссия». 40 с.
9. Дубинина В.Г., Косолапов А.Е., Коронкевич Н.И., Чебанов М.С., Скачедуб Е.А. 2009. Методические подходы к экологическому нормированию безвозвратного изъятия речного стока и установлению экологического стока (попуска) // Водное хозяйство России. № 3. С. 26-61.
10. Дубинина В.Г., Косолапов А.Е., Коронкевич Н.И., Чебанов М.С., Никитина О.И. 2021. О методических указаниях по нормированию допустимого безвозвратного изъятия речного стока (попуска) и их актуализации // Трансграничные водные объекты: использование, управление, охрана: сборник материалов Всероссийской [Izvestiya SKNTsVSH]. Series "Natural Sciences" [Seriya "Yestestvennyye nauki"]. 1973;1:84-88.
7. Dubinina VG. Methodological bases of ecological regulation of the irretrievable withdrawal of river flow and establishment of ecological flow (discharge) [Metodicheskiye osnovy ekologicheskogo normirovaniya bezvozvratnogo iz'yatiya rechnogo stoka i ustanovleniya ekologicheskogo stoka (popuska)]. Moscow: Ekonomika i informatika, 2001:118.
8. Dubinina VG, Kosolapov AE, Koronkevich NI, Chebanov MS. Guidelines for the regulation of the permissible irretrievable withdrawal of river flow and establishment of ecological flow (discharge), issued under the State Contract No. M-08-18, on May 16, 2008 [Metodicheskiye ukazaniya po normirovaniyu dopustimogo bezvozvratnogo iz'yatiya rechnogo stoka i ustanovleniyu ekologicheskogo stoka (popuska)]. Moscow: Federal'noye gosudarstvennoye uchrezhdeniye "Mezhvedomstvennaya ikhtiologicheskaya komissiya", 2008:40.
9. Dubinina VG, Kosolapov AE, Koronkevich NI, Chebanov MS, Skachedub EA. Methodological approaches to ecological regulation of the irretrievable withdrawal of river flow and establishment of ecological flow (discharge) [Metodicheskiye podkhody k ekologicheskomu normirovaniyu bezvozvratnogo iz'yatiya rechnogo stoka i ustanovleniyu ekologicheskogo stoka (popuska)]. *Water Economy of Russia [Vodnoye khozyaystvo Rossii]*. 2009;3:26-61.
10. Dubinina VG, Kosolapov AE, Koronkevich NI, Chebanov MS, Nikitina OI. On the methodological guidelines for the regulation of the permissible irretrievable withdrawal of river flow and establishment of ecological flow (discharge) and their update [O metodicheskikh ukazaniyakh po normirovaniyu dopustimogo bezvozvratnogo iz'yatiya rechnogo i ustanovleniyu ekologicheskogo stoka (popuska) i ikh aktualizatsii]. *Transboundary water bodies: use, management, protection [Transgranichnyye vodnyye ob'yekty: ispol'zovaniye, upravleniye, okhrana]*. Collection of materials of the All-Russian Research and Practice Conference with International Participation, Sochi, September 20-25, 2021 [Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem]. Novocherkassk: Lik,

- научно-практической конференции с международным участием, г. Сочи, 20-25 сентября 2021 г. Новочеркасск: Лик. С. 109-114.
11. Дубинина В.Г., Косолапов А.Е., Коронкевич Н.И., Никитина О.И., Чебанов М.С. 2022. Актуализация методических указаний по нормированию допустимого безвозвратного изъятия речного и установлению экологического стока для сохранения водных экосистем // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. №2. С. 16-26.
 12. Катунин Д.Н., Бесчетнова Т.С., Дубинина В.Г. 2013. К вопросу об экономической оценке ущерба рыбным запасам Волго-Каспия при различной водообеспеченности нерестового цикла рыб // Рыбное хозяйство. № 2. С. 47-52.
 13. Козлитина С.В., Воловик С.П., Дубинина В.Г., Нечепуренко И.Г., Воловик Г.С. 1998. Моделирование требований рыбного хозяйства к водному режиму р. Дон // Сборник научных работ (1996-1997 гг.): Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. Ростов-на-Дону. С. 357-370.
 14. Павлов Д.С., Катунин Д.Н., Алехина Р.П., Власенко А.Д., Дубинина В.Г., Сидорова М.А. 1989. Требования рыбного хозяйства к объему весенних попусков в дельту Волги // Рыбное хозяйство. № 9. С. 29-32.
 15. Пастухова Е.В., Дубинина В.Г., Епишин Н.Б., Прохоров В.Г. 1991. Концепция 2021:109-114.
 11. Dubinina VG, Kosolapov AE, Koronkevich NI, Nikitina OI, Chebanov MS. Updating the guidelines on the regulation of the permissible irretrievable withdrawal of river water and the establishment of ecological flow for the conservation of aquatic ecosystems [Aktualizatsiya metodicheskikh ukazaniy po normirovaniyu dopustimogo bezvozvratnogo iz"yatiya rechnogo i ustanovleniyu ekologicheskogo stoka dlya sokhraneniya vodnykh ekosistem]. *Water Economy of Russia: Problems, Technologies, Management [Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravleniye]*. 2022;2:16-26.
 12. Katunin DN, Bechetnova TS, Dubinina VG. On the issue of economic assessment of damage to the fish stocks of the Volga-Caspian Region under different levels of water availability for the spawning fish cycle [K voprosu ob ekonomicheskoy otsenke ushcherba rybnym zapasam Volgo-Kaspiya pri razlichnoy vodoobespechennosti nerestovogo tsikla ryb]. *Fishery [Rybnoe khozyaystvo]*. 2013;2:47-52.
 13. Kozlitina SV, Volovik SP, Dubinina VG, Nepochurenko IG, Volovik GS. Modeling the fish industry requirements for the water regime of the River Don [Modelirovaniye trebovaniy rybnogo khozyaystva k vodnomu rezhimu r. Don]. *Collection of scientific papers (1996-1997): The main problems of fishery and protection of fishery reservoirs of the Azov-Black Sea basin [Sbornik nauchnykh работ (1996-1997 gg.): Osnovnyye problemy rybnogo khozyaystva i okhrany rybokhozyaystvennykh vodoyemov Azovo-Chernomorskogo basseyna. Rostov-na-Donu]*. Rostov-on-Don, 1998:357-370.
 14. Pavlov DS, Katunin DN, Alekhina RP, Vlasenko AD, Dubinina VG, Sidorova MA. The requirements of fish industry for the volume of spring discharge into the Volga River delta [Trebovaniya rybnogo khozyaystva k ob'yemu vesennikh popuskom v del'tu Volgi]. *Fishery [Rybnoe khozyaystvo]*. 1989;9:29-32.
 15. Pastukhova EV, Dubinina VG, Epishin NB, Prokhorov VG. The concept of ecological risk for aquatic ecosystems [Kontseptsiya ekologicheskogo riska vodnykh ekosistem]. *Abstracts of the II All-Russian Conference on the Fishery Toxicology [Tezisy dokladov II Vserossiyskoy konferentsii po rybokhozyaystvennoy toksikologii]*. Saint-Petersburg, 1991:89-91.

- экологического риска водных экосистем // Тезисы докладов II Всероссийской конференции по рыбо-хозяйственной токсикологии. СПб. С. 89-91.
16. Руководство по составлению водохозяйственных балансов. 1974. Нью-Йорк. 89 с.
17. *Фащевский Б.В.* 1989. Экологические обоснования допустимой степени регулирования речного стока. Обзорная информация. Серия 87.19.91, Охрана окружающей среды. Минск: Центральный НИИ комплексного использования водных ресурсов. 52 с.
18. *Фащевский Б.В.* 1996. Основы экологической гидрологии. Минск: Экоинвест. 240 с.
19. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002.
16. Guidelines for water management balance [*Rukovodstvo po sostavleniyu vodokhozyaystvennykh balansov*]. New York, 1974:89.
17. *Fashchevsky BV.* Ecological substantiations of the permissible degree of river flow regulation – an overview [*Ekologicheskiye obosnovaniya dopustimoy stepeni regulirovaniya rechnogo stoka – obzornaya informatsiya*]. Series 87.19.91, Environmental protection [*Seriya 87.19.91, Okhrana okruzhayushchey sredy*]. Minsk: Tsentral'nyy NII kompleksnogo ispol'zovaniya vodnykh resursov, 1989:52.
18. *Fashchevsky BV.* Fundamentals of Ecological Hydrology [*Osnovy ekologicheskoy gidrologii*]. Minsk: Ecoinvest, 1996:240.
19. Federal law “On Environmental Protection” [*Federal'nyy zakon “Ob okhrane okruzhayushchey sredy”*]. No. 7-FZ, issued on 10.01.2002.

UDC 556.5.01

THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC PROJECT ON ENVIRONMENTAL FLOW AS THE BASIS FOR ECOSYSTEM CONSERVATION

© 2022. V.G. Dubinina

*Central Directorate for Fisheries Expertise and Standards for the Conservation, Reproduction of Aquatic Biological Resources and Acclimatization
Russia, 125009, Moscow, Bolshoy Kislovsky per. 10, Bld. 1. E-mail: vgdu@mail.ru*

Received April 01, 2022. Revised April 10, 2022. Accepted May 01, 2022.

The article provides information about the international project “Environmental Flow as the Basis for Ecosystem Conservation”. The project was implemented with the support of the Government of Kazakhstan, in cooperation with the Secretariat of the UN Water Convention and participation of the Central Asian countries. The article overviews the management features of the transboundary water bodies of Central Asia and focuses on the problem of accounting for environmental flow, which is important for ecosystem conservation. It describes the methodological approaches to determining the volume of acceptable irretrievable water withdrawal and establishing the environmental flow (discharge), formulated by the Russian and Kazakh participants. It also describes the studies that were carried out by the project participants on the transboundary rivers of their countries. Based on the results, the recommendations for the conservation and restoration of freshwater ecosystems of transboundary rivers are given.

Keywords: intergovernmental agreements, transboundary rivers, water sharing, environmental flow, acceptable irretrievable water withdrawal, freshwater ecosystem conservation.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-2-123-133

EDN: GICGBT

==== **METHODS OF MAINTENANCE AND PRESERVATION OF ECOSYSTEMS** ====
AND THEIR COMPONENTS

UDC 556.5.01

**THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC PROJECT ON ENVIRONMENTAL FLOW
AS THE BASIS FOR ECOSYSTEM CONSERVATION**

© 2022. V.G. Dubinina

*Central Directorate for Fisheries Expertise and Standards for the Conservation,
Reproduction of Aquatic Biological Resources and Acclimatization
Russia, 125009, Moscow, Bolshoy Kislovsky per. 10, Bld. 1. E-mail: vgdu@mail.ru*

Received April 01, 2022. Revised April 10, 2022. Accepted May 01, 2022.

The article provides information about the international project “Environmental Flow as the Basis for Ecosystem Conservation”. The project was implemented with the support of the Government of Kazakhstan, in cooperation with the Secretariat of the UN Water Convention and participation of the Central Asian countries. The article overviews the management features of the transboundary water bodies of Central Asia and focuses on the problem of accounting for environmental flow, which is important for ecosystem conservation. It describes the methodological approaches to determining the volume of acceptable irretrievable water withdrawal and establishing the environmental flow (discharge), formulated by the Russian and Kazakh participants. It also describes the studies that were carried out by the project participants on the transboundary rivers of their countries. Based on the results, the recommendations for the conservation and restoration of freshwater ecosystems of transboundary rivers are given.

Keywords: intergovernmental agreements, transboundary rivers, water sharing, environmental flow, acceptable irretrievable water withdrawal, freshwater ecosystem conservation.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-2-134-144

EDN: GICGBT

V.G. Dubinina, the author of this article, was a national expert from the Russian Federation in the project “Environmental Flow as the Basis for Ecosystem Conservation”. The project was implemented in 2019-2020 and supported by the government of Kazakhstan, in cooperation with the Secretariat of the UN Transboundary Water Convention, which develops propositions to prepare the “Guidelines for the Fair and Sustainable Distribution of Water Resources in a Transboundary Context”. The counties of Central Asian, such as Kazakhstan, Kyrgyzstan, Tajikistan, Turkmenistan and Uzbekistan participated in the project, as well as Afghanistan, Iran, the People’s Republic of China, Mongolia and the Russian Federation. Kazakhstan, having the chairmanship in the Convention on Transboundary Watercourses and Water Bodies of the United Nations Economic Commission for Europe, intended to submit for further discussion two methods to substantiate the environmental flow and acceptable volumes of irretrievable withdrawal of river flow, a Russian and a Kazakhstani one (Burlibaev, Burlibaeva, 2020).

Modern Approaches to Transboundary Water Cooperation in the Russian Federation

Optimization and efficient distribution of river flow is especially important during a shortage of water resources, when the contradictions increase between economic and environmental requirements of the river and the water body that receives its flow. Water sharing between different countries is even more difficult. The legal basis for regional water relations is bilateral and multilateral agreements that consider the norms of international water law and the specifics of interstate relations in the given region, as well as national legal requirements, countries’ needs and interests.

The land border of the Russian Federation adjoins 14 other states. Its total length is 60,933 km, of which 7,141 km are rivers, 475 km are lakes, and 38,807 km are seas. The total number of transboundary water bodies in the region is more than a thousand, including 70 large and medium-sized rivers (State Report, 2018).

Currently, Russia has 10 on-going international agreements on the use and protection of transboundary waters with neighboring countries: bilateral relations with Finland, Estonia, Ukraine, Belarus, Azerbaijan, Abkhazia, Kazakhstan, Mongolia and China; trilateral with Norway and Finland. To organize the work and implement these agreements, the countries created joint commissions; however, the standards for environmental flow are not specified in the said agreements. At the same time, all parties recognize the commonality and unity of the transboundary water bodies' resources, therefore, cooperating on the principles of equality and partnership in order to conserve, protect and restore these resources. Aside from the international agreements, Russia has no other regulatory and methodological documents and economic mechanisms for the distribution of water resources in a transboundary context.

In 1992, the Russian Federation signed the UN Eurasian Economic Commission Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes.

State of the Regulatory Basis to Determine and Implement the Environmental Flow (Discharge) in the Russian Federation

The standards for acceptable impact on water bodies are the basis for the regulation of anthropogenic impact on water bodies. Their aim is to maintain the state of surface water and groundwater that meets the requirements of Russian legal system.

The standards for acceptable impact, including the standards for acceptable irretrievable withdrawal of water resources, were calculated for transboundary basins of such rivers, as the Western Dvina, Neman, Pregolya, Dnipro, Terek, Ural, Selenga, Irtysh and Amur. The analysis showed the standards that are valid until the end of 2029 and 2030, were calculated exclusively for the Russian part of transboundary river basins and do not provide the total acceptable withdrawal of river flow from the entire river basin in total, which makes it difficult to determine if the calculations are adequate. At the same time, according to the "Guidelines for the Regulation ..." (Dubinina et al., 2008), the amount of irretrievable withdrawal of water resources should be calculated up to the outlet, regardless of its location, even if it is set in the territory of another country. This work should be continued within the international agreements and the development of joint "Schemes for the Use and Protection of Water Resources of Water Bodies", which make the basis for the water management plan.

The sharing of transboundary water resources should be based on the Scheme, developed and approved by the responsible authorities of the neighboring countries that work on it. First of all, the guidelines for the development of schemes for the complex use and protection of transboundary water bodies should be written and approved by the governments.

The Schemes allow coordination of plans for the use and protection of water resources, the needs of water users, while taking into account sanitary and environmental flows and water shortage between the participants of the water management complex, as well as the operating mode of water reservoirs and other aspects of water management. The indices of sectoral and territorial water management that are established in the Schemes become the basis for preparation of water use agreements and decisions that allow provision of water bodies for the further use. They are also needed for development of rules for the water resources use in reservoirs.

The water management balance is calculated as part of the Scheme. It is the result of water management calculations that determine the ratio of available resources and estimated water consumption at the current and predicted levels of economics. This calculation is carried out while

the environmental flow in the unregulated parts of the river is kept undisturbed. The value of the flow is established by the standards for the acceptable irretrievable withdrawal (discharge) of river flow.

The calculation of the water management balance and water resources sharing has to take into account two groups of consumers: first, the health care and protection of natural resources; then, water consumption and use by economics (Guidelines for Water Management Balance, 1974). Preservation and restoration of water ecosystems should be a key part of water resources management, while biological productivity should be an indicator of the water ecosystems condition. Therefore, the first group is prioritized for water use. When the groups are being divided, the acceptable volume of irretrievable withdrawal of river flow and environmental flows (discharge) is taken into account as well.

The Article 26 of the current federal law “On Environmental Protection” No. 7-FZ, issued on 10/01/2002, refers to “the standards for acceptable withdrawal of the environmental components”, which are “the standards that were established in accordance with restricted volume of withdrawal, in order to preserve natural and natural-anthropogenic objects, ensure the sustainable functioning of natural ecosystems and prevent their degradation”. At the same time the text emphasizes that the procedure for their establishment is determined by the subsoil legislation, as well as land, water and forest legislation, legislation on wildlife and other legislations of environmental protection. However, the current Water Code of the Russian Federation No. 74-FZ, issued on 03/06/2006, has no requirements for establishing an environmental flow and the volume of acceptable water withdrawal, while the Article 110 of its previous version, issued in 1995, contains the “Requirements for Environmental Discharge and Rationing of the Maximum Acceptable Irretrievable Withdrawal of Surface Water”:

“To maintain water bodies in a state that meets ecological requirements, water is discharged from reservoirs (environmental release), and the volume of irretrievable withdrawal of surface water is established.”

“Environmental releases and volumes of irretrievable withdrawal of surface water for every water body are determined by the federal executive authority responsible for the management, use and protection of the water fund, together with the federal authority responsible for environmental protection, according to the order of the government of the Russian Federation.”

“It is not allowed to satisfy the need for water resources of water users at the expense of ecological release.”

The main document for the reservoirs management is the “Rules for the Use of Reservoirs”, which include the “Rules for the Use of Reservoirs Water Resources” and “Rules for the Technical Maintenance and Improvement of Reservoirs”. They were developed according to the “Guidelines for the Rules Development for the Use of Reservoirs”, approved by order No. 17 of the Ministry of Nature of Russia, on 01/26/2011. The use of reservoirs also includes implementation of ecological requirements for the flow rate condition and water levels in the downstream and upstream pools of the hydroelectric complex that belongs to the reservoir under consideration. However, the “Rules for the Use of Reservoirs Water Resources” do not state the need for establishment of environmental releases.

In order to improve state management of the use and protection of water bodies, it is necessary to change the Water Code of the Russian Federation, namely, that part which refers to the inclusion of provisions on the necessary determination of the volume of acceptable irretrievable withdrawal of river flow (withdrawal of water resources) and environmental flow (discharge), as well as the methods that help to establish them.

Methodology for Determining the Environmental Flow (Discharge)

The current recommendations on reserving the environmental rivers flow in the Russian

Federation and other countries are based on different principles and cannot guarantee the ecological welfare of river systems. An analysis of various materials from those countries showed there are no unified terms and no unified approach to assessing the acceptable volumes of flow withdrawal from water bodies and the establishment of environmental flows. Therefore, it is necessary to develop a scientifically based strategy for the use and protection of water resources, for which the limits of the environmentally acceptable irretrievable withdrawal of surface runoff should be established for the rivers basins, while taking into account the requirements for water flow of the closing water bodies which act as the final parts of the hydrographic basin network.

There are numerous publications on the problem of withdrawing water resources to establish environmental flow, the most thorough review of which was done by B.V. Fashchevsky (1989, 1996) and V.G. Dubinina (2001). Those authors also proposed the most complete methodological approaches for determining the acceptable withdrawal of river flow, based on the functioning of water ecosystems.

The method of runoff calculation, created by B.V. Fashchevsky (1989, 1996), is based on the so-called homeostatic curves (of dynamics of plankton and benthos organisms abundance, reproduction of fish, abundance of near-water mammals and birds, yield curves of floodplain meadows, etc.). The curves were obtained for the main Russian rivers. The analysis of the curves of river flow availability made it possible to conclude that the number of aquatic and semi-aquatic organisms increases and reaches its maximum, when approaching the year of the average water content. Thus, the upper limit of the environmental flow (water availability is 25%) can be described by the hydrograph of the natural river flow with a water availability of 50%. The lower limit of the environmental discharge (water availability is 95%) is described by the hydrograph of the natural river flow with a water availability of 99%, i.e. the century-old stocks of water resources in the river system. The curves limit the range of calculated values for the environmental river flow.

Nevertheless, we believe that the assumption about the increasing amount of organisms that B.V. Fashchevsky's method is based on is not sufficiently substantiated. The results of other studies (Dubinina 1973; Bronfman et al., 1979; Pavlov et al., 1989; Kozlitina et al., 1998; Katunin et al., 2013) showed that for rivers of significant fishery importance the optimum reproduction of fish occurs during the years with their water availability of 25-40%. On practice, when this method is applied, the irretrievable withdrawal of river flow is often 30% or higher. Such a significant value can hardly ensure the system stability, because it can be critical for most rivers, rather than environmentally acceptable. B.V. Fashchevsky's method can be recommended only for an expert assessment for those parts of rivers that has a low biological productivity, as well as for small rivers, when the actual observation data, reliable dependencies and ecologically significant hydrological and biological data, needed for other methods, are not available.

The work that was carried out together with Kazakhstan as part of the "Environmental Flow as the Basis for Ecosystem Conservation" project indicates that in Kazakhstan there is a valid method to help determine the environmental flow below hydroelectric facilities and water intakes. It is entirely based on B.V. Fashchevsky's methodology. However, for the reasons stated above, we believe that it needs some improvements. According to calculations obtained from Kazakhstan, when the proposed methodology was used for the Ural River (called Zhaiyk in its lower reaches), the acceptable value of the irretrievable withdrawal of the river flow in its mouth was more than 30% of the average long-term value of the natural flow, which is unacceptable for conservation of water ecosystems. The latest version of this methodology was published in the "Water Management" journal (Burlibaev, Burlibaeva, 2020).

According to the project materials, the People's Republic of China uses the term "environmental flow" since 2015 in the "Water Pollution Prevention and Control Action Plan". By the end of 2020 China plans to establish an environmental flow monitoring system and implement the management measures by 2025. However, this plan only applies to the inland water

bodies and does not include the transboundary rivers, the flows of which are considered to be determined by the coastal countries. The main objective of the environmental flows of the main rivers and lakes, as shown on the example of the Huai River basin, is to maintain their base flow. The ecological base flow is the minimum of the lower limit flow (amount of water, water level and depth) that must be maintained for the successful existence of river and lake ecosystems. It is proposed to maintain about 5-10% of the average annual flow, which ensures the required width of the river, its depth and flow rate, satisfying the general requirements “for fishing, tourism and landscape”.

Other countries did not provide any methods for determining the amount of irretrievable withdrawal of surface and environmental flows. The characteristics of the runoff, left in the rivers, are not regulated in the countries of the Commonwealth of Independent States, but some republics made departmental restrictions, which, however, have no ecological justification. The basic conditions and procedures for the distribution of water resources within the republics are also used, but they were in effect only before 1991, when the USSR collapsed.

In Russia, in accordance with the Decree No. 881 of the Government of the Russian Federation “On the Procedure for Approving the Standards for Acceptable Impact on Water Bodies”, issued on 30/10/2006 (Collected Legislation of the Russian Federation No. 4, 2007, p. 510), and in order to improve the “Guidelines for the Development of Standards for Acceptable Impact on Water Bodies” (approved by the Order No. 328 of the Ministry of Natural Resources of Russia, on 12/12/2007; registered by the Ministry of Justice of Russia, No. 10974, on 23/01/2008), the “Methodological Guidelines for the Regulation of the Acceptable Irretrievable Withdrawal of River Flow and the Establishment of Environmental Flow (Discharge)” was developed (Dubinina et al., 2008) and published in the “Water Management of Russia” journal (Dubinina et al., 2009).

The accepted and unified methodological basis for determining the irretrievable withdrawal of river flow and establishing environmental flow and discharge in Russia is a scientifically founded principle of sustainable functioning of water and near-water ecosystems and preservation of the conditions for the natural organisms’ reproduction, meaning that the changes in the structure and functioning lie within the tolerance of the natural stage of hydrogenesis, and the ability of natural complexes for self-regulation (i.e. self-purification, self-renewal) is not disturbed (Dubinina, 2001; Pastukhova et al., 1991).

1. To determine the volume of acceptable irretrievable withdrawal of water resources, the calculation should be applied first for the entire basin along the outlet of the main river, and only then for the individual parts of the river, in accordance with hydrographic and/or water management zones. This applies to all water bodies, including transboundary rivers.

2. The volume of irretrievable withdrawal of environmental flow (discharge) should be determined according to the hydrological conditions that are critical for the organisms’ reproduction and the ecosystems’ functioning. When the flow rates and water volumes are close to the critical level or below it, the natural reproduction of valuable, commercial and other species of fish and hydrobionts, near-water animals and plants deteriorates severely, and the process of channel formation is disrupted. Critical hydrological conditions in nature are registered mainly during the dry years and periods.

3. Water volume and flow that indicate a critical state of water ecosystems should be determined after an analysis of the relationship between the natural (restored) hydrological characteristics of a river and the water ecosystems productivity or the indirect indicators that characterize the said river. For small rivers and tributaries of the main one with no data that is necessary to understand the influence the hydrological regime has on the state of water and near-water ecosystems, the critical flow is considered the volume of the restored flow for the years with water availability of 97%, which preserves the minimum acceptable conditions for the river ecosystem functioning.

4. Water and near-water ecosystems may function when the flow volume occasionally drops under its critical value. However, frequent drops and disruption of the natural hydrological regime of the rivers may cause degradation of ecosystems. Therefore, the calculated value of the acceptable flow withdrawal should guarantee to preserve flow fluctuations close to the ones under the natural conditions, i.e. those that do not outstep the limits of natural long-term fluctuations.

5. Acceptable withdrawal of the surface water resources should never exceed 20% its volume.

The “Guidelines for the Regulation ...” (Dubinina et al., 2008) provide a general calculation algorithm and examples that show how to determine the volumes of acceptable irretrievable withdrawal of river flow, environmental flow and ecological release.

In January 2021, when the “Guidelines for the Development of Standards for Acceptable Impact on Water Bodies” were under revision, the Federal Water Resources Agency of Russia ordered the Central Directorate for Fisheries Expertise and Standards for the Conservation, Reproduction of Aquatic Biological Resources and Acclimatization proposed to update the “Guidelines for the Regulation of the Acceptable Irretrievable Withdrawal of River Flow and Establishment of Ecological Flow (Discharge)” (Dubinina et al., 2021).

The methodological approaches to establish environmental flow in Kazakhstan, China and Russia were reported at the “Regional Meeting on the Distribution of Water Resources and the Assessment of Environmental Flow in a Transboundary Context” in Kazakhstan, September 2020. However, no assessments and proposals for the development of general positions for the further development were made during that meeting.

Main recommendations of the National Expert of the Russian Federation on the Conservation and Restoration of Water Ecosystems of Transboundary Rivers

1. The international agreements on the use and protection of transboundary waters should include the establishment of the volumes of acceptable irretrievable withdrawal of river flow and environmental flow (discharge) in accordance with the long-term natural (restored) rows of water flow, with its yearly distribution for the years with the flow of different availability.

2. The sharing of water resources sharing and the establishment of an environmental flow (discharge) in a transboundary context should be based on the Schemes, developed and approved by the responsible authorities of the neighboring countries that work on it. However, it is necessary to establish the methodological guidelines for the development of the Schemes for the complex use and protection of the transboundary water bodies beforehand and approve them on the governmental level. The quick decisions on the water sharing always take into account the current water management state in the river basin, the forecasts for the upcoming floods or high water, the hydrological and meteorological regime of transboundary rivers.

3. The methods offered by the Republic of Kazakhstan and the Russian Federation to justify the environmental flow and acceptable volumes of irretrievable withdrawal of river flow should be discussed at a joint meeting on the federal level.

4. The environmental flow (discharge) in most river basins is not implemented, therefore, causing deterioration of the water ecosystems. The main reasons for it are the lack of legal requirements, difficulty in assessing the damage to biological water resources, as well as insufficient concernment of interested parties.

5. Необходимо законодательно закрепить установление допустимого безвозвратного изъятия поверхностного стока и экологических стоков (попусков), а также контроль за их реализацией.

6. It is necessary to legally establish an acceptable irretrievable withdrawal of surface and environmental flows (discharges) and to control their implementation.

Conclusions

It is extremely important that the Secretariat of the Water Convention of the United Nations Economic Commission for Europe supports the introduction of a system to ration the acceptable irretrievable withdrawal of river flow and to establish certain parameters of environmental flow (discharge) under different water regime in order to preserve and restore water and floodplain ecosystems of transboundary rivers.

Therefore, it is necessary to develop a general opinion and coordinated approaches for the uniform methods of establishing the volumes of acceptable irretrievable withdrawal of river flow and environmental flow (discharge).

The joint development of schemes for the integrated use and protection of water bodies for transboundary river basins should be one of the methods for coordinated planning of the integrated use of water resources (objects).

In the future, the potential communication between countries should be improved to refine the legal framework, as well as the coordinated scientific and methodological principles of water resources distribution and assessment of transboundary environmental flow.

REFERENCES

1. Bronfman AM, Dubinina VG, Makarova GD. Hydrological and hydrochemical foundations of the productivity of the Sea of Azov [*Gidrologicheskiye i gidrokhimicheskiye osnovy produktivnosti Azovskogo morya*]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost'. 1979:288.
2. Burlibaev MZh, Burlibaeva DM. Conceptual bases to regulate the ecological and free flow of Kazakhstan rivers [Kontseptual'nyye osnovy normirovaniya ekologicheskogo i svobodnogo stoka rek Kazakhstana]. *Water Management of Russia*. 2020;5:52-73.
3. Water Code of the Russian Federation [*Vodnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii*]. Issued on 16.11.1995, No. 167-FZ (VK RF), with amendments and additions (no longer valid).
4. Water Code of the Russian Federation [*Vodnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii*]. Issued on 03.06.2006, No. 74-FZ.
5. State report "On the State and Use of Water Resources of the Russian Federation in 2017". [*Gosudarstvennyy doklad "O sostoyanii i ispol'zovanii vodnykh resursov Rossiyskoy Federatsii v 2017 godu"*]. Moscow: NIA-Priroda, 2018:298.
6. Dubinina VG. Hydrological regime of the floodplain spawning grounds in the Lower Don and some prospects for their fishery use [*Gidrologicheskiy rezhim poymennykh nerestilishch Nizhnego Dona i nekotoryye perspektivy ikh*

REFERENCES

1. Бронфман А.М., Дубинина В.Г., Макарова Г.Д. 1979. Гидрологические и гидрохимические основы продуктивности Азовского моря. М: Пищевая промышленность. 288 с.
2. Бурлибаев М.Ж., Бурлибаева Д.М. 2020. Концептуальные основы нормирования экологического и свободного стока рек Казахстана // Водное хозяйство России. № 5. С. 52-73.
3. Водный кодекс Российской Федерации от 16 ноября 1995 г. № 167-ФЗ (ВК РФ) с изменениями и дополнениями. (утратил силу)
4. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ.
5. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году». 2018. М.: НИА-Природа. 298 с.
6. Дубинина В.Г. 1973. Гидрологический режим пойменных нерестилищ Нижнего Дона и некоторые перспективы их рыбохозяйственного

- rybokhozyaystvennogo ispol'zovaniya]. *News of the North Caucasian Scientific Center of Higher Education [Izvestiya SKNTsVSH]*. Series "Natural Sciences" [Seriya "Yestestvennyye nauki"]. 1973;1:84-88.
7. Dubinina VG. Methodological bases of ecological regulation of the irretrievable withdrawal of river flow and establishment of ecological flow (discharge) [Metodicheskiye osnovy ekologicheskogo normirovaniya bezvozvratnogo iz'yatiya rechnogo stoka i ustanovleniya ekologicheskogo stoka (popuska)]. Moscow: Ekonomika i informatika, 2001:118.
 8. Dubinina VG, Kosolapov AE, Koronkevich NI, Chebanov MS. Guidelines for the regulation of the permissible irretrievable withdrawal of river flow and establishment of ecological flow (discharge), issued under the State Contract No. M-08-18, on May 16, 2008 [Metodicheskiye ukazaniya po normirovaniyu dopustimogo bezvozvratnogo iz'yatiya rechnogo stoka i ustanovleniyu ekologicheskogo stoka (popuska)]. Moscow: Federal'noye gosudarstvennoye uchrezhdeniye "Mezhvedomstvennaya ikhtiologicheskaya komissiya", 2008:40.
 9. Dubinina VG, Kosolapov AE, Koronkevich NI, Chebanov MS, Skachedub EA. Methodological approaches to ecological regulation of the irretrievable withdrawal of river flow and establishment of ecological flow (discharge) [Metodicheskiye podkhody k ekologicheskomu normirovaniyu bezvozvratnogo iz'yatiya rechnogo stoka i ustanovleniyu ekologicheskogo stoka (popuska)]. *Water Economy of Russia [Vodnoye khozyaystvo Rossii]*. 2009;3:26-61.
 10. Dubinina VG, Kosolapov AE, Koronkevich NI, Chebanov MS, Nikitina OI. On the methodological guidelines for the regulation of the permissible irretrievable withdrawal of river flow and establishment of ecological flow (discharge) and their update [O metodicheskikh ukazaniyakh po normirovaniyu dopustimogo bezvozvratnogo iz'yatiya rechnogo i ustanovleniyu ekologicheskogo stoka (popuska) i ikh aktualizatsii]. *Transboundary water bodies: use, management, protection [Transgranichnyye vodnyye ob'yekty: ispol'zovaniye, upravleniye, okhrana]*. Collection of materials of the All-Russian Research and Practice Conference with International Participation, Sochi, использования // Известия СКНЦВШ. Серия «Естественные науки». Вып. 1. С. 84-88.
 7. Дубинина В.Г. 2001. Методические основы экологического нормирования безвозвратного изъятия речного стока и установления экологического стока (попуска). М.: Экономика и информатика. 118 с.
 8. Дубинина В.Г., Косолапов А.Е., Коронкевич Н.И., Чебанов М.С. 2008. Методические указания по нормированию допустимого безвозвратного изъятия речного стока и установлению экологического стока (попуска) по Государственному контракту № М-08-18 от 16 мая 2008 г. М.: Федеральное государственное учреждение «Межведомственная ихтиологическая комиссия». 40 с.
 9. Дубинина В.Г., Косолапов А.Е., Коронкевич Н.И., Чебанов М.С., Скачедуб Е.А. 2009. Методические подходы к экологическому нормированию безвозвратного изъятия речного стока и установлению экологического стока (попуска) // Водное хозяйство России. № 3. С. 26-61.
 10. Дубинина В.Г., Косолапов А.Е., Коронкевич Н.И., Чебанов М.С., Никитина О.И. 2021. О методических указаниях по нормированию допустимого безвозвратного изъятия речного и установлению экологического стока (попуска) и их актуализации // Трансграничные водные объекты: использование, управление, охрана: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Сочи, 20-25 сентября 2021 г. Новочеркасск: Лик.

- September 20-25, 2021 [*Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem*]. Novocherkassk: Lik, 2021:109-114.
11. Dubinina VG, Kosolapov AE, Koronkevich NI, Nikitina OI, Chebanov MS. Updating the guidelines on the regulation of the permissible irretrievable withdrawal of river water and the establishment of ecological flow for the conservation of aquatic ecosystems [Aktualizatsiya metodicheskikh ukazaniy po normirovaniyu dopustimogo bezvozvratnogo iz'yatiya rechnogo i ustanovleniyu ekologicheskogo stoka dlya sokhraneniya vodnykh ekosistem]. *Water Economy of Russia: Problems, Technologies, Management [Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravleniye]*. 2022;2:16-26.
 12. Katunin DN, Bechetnova TS, Dubinina VG. On the issue of economic assessment of damage to the fish stocks of the Volga-Caspian Region under different levels of water availability for the spawning fish cycle [K voprosu ob ekonomicheskoy otsenke ushcherba rybnym zapasam Volgo-Kaspiya pri razlichnoy vodoobespechennosti nerestovogo tsikla ryb]. *Fishery [Rybnoe khozyaystvo]*. 2013;2:47-52.
 13. Kozlitina SV, Volovik SP, Dubinina VG, Nечepurenko IG, Volovik GS. Modeling the fish industry requirements for the water regime of the River Don [*Modelirovaniye trebovaniy rybnogo khozyaystva k vodnomu rezhimu r. Don*]. *Collection of scientific papers (1996-1997): The main problems of fishery and protection of fishery reservoirs of the Azov-Black Sea basin) [Sbornik nauchnykh rabot (1996-1997 gg.): Osnovnyye problemy rybnogo khozyaystva i okhrany rybokhozyaystvennykh vodoyemov Azovo-Chernomorskogo basseyna. Rostov-na-Donu]*. Rostov-on-Don, 1998:357-370.
 14. Pavlov DS, Katunin DN, Alekhina RP, Vlasenko AD, Dubinina VG, Sidorova MA. The requirements of fish industry for the volume of spring discharge into the Volga River delta [Trebovaniya rybnogo khozyaystva k ob'yemu vesennykh popuskov v del'tu Volgi]. *Fishery [Rybnoe khozyaystvo]*. 1989;9:29-32.
 15. Pastukhova EV, Dubinina VG, Epishin NB, Prokhorov VG. The concept of ecological risk for aquatic ecosystems [*Kontseptsiya ekologicheskogo riska vodnykh ekosistem*]. *Abstracts of the II All-*
 11. Дубинина В.Г., Косолапов А.Е., Коронкевич Н.И., Никитина О.И., Чебанов М.С. 2022. Актуализация методических указаний по нормированию допустимого безвозвратного изъятия речного и установлению экологического стока для сохранения водных экосистем // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. №2. С. 16-26.
 12. Катунин Д.Н., Бесчетнова Т.С., Дубинина В.Г. 2013. К вопросу об экономической оценке ущерба рыбным запасам Волго-Каспия при различной водообеспеченности нерестового цикла рыб // *Рыбное хозяйство*. № 2. С. 47-52.
 13. Козлитина С.В., Воловик С.П., Дубинина В.Г., Нечепуренко И.Г., Воловик Г.С. 1998. Моделирование требований рыбного хозяйства к водному режиму р. Дон // *Сборник научных работ (1996-1997 гг.): Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна*. Ростов-на-Дону. С. 357-370.
 14. Павлов Д.С., Катунин Д.Н., Алехина Р.П., Власенко А.Д., Дубинина В.Г., Сидорова М.А. 1989. Требования рыбного хозяйства к объему весенних попусков в дельту Волги // *Рыбное хозяйство*. № 9. С. 29-32.
 15. Пастухова Е.В., Дубинина В.Г., Епишин Н.Б., Прохоров В.Г. 1991. Концепция экологического риска водных экосистем // *Тезисы докладов II Всероссийской конференции по рыбохозяйственной токсикологии*. СПб. С. 89-91.
 16. Руководство по составлению

- Russian Conference on the Fishery Toxicology [Tezisy dokladov II Vserossiyskoy konferentsii po rybokhozyaystvennoy toksikologii]. Saint-Petersburg, 1991:89-91.*
16. Guidelines for water management balance [Rukovodstvo po sostavleniyu vodokhozyaystvennykh balansov]. New York, 1974:89.
17. Fashchevsky BV. Ecological substantiations of the permissible degree of river flow regulation – an overview [Ekologicheskiye obosnovaniya dopustimoy stepeni regulirovaniya rechnogo stoka – obzornaya informatsiya]. Series 87.19.91, Environmental protection [Seriya 87.19.91, Okhrana okruzhayushchey sredy]. Minsk: Tsentral'nyy NII kompleksnogo ispol'zovaniya vodnykh resursov, 1989:52.
18. Fashchevsky BV. Fundamentals of Ecological Hydrology [Osnovy ekologicheskoy gidrologii]. Minsk: Ecoinvest, 1996:240.
19. Federal law “On Environmental Protection” [Federal'nyy zakon “Ob okhrane okruzhayushchey sredy”]. No. 7-FZ, issued on 10.01.2002.
17. Фащевский Б.В. 1989. Экологические обоснования допустимой степени регулирования речного стока. Обзорная информация. Серия 87.19.91, Охрана окружающей среды. Минск: Центральный НИИ комплексного использования водных ресурсов. 52 с.
18. Фащевский Б.В. 1996. Основы экологической гидрологии. Минск: Экоинвест. 240 с.
19. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002.

УДК 556.5.01

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ПРОЕКТ ПО ТРАНСГРАНИЧНЫМ РЕКАМ «ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СТОК – ОСНОВА СОХРАНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

© 2022 г. В.Г. Дубинина

*Центральное Управление по рыбохозяйственной экспертизе и нормативам по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и акклиматизации
Россия, 125009, г. Москва, Большой Кисловский пер., д. 10, стр. 1. E-mail: vgdu@mail.ru*

Поступила в редакцию 01.04.2022. После доработки 10.04.2022. Принята к публикации 01.05.2022.

Работа выполнена в рамках проекта «Аналитическое исследование на тему «Экологический сток – основа сохранения экологической системы» по линии Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (1992 г), принятой под эгидой Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН). Исполнителем данного Проекта является ТОО «Казахстанское Агентство Прикладной Экологии» (далее – КАПЭ) при взаимодействии с Секретариатом Конвенции по трансграничным водам. В Проекте участвовали страны Центральной Азии. Статья посвящена обзору особенностей управления трансграничными водными объектами Центральной Азии и фокусируется на рассмотрении проблемы учета экологического стока, важного для сохранения их экосистем. Описаны методические подходы определения объема допустимого безвозвратного изъятия и установления экологического стока (попуска), сформулированные российскими и казахстанскими участниками и охарактеризованы исследования, выполненные участниками проекта на трансграничных реках в их странах. На основе полученных

результатов сформулированы рекомендации по сохранению и восстановлению водных экосистем трансграничных рек.

Ключевые слова: межправительственные соглашения, трансграничные реки, деление водных ресурсов, экологический сток, допустимое безвозвратное изъятие стока. сохранение водных экосистем.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-2-134-144

EDN: GBSRTJ

УДК 574.24

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫСОТЫ НАД УРОВНЕМ МОРЯ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОСНЫ ЧЕРНОЙ В ЧЕРНОГОРИИ

© 2022 г. С.О. Король*, Т.О. Король**, Е.И. Голубева**

*Венский университет

Австрия, 1090, г. Вена, ул. Шпитальгассе, д. 2-8. E-mail: sok.archive@gmail.com

**Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1

E-mail: tatiana@korol.ru, egolubeva@gmail.com

Поступила в редакцию 11.04.2022. После доработки 20.04.2022. Принята к публикации 01.05.2022.

Черногория относится к зоне средиземноморского климата, но благодаря наличию высоких горных массивов на достаточно ограниченной территории наблюдается большое разнообразие микроклиматических условий экотопа: в прибрежной части – зона ярко выраженного средиземноморского климата; в равнинной части страны климат континентальный; в горных районах – зона сурового горного климата с холодными длительными зимами. В разнообразии флоры этого региона важное место занимает сосна черная (*Pinus nigra Arnold*), произрастающая как в горных частях, так и в долинных и, по некоторым версиям, давшая название стране. Нам представляется интересным анализ изменчивости морфометрических показателей данного вида растений в зависимости от условий его произрастания.

Данное исследование базируется на результатах полевой практики по биогеографии летом 2021 года, проведенной в Черногории. Целью работы являлось определение изменений морфометрических параметров сосны черной в зависимости от высоты произрастания над уровнем моря по следующим показателям: высота дерева, диаметр кроны, диаметр ствола, длина хвои. Были проведены замеры взрослых представителей *Pinus nigra* на 8 учетных площадках, расположенных на разных высотах над уровнем моря – от минимальной 12.5 м н.у.м. на береговой линии моря до максимальной – 1270.1 м н.у.м. в горах. В каждой точке было выбрано по 10 взрослых деревьев, визуально отражающих наиболее типичные морфометрические показатели для каждого выбранного высотного плато с однородными условиями произрастания (плоская поверхность, ориентация склона, центральная часть массива деревьев, плотность древостоя).

Результаты измерений и статистического анализа установили достоверную отрицательную корреляцию между высотой над уровнем моря и морфометрическими показателями роста *Pinus nigra*.

Ключевые слова: Черногория, *Pinus nigra*, сосна чёрная, растительность Черногории, места обитания сосны чёрной, высотная поясность, морфометрическая изменчивость сосны чёрной.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-2-145-163

EDN: PLBCLG

Флора Черногории – одна из самых разнообразных по сравнению с флорой большинства умеренных и субтропических регионов мира. В горах внутренней части страны преобладают хвойные или смешанные леса. В них произрастает *Pinus nigra*¹ – сосна черная, которой и посвящено данное исследование. Обычно она встречается в лесах с такими видами, как ель обыкновенная (*Picea abies*), пихта белая (*Abies alba*), сосна алеппская (*Pinus halepensis*), боснийская сосна (*Pinus leucodermis*) и сосна Гельдрейха (*Pinus holdreichii*; Discover

¹ Латинские виды растений приводятся по сайту Plantarium (2022).

Montenegro ..., 2020). *Pinus nigra* отличается высотой, которая в некоторых районах достигает максимума в 50 м, с единичным произрастанием, с восходящими ветвями, которые образуют широкую коническую крону, с толстой растрескавшейся темно-серой корой у взрослых деревьев, а также с хвоей длиной 8-16 см (The Gymnosperm Database, 2020).

Цель данного исследования – изучить влияние высоты местности (м н.у.м.) на четыре фактора роста *Pinus nigra*: высоту дерева, диаметр кроны, окружность ствола, длину хвои. Н.Л.Козакова и И.С. Антонова (Kazakova, Antonova, 2015) изучили в 2015 г. влияние экологических условий, в т.ч. высоты места произрастания, на развитие араукарии чилийской. Результаты данного и других подобных исследований свидетельствуют о зависимости роста деревьев от высоты расположения местности над уровнем моря. Кроме того, сходство наших методологий подтверждает достоверность полученных выводов.

В исследовании Я. Лазаревич с соавторами (Lazarevic et al., 2017), посвященном красной пятнистости (возбудитель – *Dothistroma*), которая поражает высокогорные сосновые леса Черногории, где сосна черная встречается на высотах от 820 до 1450 м н.у.м. совместно *Querculus*, *Carinatum*, *Betulus* и *Picea*. Сосна черная – быстрорастущее хвойное дерево, обычное для преимущественно горных районов Европы и Малой Азии. В Черногории, расположенной на Адриатическом побережье Балканского полуострова, этот вид характерен как для горных районов, так и для примыкающих непосредственно к морю, хотя изобильнее всего он в хвойных лесах на горных склонах slopes (*Pinus Nigra* in Europe ..., 2016).

Материалы и методы

Альтернативная гипотеза H1: существует общая корреляция между высотой над уровнем моря и увеличением высоты дерева, окружности ствола, диаметра кроны и длины хвои вида *Pinus nigra*. *Нулевая гипотеза H0*: высота над уровнем моря не влияет на рост *Pinus nigra*.

Базовая информация. Рост *Pinus nigra* в частности и окружающей растительности в целом может сильно различаться на разных высотах. В связи с большим разнообразием почвенно-климатических условий в горах, горная растительность сравнительно богаче и разнообразнее, чем равнинная. *Pinus nigra* может расти на различных субстратах и коренных породах, таких как известняк, доломит и змеевик-перидотит (Vidakovic, 1991). Оптимальный высотный диапазон для сосны черной – от 800 до 1500 м н.у.м. sea level (Fetic A., 2015.)

Экспозиция и высота склона определяют уровень радиации, распределение снега зимой, скорость ветра (Yergina E.I. et al., 2012). На склонах разной экспозиции наблюдаются обычные изменения температуры воздуха и почвы, а также степени прогрева почвы. Влияние этих показателей четко отражается на составе растительности, что, в свою очередь, сказывается на характере растительности, составе флоры, динамике развития и общей морфологии растений (Volkov, Volkova, 2009).

Температура – это определяющий фактор для видового состава и флористического разнообразия на склонах разной высоты. Колебания температурного градиента по высотам на склонах разной экспозиции и в разных условиях достаточно велики.

Растения, соседствующие с *Pinus nigra*, влияют на ее корневую систему и, следовательно, на другие факторы ее роста, такие как высота дерева, ширина, направление роста ствола и ветвей, форма кроны. Учитывая, что разные высоты горных склонов заняты разными экосистемами, у сосны черной варьируют морфометрические параметры.

Переменные. *Независимая переменная* – высота над уровнем моря, в метрах (м н.у.м.).

Зависимые переменные: 1) высота дерева, в метрах, 2) окружность ствола, в метрах, 3) диаметр кроны, в метрах, 4) длина хвои, в сантиметрах.

Все измерения проведены на деревьях *одного склона* – юго-западного, обращенного к

морю. В среднем падение температуры с увеличением абсолютной высоты до 100 м н.у.м. в основном равномерное и составляет 0.5°C на каждые 100 м, но на северных склонах температура в целом снижается медленнее, чем на южных. Таким образом, условия одинаковы на протяжении всего исследования, поскольку для сбора данных использовалась только одна сторона склона.

Экологическую сукцессию каждого места, где измерялась сосна черная, мы считаем первичной. Поскольку она влияет как на видовое разнообразие, так и, вероятно, на возраст деревьев определенной местности, очень важно измерять только те деревья, которые растут в одинаковых экологических сукцессиях, чтобы гарантировать, что окружающие породы сосны черной однородны, а соотношение взрослых деревьев над молодыми в разы больше.

Все точки, в которых проводились измерения, расположены на ровной поверхности, но на разных высотах вверх по склону. Разница в уклоне и, следовательно, составе почвы может влиять на направление роста и корневую систему, что может затрагивать и другие факторы, включая высоту дерева, распределение кроны и ветвей.

Измерялись *только взрослые деревья*, чтобы свести к минимуму неточности, которые возникают, когда молодой возраст деревьев ошибочно принимают за тренд роста.

Приборы для измерения на протяжении всего исследования не менялись. Использовалась одна рулетка, а полученные результаты округлялись до десятых долей метра (при измерении хвои – до десятых долей сантиметра). Также для измерения высоты дерева использовалось мобильное приложение «Object Height», при этом во избежание отклонений, которые могут появиться из-за разницы в росте замерщиков, за расчеты всегда отвечал один человек. Мы придерживались такого же принципа и при измерении высоты местности над уровнем моря, для чего использовалось мобильное приложение «Altimeter», а устройство, на которое оно было установлено, размещалось на ровной поверхности у основания дерева.

Приборы. Мы использовали 3-метровую рулетку, которая позволяла проводить измерения с точностью до трех знаков после запятой, а также следующие мобильные приложения: 1) «Altimeter» (высотомер), 2) «Object Height» (высота объекта), которое измеряет высоту через угол возвышения, в тригонометрическом соотношении, 3) «Ruler» (линейка), функция «level» (уровень) в котором измеряется угол склона.

Методология. Измерение параметров роста *Pinus nigra* проводилось по следующей схеме.

1. Для проведения измерений необходимы два человека.
2. Используя мобильное приложение «Линейка» и встроенную функцию «уровень», находили сосну черную, растущую на ровной поверхности.
3. С помощью мобильного приложения «Высотомер», поместив мобильное устройство на землю у основания дерева, измеряли высоту над уровнем моря.
4. С помощью приложения «Высота объекта» измеряли высоту дерева, для чего необходимо ввести в приложение рост замерщика, а при измерении держать мобильное устройство на уровне глаз для максимально точных результатов. После этого необходимо записывали данные в таблицу, с одним десятичным знаком после запятой.
5. С помощью рулетки измеряли окружность ствола на уровне глаз. Затем записывали результат в таблицу, с одним десятичным знаком.
6. С помощью рулетки находили радиус кроны, измерив расстояние от ствола до края кроны, затем умножить на 2, чтобы получить диаметр кроны. Записать результат в таблицу, с одним десятичным знаком.
7. С помощью рулетки измеряли длину 5 сосновых хвоинок, найденных под сосной. Записывали результат в таблицу, с одним десятичным знаком.
8. Повторяли процесс для 10 деревьев, растущих на одной высоте.
9. Повторяли весь процесс в 8 точках.

Для анализа всех данных использовалась программа Microsoft Excel.

Средние значения рассчитаны для каждого местоположения, т.е. для каждого 10 деревьев на одной и той же высоте. Средние значения высоты местности над уровнем моря, высоты дерева, окружности ствола, диаметра кроны и длины хвои для каждой точки рассчитаны с помощью программы Microsoft Excel.

Корреляция рассчитана между высотой над уровнем моря и каждым из 4 факторов: высотой дерева, окружностью ствола, диаметром кроны, длиной хвои. Для этого использовалась формула корреляции в Microsoft Excel.

Линия тренда и R^2 рассчитаны для каждого фактора роста *Pinus nigra* в Microsoft Excel непосредственно из точечных диаграмм.

Стандартное отклонение рассчитано по формуле общего стандартного отклонения в Microsoft Excel, после чего оно наносится на графики средних значений для каждого фактора роста *Pinus nigra*. Исходные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Исходные данные из общей базы данных.

Точка	№	Высота н.у.м. (м)	Высота дерева (м)	Окружность ствола (м)	Диаметр кроны (м)	Радиус кроны (м)	Длина хвои (см)					Средняя длина хвои (см)
Т. 1: Градски Парк	1	12.5	12.5	2.1	11.6	5.8	9.8	14.5	11.2	10.2	9.1	11.0
	2	12.6	13.7	1.7	7.0	3.5	13.3	8.6	13.7	9.7	10.1	11.1
	3	12.8	18.6	2.2	5.6	2.8	9.4	12.3	7.4	7.8	14.2	10.2
	4	13.0	13.8	1.8	11.4	5.7	13.1	10.5	9.5	10.0	11.0	10.8
	5	16.0	14.3	2.1	8.2	4.1	14.4	11.0	12.3	12.1	9.7	11.9
	6	15.7	16.6	1.4	8.4	4.2	12.0	15.5	13.0	13.4	14.4	13.7
	7	12.9	18.9	1.8	7.8	3.9	9.2	9.5	9.7	12.6	12.1	10.6
	8	13.1	19.6	1.9	12.4	6.2	7.6	8.9	13.7	10.9	10.1	10.2
	9	13.8	17.0	2.0	7.4	3.7	8.6	7.9	12.8	14.6	13.5	11.5
	10	15.4	12.8	1.5	8.8	4.4	9.1	15.6	14.2	7.8	11.0	11.5
Т. 2: Гора Врмац	11	474.4	9.5	2.3	6.4	3.2	19.0	16.6	16.9	15.9	14.1	16.5
	12	474.5	9.1	1.9	6.0	3.0	13.9	18.6	19.0	20.0	16.8	17.7
	13	476.2	13.1	1.5	6.2	3.1	23.1	20.4	18.2	19.2	19.8	20.1
	14	472.5	10.0	1.8	6.6	3.3	15.9	16.5	17.5	16.8	19.9	17.3
	15	475.3	15.2	1.4	4.8	2.4	18.5	19.2	21.9	17.2	16.3	18.6
	16	475.8	14.0	1.7	6.2	3.1	16.7	19.4	17.6	17.4	18.0	17.8
	17	466.9	12.6	1.8	5.8	2.9	16.8	20.9	19.5	18.1	19.2	18.9
	18	474.2	13.9	2.0	5.6	2.8	17.8	18.4	18.9	19.2	16.7	18.2
	19	475.1	14.2	1.5	4.6	2.3	16.1	14.9	18.0	16.0	17.4	16.5
	20	476.0	13.4	2.2	6.8	3.4	19.4	20.5	21.0	17.8	18.2	19.4
Т. 3: Горажда	21	382.2	9.7	2.2	8.2	4.1	15.5	16.0	19.1	17.2	16.9	16.9
	22	376.2	13.1	2.3	6.8	3.4	15.2	18.6	14.9	15.5	19.0	16.6
	23	375.9	7.2	1.5	8.0	4.0	16.2	16.7	15.0	16.7	17.3	16.4
	24	371.5	7.0	1.6	5.0	2.5	17.5	18.0	16.4	19.1	18.7	17.9
	25	371.6	8.6	1.6	7.4	3.7	14.8	17.1	15.1	18.9	17.6	16.7

Продолжение таблицы 1.

Точка	№	Высота н.у.м. (м)	Высота дерева (м)	Окружность ствола (м)	Диаметр кроны (м)	Радиус кроны (м)	Длина хвои (см)					Средняя длина хвои (см)
Т. 3	26	380.7	7.7	1.7	5.8	2.9	15.9	16.3	16.7	19.0	14.9	16.6
	27	382.0	9.1	1.9	6.8	3.4	15.0	15.8	18.6	19.3	19.0	17.5
	28	377.9	9.5	2.1	7.0	3.5	18.8	17.5	15.2	17.4	17.0	17.2
	29	377.2	12.0	2.0	4.4	2.2	16.7	16.0	19.0	14.8	15.2	16.3
	30	370.8	7.6	1.8	7.0	3.5	15.9	15.2	18.5	18.0	17.4	17.0
Т. 4: Поворот на Ньегуши	31	955.0	11.9	1.6	5.2	2.6	14.0	14.1	13.5	15.2	14.5	14.3
	32	954.7	12.7	1.7	5.4	2.7	12.5	12.7	14.5	14.0	13.9	13.5
	33	958.0	18.3	1.2	3.8	1.9	14.2	13.0	14.7	14.9	13.5	14.1
	34	957.5	11.2	1.1	2.2	1.1	13.2	13.0	12.6	12.9	14.2	13.2
	35	960.1	14.3	1.0	2.0	1.0	12.6	11.9	13.0	12.5	12.7	12.5
	36	953.3	16.9	1.2	2.6	1.3	13.9	12.9	13.5	12.7	12.6	13.1
	37	956.1	18.0	1.3	2.6	1.3	12.1	15.0	13.4	13.0	14.3	13.6
	38	955.4	20.1	1.1	2.4	1.2	13.4	14.9	14.7	12.5	15.0	14.1
	39	955.4	17.6	1.2	1.8	0.9	13.6	14.0	13.2	12.9	13.0	13.3
	40	967.0	19.1	1.1	2.0	1.0	12.2	13.7	13.4	12.1	12.5	12.8
Т. 5: Дорога в Парк Ловчен	41	1120.8	16.8	0.7	2.4	1.2	11.2	12.0	11.9	13.3	14.0	12.5
	42	1126.0	14.7	1.1	2.0	1.0	14.0	12.8	11.4	11.2	11.9	12.3
	43	1118.3	18.0	0.8	3.6	1.8	12.5	13.6	12.3	12.5	13.4	12.9
	44	1119.0	17.2	0.9	1.8	0.9	11.5	11.5	11.6	13.0	11.1	11.7
	45	1123.2	17.6	0.9	2.4	1.2	11.0	11.0	13.7	12.4	12.6	12.1
	46	1123.3	15.9	1.0	3.2	1.6	13.7	11.9	13.3	13.5	13.0	13.1
	47	1123.7	16.4	0.9	2.4	1.2	13.5	12.9	11.3	12.1	13.6	12.7
	48	1129.1	15.7	0.6	1.6	0.8	13.1	12.4	10.9	13.7	10.5	12.1
	49	1126.5	18.5	1.2	2.0	1.0	13.4	11.2	13.4	12.2	11.0	12.2
	50	1120.5	17.8	0.8	2.2	1.1	11.3	13.1	12.6	12.8	11.9	12.3
Т. 6: Пляжи Хоризонти	51	14.6	17.2	1.8	7.0	3.5	11.1	13.0	11.5	12.5	14.2	12.5
	52	11.9	16.4	1.4	5.6	2.8	10.8	11.3	12.0	13.5	11.5	11.8
	53	15.6	17.7	2.0	7.6	3.8	14.0	10.5	11.2	14.2	13.4	12.7
	54	10.2	14.5	1.4	6.6	3.3	11.2	11.7	10.8	13.6	13.9	12.2
	55	11.4	18.2	2.4	8.2	4.1	10.6	12.9	13.4	11.3	11.3	11.9
	56	11.8	17.0	1.8	5.4	2.7	12.4	14.7	14.2	10.5	12.6	12.9
	57	16.3	16.7	1.9	5.8	2.9	11.8	13.9	13.1	10.9	12.0	12.3
	58	16.7	16.2	1.5	6.8	3.4	10.2	14.3	11.0	12.2	14.5	12.4
	59	12.4	13.4	1.6	6.0	3.0	11.1	13.9	11.7	14.2	11.5	12.5
	60	12.9	18.0	2.1	9.0	4.5	13.5	11.1	10.8	12.5	13.0	12.2
7	61	1554.1	3.4	1.0	4.6	2.3	8.9	7.5	9.3	8.7	9.8	8.8

Продолжение таблицы 1.

Точка	№	Высота н.у.м. (м)	Высота дерева (м)	Окружность ствола (м)	Диаметр кроны (м)	Радиус кроны (м)	Длина хвои (см)					Средняя длина хвои (см)
							7.0	8.4	11.6	10.9	9.3	
Т. 7: Гора Ловчен	62	1557.6	4.0	0.9	5.8	2.9	7.0	8.4	11.6	10.9	9.3	9.4
	63	1555.6	3.8	0.8	4.4	2.2	6.9	7.2	5.6	20.3	9.0	9.8
	64	1553.2	3.7	0.8	5.4	2.7	5.8	6.7	9.9	10.8	8.7	8.4
	65	1553.7	4.1	1.1	5.0	2.5	6.4	10.2	5.7	6.9	7.4	7.3
	66	1556.0	3.5	0.7	6.0	3.0	9.2	6.2	7.5	8.3	10.4	8.3
	67	1555.7	3.7	0.8	5.0	2.5	6.8	5.8	10.5	9.8	7.0	8.0
	68	1554.8	3.2	1.0	5.6	2.8	9.4	10.5	6.6	5.5	8.9	8.2
	69	1555.2	3.9	0.9	4.6	2.3	7.7	9.3	10.9	8.7	6.8	8.7
	70	1552.9	3.8	0.8	4.8	2.4	10.1	7.3	8.7	6.9	8.6	8.3
	Т. 8: Иваново Корыто	71	1270.2	14.9	1.5	4.2	2.1	12.2	11.6	12.0	11.8	14.8
72		1270.1	16.2	1.8	5.2	2.6	14.0	13.1	11.6	14.5	14.5	13.5
73		1271.6	18.4	1.7	4.8	2.4	13.0	11.2	10.6	11.9	12.5	11.8
74		1272.1	19.6	1.5	2.8	1.4	13.6	11.0	12.1	13.0	12.6	12.5
75		1272.4	17.7	1.2	3.4	1.7	14.5	13.7	11.7	12.3	12.0	12.8
76		1271.9	17.9	1.9	4.4	2.2	14.0	12.1	13.8	12.0	11.4	12.7
77		1273.0	15.8	1.6	4.0	2.0	13.8	12.2	13.1	10.9	14.4	12.9
78		1272.5	18.2	2.0	3.0	1.5	11.7	13.0	14.2	11.5	12.3	12.5
79		1270.3	19.1	1.8	3.8	1.9	11.9	11.6	13.7	12.8	13.3	12.7
80		1270.1	17.0	1.7	5.0	2.5	12.0	14.3	11.3	12.2	12.6	12.5

Относительно большой размер выборки и группировка проделанных измерений по 8 отдельным точкам на склоне горы позволили нам максимально, насколько возможно в условиях внутренней оценки, повысить достоверность собранных данных. Измерение 10 деревьев в каждой точке позволило найти средние значения, которые облегчают анализ для его визуализации и графического представления. 80 образцов, собранных в районе исследования, представляют собой значительный объем, который предполагает надежность результатов, полученных после анализа данных.

На протяжении всего исследования мы придерживались и поддерживали единообразие обширного количества контролируемых переменных. Все сосны, измеренные для данной работы, были найдены в лесах преимущественно из *Pinus nigra*, а все точки для измерения высоты были на относительно плоской поверхности, хотя и располагались в разных местах вверх по склону горы. Поддержка единообразия контролируемых переменных, безусловно, является сильной стороной данного исследования, поскольку она минимизировала, насколько возможно, вероятность неточностей, которые могли возникнуть из-за неучтенных нами условий.

Систематическая ошибка потенциально – основная слабость данного исследования: из-за ограниченного доступа к высокоуровневой технологии высоту дерева, которая является решающим фактором роста, можно было измерить только с помощью мобильного приложения. В свою очередь, приложение, хотя и достаточно точное (контрольное

тестирование перед сбором данных показало, что оно с точностью определяет высоту объекта высотой 1.6 м в 8 из 10 раз) для более низких объектов, иногда показывало большую ошибку вычислений, когда дело доходило до самых высоких деревьев. Причина таких несоответствий – ограниченные возможности камеры телефона, а также способность приложения определить высоту, на которое поднято мобильное устройства.

Другим недостатком является ограниченность ресурсов, поскольку в нашем распоряжении не было приборов для определения таких факторов, как состав почвы, влажность, скорость ветра и т.д. Учитывая эти ограничения, на собранные здесь данные могут повлиять любые из этих неучтенных факторов. Таким образом, неполнота анализа, вызванная этими техническими ограничениями, могла повлиять на конечный вывод (табл. 2). Прочие факторы, которые следует рассматривать как контролируемые переменные, включают в себя расстояние от источника воды, тип почвы и ветра.

Результаты и обсуждение

Рисунок 1 представляет собой точечную диаграмму для всех измеренных высот деревьев. Данные сгруппированы в 8 областей, по 10 деревьев в каждой, что соответствует 8 отобранным нами высотным точкам, две из которых находились на одной высоте, поэтому между двумя кластерами отсутствуют различия. Рассчитанные коэффициенты детерминации (R^2) и корреляции ($r = -0.28$) имеют невысокие значения, однако они обладают достаточно высокой математической достоверностью (для $r - \alpha = 0.05$), что подтверждает наличие тренда (который определяется по значимому коэффициенту корреляции r с его значениями по модулю не менее 0.2-0.3) или достоверной отрицательной зависимости между высотой местности над уровнем моря и высотой дерева.

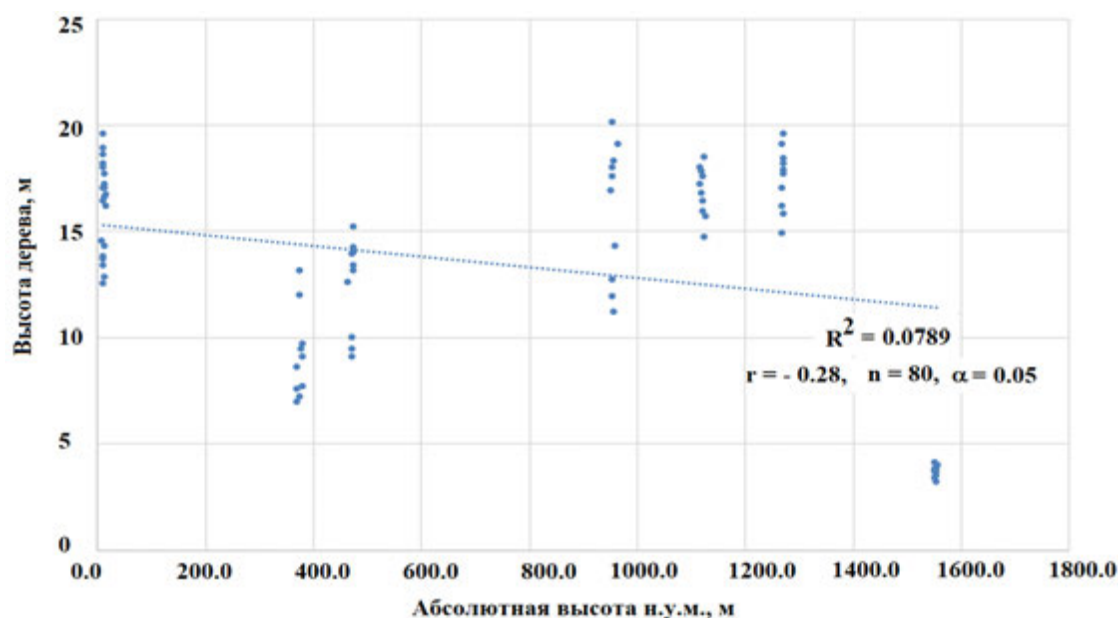


Рис. 1. Эффект, который высота местности (м н.у.м.) оказывает на высоту деревьев.

Fig. 1. Effect of altitude (meters above sea level) on tree height.

На рисунке 2 показаны соотношения двух зависимостей (по значениям из таблицы 2): а) распределение учетных площадок по высоте местности над уровнем моря (рис. 2, пунктирная линия), и б) распределение высоты деревьев на соответствующих площадках по высоте местности (рис. 2, сплошная линия). Положительная зависимость видна от Горажды

до Иваново Корыто, с выбросами на обоих концах спектра измеренных высотных значений. Самое низкое стандартное отклонение – в Ловчене, а значит, там высота деревьев была в основном одинаковой. Самое высокое отклонение – на перекрестке Ньегуши, где виден большой разброс деревьев по высоте.

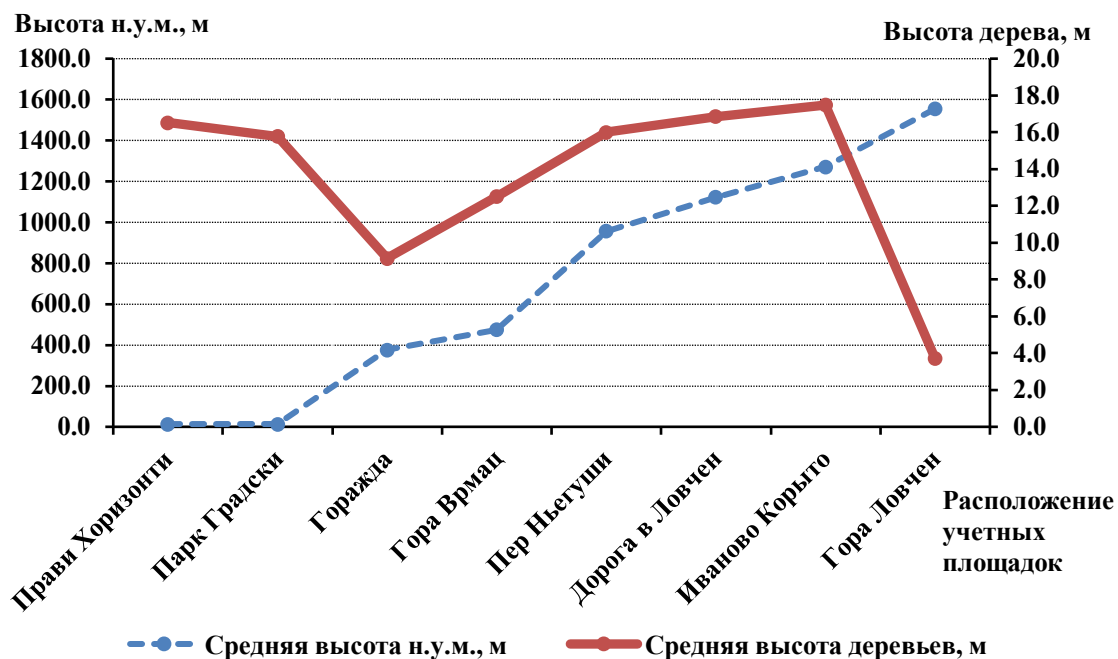


Рис. 2. Соотношение распределений: а) учетных площадок по высоте местности над уровнем моря (пунктир) и б) высоты деревьев (по среднему значению) на соответствующих площадках от высоты местности (сплошная линия). **Fig. 2.** Correlation between a) the distribution of model points according to their altitude (dotted line) and b) the distribution of the trees height on them (solid line).

Таблица 2. Средние значения анализируемых параметров для каждой модельной точки.

Точки	Средняя высота над уровнем моря (м)	Средняя высота дерева (м)	Средняя окружность ствола (м)	Средний диаметр кроны (м)	Средняя длина хвои (см)
Пляви Горизонти	13.4	16.5	1.8	6.8	12.3
Парк Градски	13.8	15.8	1.9	8.9	11.3
Горажда	376.6	9.2	1.9	6.6	16.9
гора Врмац	474.1	12.5	1.8	5.9	18.1
Перекресток Ньегуши	957.3	16.0	1.3	3.0	13.4
Дорога в Национальный парк Ловчен	1123.0	16.9	0.9	2.4	12.4
Иваново Корыто	1271.4	17.5	1.7	4.1	12.6
гора Ловчен	1554.9	3.7	0.9	5.1	8.5

Рисунок 3 представляет собой точечную диаграмму для всех измеренных окружностей стволов. Данные сгруппированы в 7 областей, по 10 деревьев в каждой, что соответствует 8 отобранными нами высотным точкам, две из которых находились на одной высоте, поэтому между двумя кластерами отсутствуют различия. На рисунке 3 выявлена максимально

достоверная осязательная² отрицательная корреляционная зависимость ($r = -0.68$, $\alpha = 0.001$) между окружностью ствола и высотой над уровнем моря.

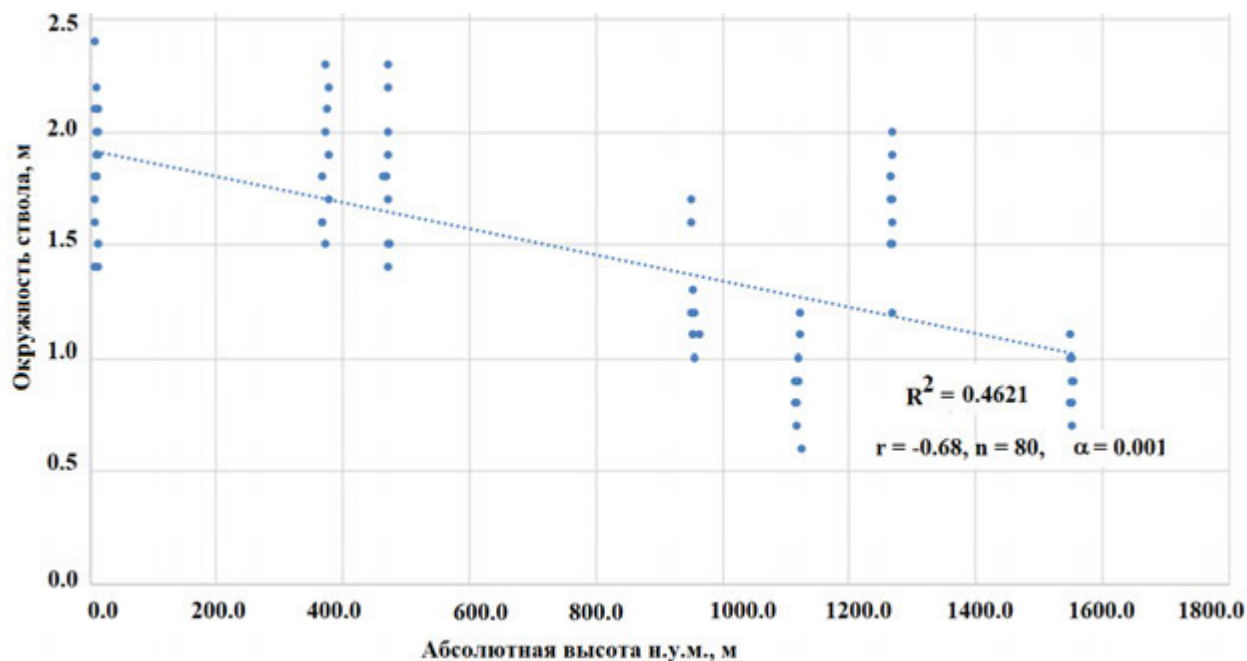


Рис. 3. Эффект, который высота местности (м н.у.м.) оказывает на окружность ствола.

Fig. 3. Effect of altitude (meters above sea level) on trunk circumference.

На рисунке 4 показано распределение учетных площадок в зависимости от высоты местности над уровнем моря (рис. 4, пунктир) по сравнению с зависимостью окружности стволов на соответствующих площадках от высоты местности (рис. 4, сплошная линия). В Иваново Корыто наблюдается резкий подъем, но без него соотношение является отрицательным. Стандартное отклонение обычно выше для первых 4 точек, что предполагает больший разброс значений и размеров деревьев на низких высотах.

На рисунке 5 показаны диаметры измеренных крон. Данные сгруппированы в 7 областей, по 10 деревьев в каждой, что соответствует 8 отобранными нами высотным точкам, две из которых находились на одной высоте, поэтому между двумя кластерами отсутствуют различия. Выявленные достаточно высокие коэффициенты детерминации ($R^2 = 0.4429$) и корреляции ($r = -0.67$) имеют самую высокую значимость ($\alpha = 0.001$). Таким образом, с достоверностью 99.9% установлена осязательная (по шкале Чеддока-Снедекора) отрицательная корреляционная зависимость между диаметром кроны и высотой местности над уровнем моря.

На рисунке 6 показано распределение модельных площадей в зависимости от среднего диаметра кроны (сплошная линия) в сравнении с распределением соответствующих модельных площадей в зависимости от высоты местности (пунктир). Самое большое стандартное отклонение – в Парке, где диаметры крон весьма разнообразны; самое маленькое – в Ловчене, как и стандартное отклонение для высоты деревьев, что вновь подтверждает наблюдение, в соответствии с которым сосны в Ловчене более однородны по размеру.

² Величина достоверных коэффициентов корреляции оценивалась по шкале Чеддока-Снедекора: 0.1-0.3 – незначительная; 0.4-0.5 – умеренная; 0.6-0.7 – осязательная; 0.8-0.9 – высокая; 0.91-0.99 – сильная.

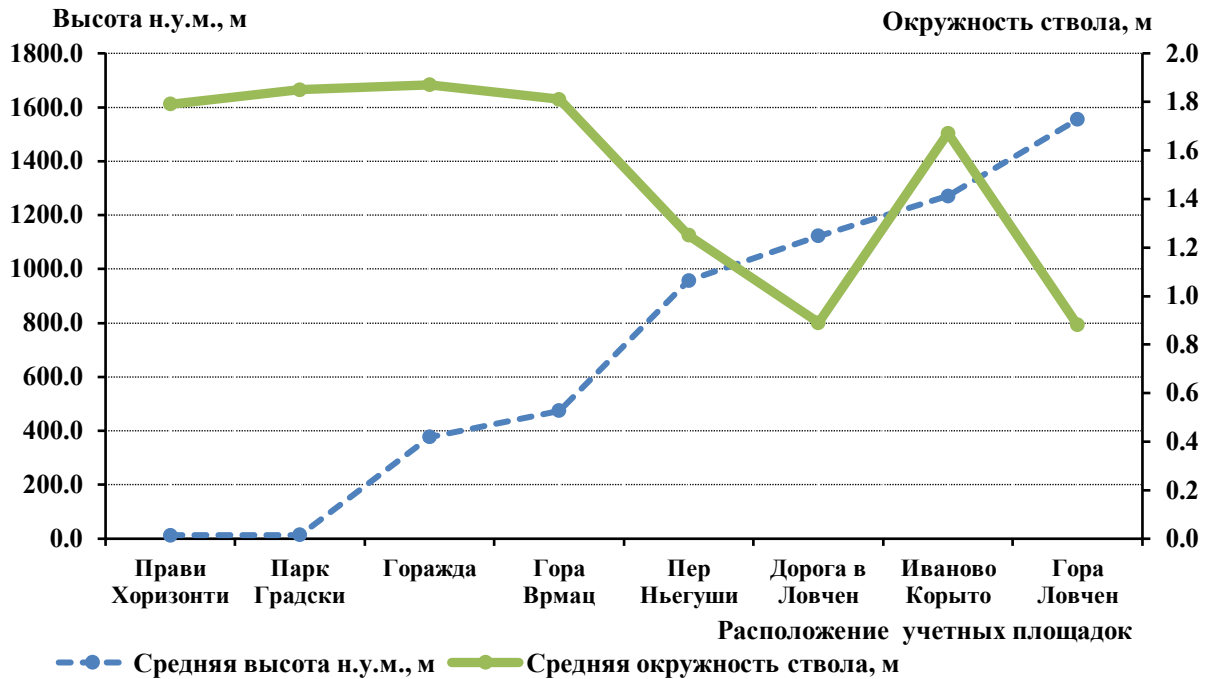


Рис. 4. Соотношение распределений: а) учетных площадок по высоте местности (пунктир) и б) окружности стволов деревьев (по среднему значению) на соответствующих площадках от высоты местности (сплошная линия). **Fig. 4.** Correlation between a) the distribution of model points according to their altitude (dotted line) and b) the distribution of the average trunk circumference on them depending on the altitude (solid line).

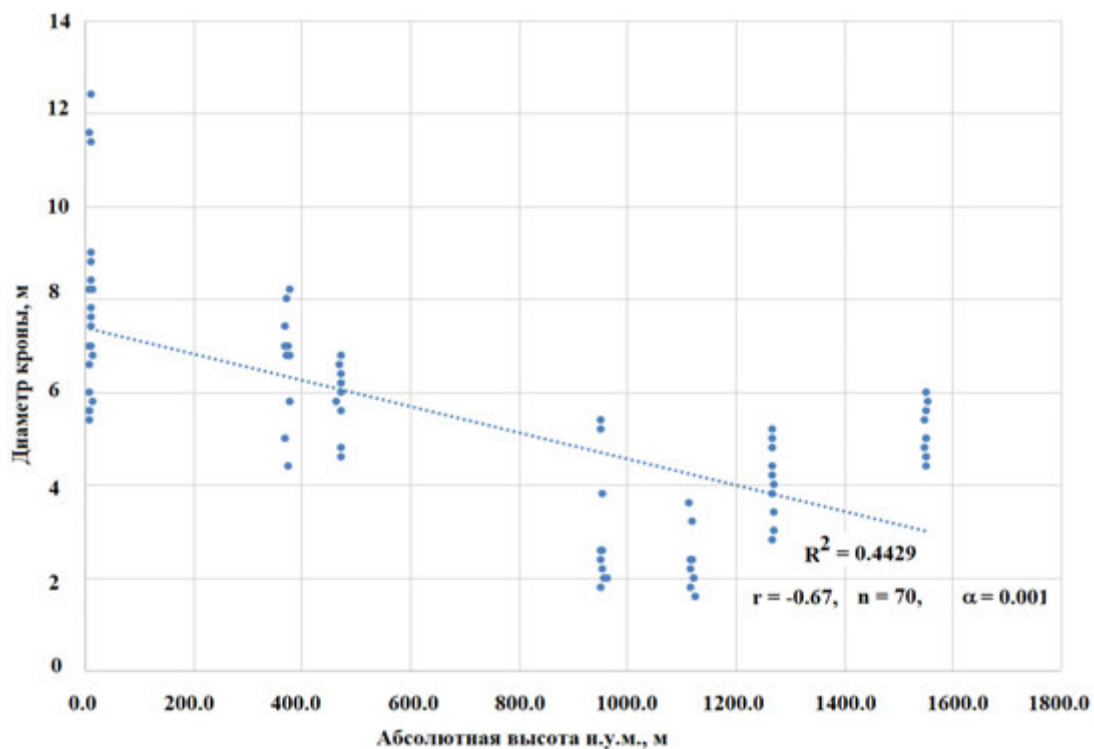


Рис. 5. Эффект, который высота местности (м н.у.м.) оказывает на диаметр кроны. **Fig. 5.** Effect of altitude (meters above sea level) on crown diameter.

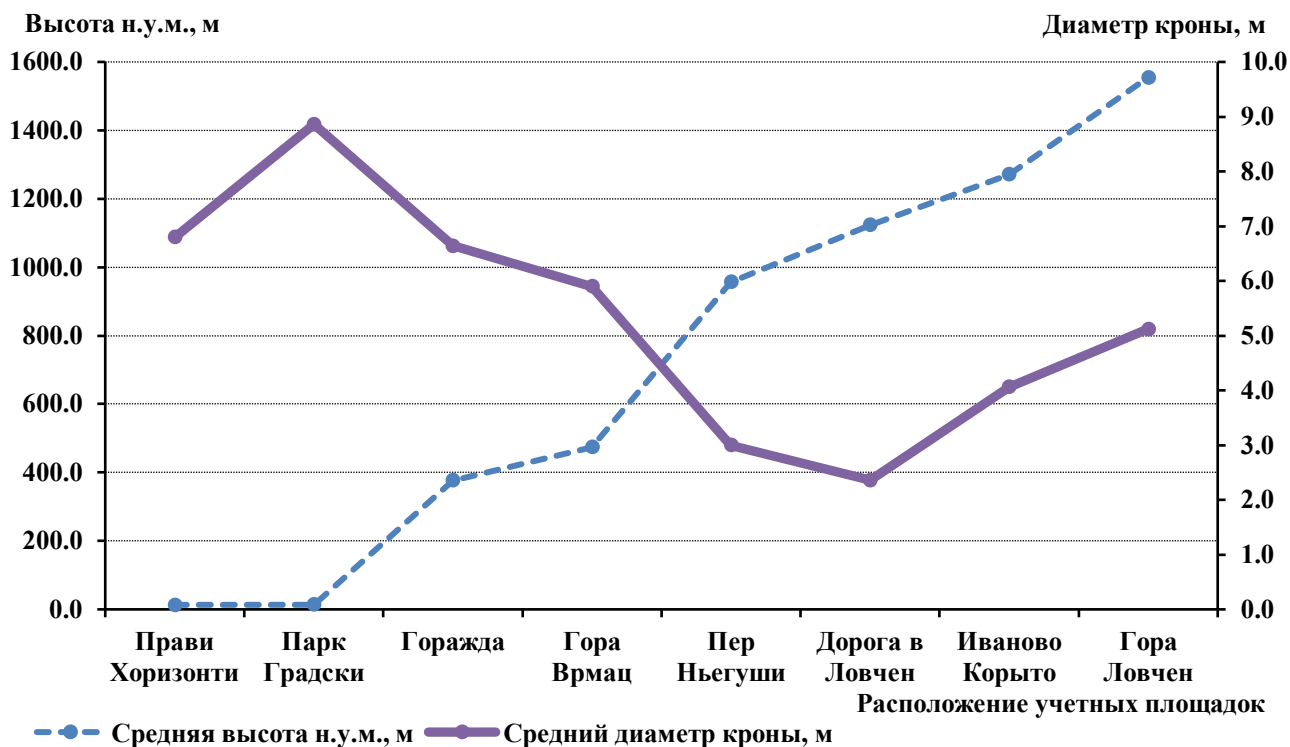


Рис. 6. Соотношение распределений: а) учетных площадок по высоте местности (пунктир) и б) диаметра кроны деревьев (по среднему значению) на соответствующих площадках от высоты местности (сплошная линия). **Fig. 6.** Correlation between a) the distribution of model points according to their altitude (dotted line) and b) the distribution of the average crown diameter on them depending on the altitude (solid line).

На рисунке 7 показаны длины измеренной хвои сосны. Данные сгруппированы в 7 областей, по 10 деревьев в каждой, что соответствует 8 отобраным нами высотным точкам, две из которых находились на одной высоте, поэтому между двумя кластерами отсутствуют различия. Несмотря на невысокие значения коэффициентов детерминации ($R^2 = 0.0821$) и корреляции ($r = -0.27$), объем выборки ($n = 70$) дает высокую значимость коэффициенту корреляции ($\alpha = 0.05$). Поэтому в соответствии с определением наличия трендов, мы имеем установленную абсолютно достоверную, хотя и не очень высокую (незначительную по шкале Чеддока-Снедекора) отрицательную зависимость между показателями длины хвои и высотой местности над уровнем моря.

На рисунке 8 показано соотношение распределений зависимости средней длины хвои на каждой модельной площади (сплошная линия) по сравнению с распределением площадок от высоты местности над уровнем моря (пунктир). В Горажде и на горе Врмац длины хвои увеличивается, однако общая тенденция остается отрицательной. Значение R^2 достаточно низкое для всех точек, дисперсия и разнообразие небольшие.

Выводы

Таким образом, все рассчитанные коэффициенты корреляции между анализируемыми параметрами оказались с высокой математической значимостью (от 95 до 99.9%). Коэффициент корреляции позволяет выяснить, насколько существенна связь между высотой над уровнем моря и различными факторами роста *Pinus nigra*, чтобы ее можно было считать достоверной.

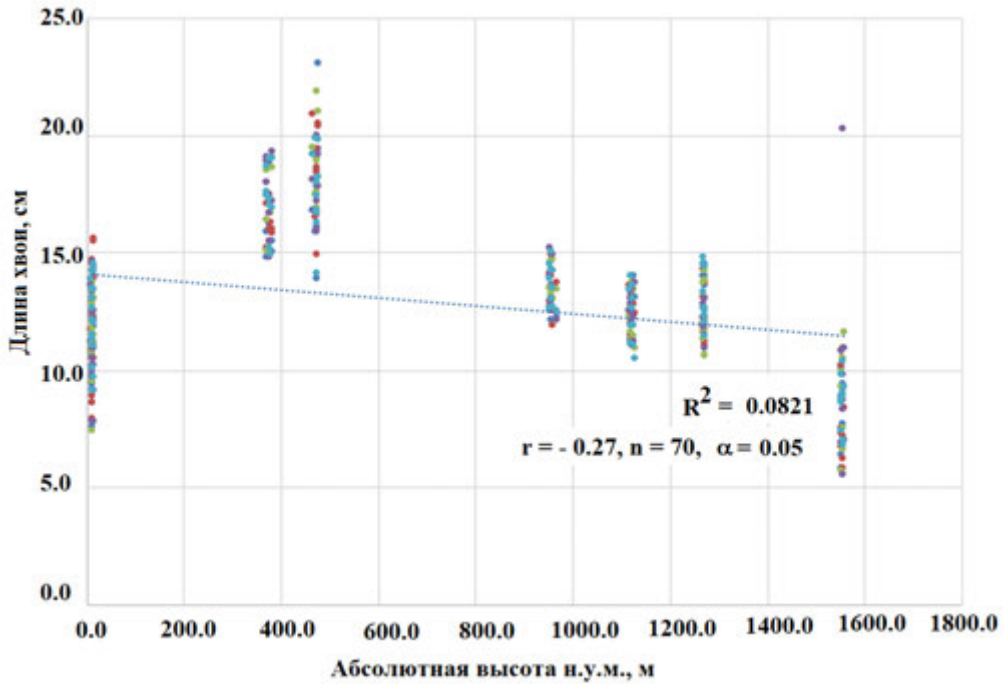


Рис. 7. Эффект, который высота местности (м н.у.м.) оказывает на длину хвои.
Fig. 7. Effect of altitude on needle length.

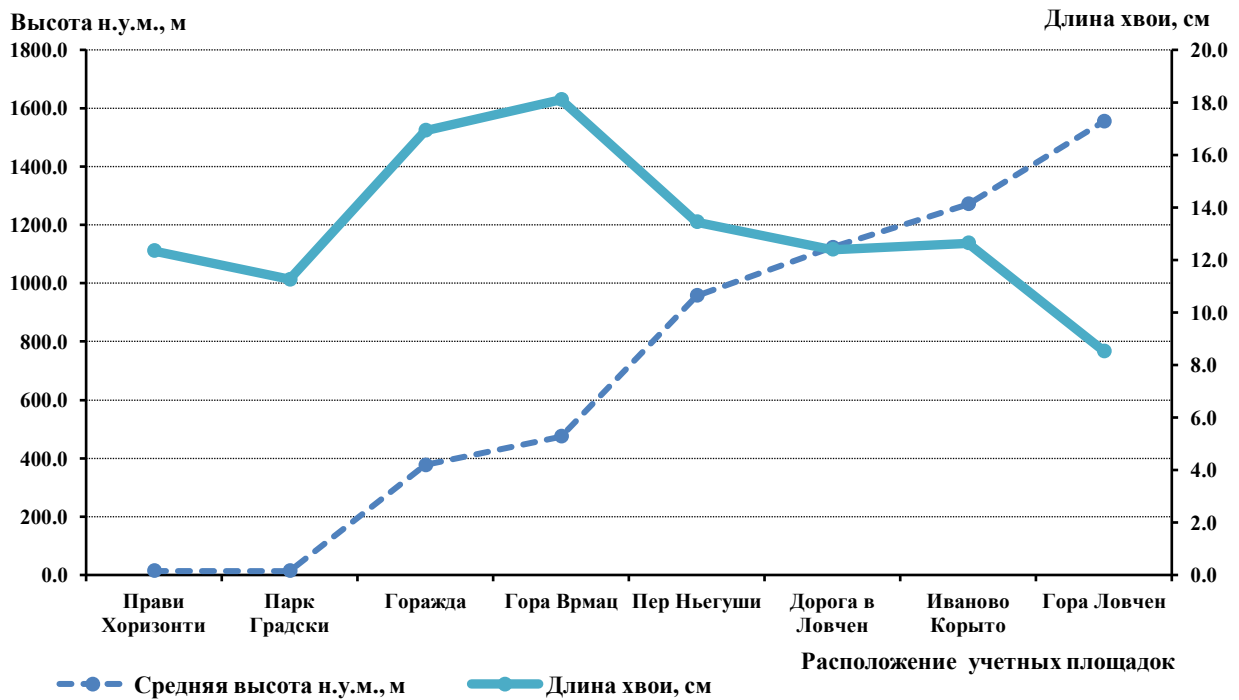


Рис. 8. Соотношение распределений: а) учетных площадок по высоте местности (пунктир) и б) длины хвои (по среднему числу) на соответствующих площадках от высоты местности (сплошная линия).
Fig. 8. Correlation between a) the distribution of model points according to their altitude (dotted line) and b) the distribution of the average pine needle length on them depending on the altitude (solid line).

Наши расчеты показывают, что у всех факторов роста наблюдается отрицательная достоверная корреляция с высотой местности над уровнем моря. Величина коэффициента корреляции колебался от -0.27, что является незначительной отрицательной корреляцией, до -0.68, являющейся ощутимой (по шкале Чеддока-Снедекора). Это означает, что статистически все факторы роста имеют отчетливую доказанную отрицательную зависимость с высотой местности над уровнем моря.

По результатам нашего исследования можно сделать вывод, что высота над уровнем моря существенно влияет на высоту дерева, окружность ствола, диаметр кроны и длину хвои *Pinus nigra*. Поэтому вышеупомянутая нулевая гипотеза H_0 отклоняется, а к рассмотрению принимается гипотеза H_1 . Однако, хотя удалось доказать существование корреляции между высотой и факторами роста *Pinus nigra* (табл. 3), гипотеза H_1 неверна, т.к. влияние абсолютной высоты остается неравномерным для всех учтенных факторов.

В таблице 3 с данными статистического анализа показана отрицательная корреляция ($r = -0.28$) между высотой деревьев и высотой над уровнем моря, дальнейший анализ графика на рисунке 1 продемонстрировал сильную положительную корреляцию от точки 3 (фото 1) до точки 7 (фото 2), причем выбросами стали точки 1 и 2 (фото 3, 4) и точка 8 (фото 5). Таким образом, можно сделать вывод, что специфические климатические факторы наиболее сильно влияют на высоту сосны черной на минимальных и максимальных высотах. Мы предполагаем, что значительную высоту сосны черной в точках Плави Горизонти и Парк Градски обеспечили более богатые почвы и близости к воде. В то же время мы предполагаем, что в самой высокой точке 8 (фото 5) рост сосен должен быть минимальным в связи с более низкими зимними температурами, сильным ветром и снегом.

Таблица 3. Статистический анализ – корреляция между высотой и измеренными факторами роста.

Коррелируемые показатели	r
Корреляция между уровнем моря и высотой дерева	-0.28
Корреляция между уровнем моря и окружностью ствола	-0.68
Корреляция между уровнем моря и диаметром кроны	-0.67
Корреляция между уровнем моря и длиной хвои	-0.27

Вопреки гипотезе H_1 , таблица 3 показывает отрицательную корреляцию между высотой над уровнем моря и окружностью ствола *Pinus nigra*, с отклонением от тренда в точке 7 (фото 2). Предположительно, это объясняется тем, что большая окружность ствола совпадает с наибольшей высотой сосен в Иваново Корято: как видно на фото 2, деревья растут на более плоском и более обширном пространстве, чем в других горных точках. Почвенный состав первых сравнительно отличается от вторых: в Иваново Корято почва богаче и рыхлее, а в других горных точках (фото 1, 3-8) грунт состоит в основном из более сухой почвы и камней.

Корреляция между высотой над уровнем моря и диаметром кроны составляет -0.67 (табл. 3), однако, как и в случае с высотой деревьев, обработанные данные на рисунке 3 указывают на несоответствие общему тренду в самой низкой и самой высокой точках. А значит, можно предположить, что именно близость моря и отсутствие склона (самая ровная поверхность) в Плави Горизонти и Парке Градски позволили развиться более широкой кроне; тогда как в Иваново Корято и Ловчене крона разрастается от падения температуры.

Наконец, данные на рисунке 4 показывают в целом отрицательную, хотя и не такую резкую корреляцию между высотой над уровнем моря и длиной хвои. Подъем рельефа между Гораждой и горой Врмац совпадает с уменьшением высоты деревьев и может быть потенциально связан со спецификой склона самой горы, а также с частыми ветрами со стороны моря.



Фото 1. Горажда, точка 3. **Photo 1.** Gorazda, point 3.

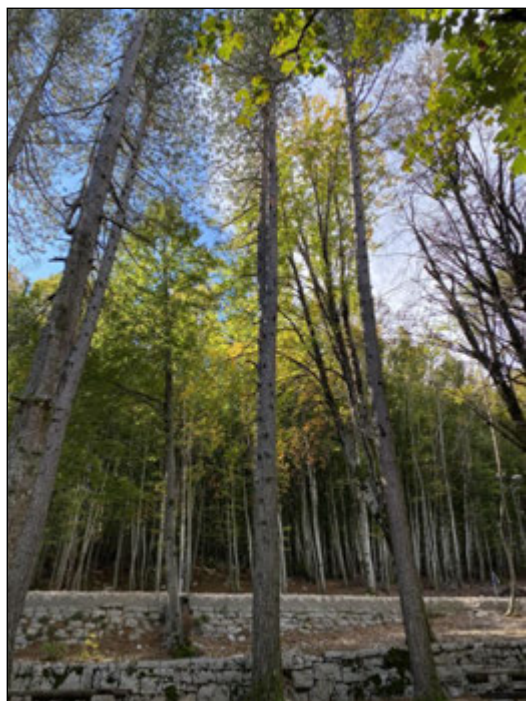


Фото 2. Иваново Корыто, точка 7. **Photo 2.** Ivanovo Korito, point 7.

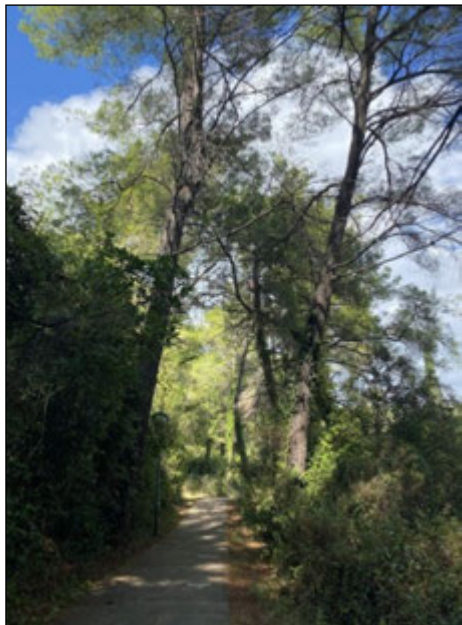


Фото 3. Плави Хоризонти, точка 1. **Photo 3.** Plavi Horizonti, point 1.



Фото 4. Парк Градски, точка 2.
Photo 4. Gradski Park, point 2.



Фото 5. Гора Ловчен, точка 8.
Photo 5. Lovcen Mountain, point 8.

Несмотря на обширность данного исследования, существует ряд процедурных модификаций, которые могут потенциально повысить его качество и достоверность. Вместо мобильного приложения для повышения точности собранных данных можно было бы

использовать другой метод измерения высоты. Более профессиональный инструмент не только обладает меньшей вероятностью просчета или технической неисправности, но также может обеспечить измерения, которые будут гораздо точнее полученных с помощью мобильного приложения «Object Height/Высота объекта».



Фото 6. Гора Врмац, точка 4. **Photo 6.** Vrmac Mountain, point 4.

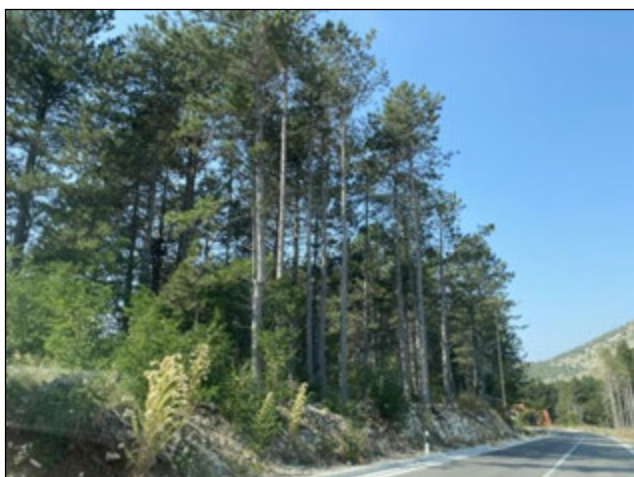


Фото 7. Перекресток Ньегуши, точка 5.
Photo 7. Crossroad Njegusi, point 5.



Фото 8. Дорога в Национальный парк Ловчен, точка 6. **Photo 8.** Road to the Lovcen National Park, point 6.

Использование большего количества контролируемых переменных повысит качество и надежность анализа данных. Такие факторы, как состав почвы, окружающая растительность и удаленность от источника воды, могут влиять на рост *Pinus nigra*, а потому, чтобы

получить максимально точные результаты, их тоже необходимо учитывать.

Применение рабочего способа для определения возраста сосен также повысит надежность исследования. В качестве одной из контролируемых переменных мы использовали принцип, в соответствии с которым все измеренные для этой работы деревья должны были быть «зрелыми». Однако с ограниченными ресурсами трудно определить возраст дерева, основываясь только на визуальном аспекте. Устранение этой проблемы устранило бы и степень неопределенности, связанной с анализом данных в результате отсутствия информации о каждом отдельном дереве.

В широком масштабе на вопрос, поставленный в нашем исследовании, можно было бы дать более сложный и точный ответ, включив в него дополнительные высотные точки. На основе таких данных можно было бы не только провести более точную и правильную линию тренда, но также может было бы выявить нюансы закономерностей, выявленных в исследовании, или узнать влияние более уникальных географических факторов на рост *Pinus nigra*. В целом такая корректировка привела бы к более полному анализу черногорского ландшафта и произрастания сосны черной в пределах всей страны или, по крайней мере, ее большей части.

Другим серьезным изменением мог бы стать выбор только одного фактора роста, например, длины сосновой хвои, при значительно большем количестве образцов. Такие изменения сделают поставленный вопрос и последующее исследование более узкими и четкими по направленности, а также повысят точность результатов анализа за счет большего количества образцов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. Discover Montenegro: Flora. Discover Montenegro. 2020 [Электронный ресурс www.discover-montenegro.com/flora (дата обращения 19.12.2021)].
2. Enescu C.M., de Rigo D., Caudullo G., Durrant T.H. 2016. *Pinus Nigra* in Europe: Distribution, Habitat, Usage and Threats // ResearchGate. P. 126-127.
3. EUFORGEN European Forest Genetic Resources Programme. *Pinus nigra*. 2003 [Электронный ресурс www.euforgen.org/species/pinus-nigra/ (дата обращения 19.12.2021)].
4. Fetic A. 2015. Forests of Montenegro: Directorate for Forestry, Hunting and Wood Industry. Government of Montenegro: Ministry of Agriculture and Cultural Development. 25 p.
5. Kazakova N.L., Antonova I.S. 2015. Crown Shape of *Araucaria Araucana* K. Koch in Different Age States and Ecological Conditions of Natural Habitats // TvGU Herald. Series "Biology and Ecology". Ser. 3. P. 135-153.
6. Lazarevic J., Davydenko K., Millberg H.

2017. Dothistroma Needle Blight on High Altitude Pine Forests in Montenegro // Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry. P. 294-302.
7. Plantarium. 2022. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений. [Электронный ресурс <https://www.plantarium.ru/page/view/item/44795.html> (дата обращения 25.05.2022)].
 8. The Gymnosperm Database. *Pinus nigra*. 2020 [Электронный ресурс www.conifers.org/pi/Pinus_nigra.php (дата обращения 19.12.2021)].
 9. Vidakovic M. 1991. Conifers: Morphology and Variation. Zagreb: Graficki zavod Hrvatske. 756 p.
 10. Volkov I.V., Volkova I.I. 2009. The Analysis of Distribution of High-Mountainous Landscapes of Temperate and Subtropical Zones of Eurasia in the System of Mountain Zonality // Tomsk State Pedagogical University Bulletin. No. 11 (89). P. 161-167.
 11. Yergina E.I., Lysetskyi F.N., Akulow V.V., Repetska A.I., Novikova Yu.A. 2012. Dendroclimatic Investigation of Conditions of Growth of Crimean Pine or *Pinus Pallasiana* D. Don in the Foothern Crimea // Scientific Notes of V.I. Vernadsky Tavrichesky National University. Vol. 25. No. 2. P. 60-68.
- Dothistroma Needle Blight on High Altitude Pine Forests in Montenegro. *Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry*. 2017:294-302.
 7. Plantarium. 2022. Available at <https://www.plantarium.ru/page/view/item/44795.html> (Date of Access 25/05/2022).
 8. The Gymnosperm Database. *Pinus nigra*. 2020. Available at www.conifers.org/pi/Pinus_nigra.php (Date of Access 19/12/2021).
 9. Vidakovic M. Conifers: Morphology and Variation. Zagreb: Graficki zavod Hrvatske, 1991:756.
 10. Volkov IV, Volkova II. The Analysis of Distribution of High-Mountainous Landscapes of Temperate and Subtropical Zones of Eurasia in the System of Mountain Zonality. *Tomsk State Pedagogical University Bulletin*. 2009;11 (89):161-167.
 11. Yergina E, Lysetskyi FN, Akulow VV, Repetska AI, Novikova YuA. Dendroclimatic Investigation of Conditions of Growth of Crimean Pine or *Pinus Pallasiana* D. Don in the Foothern Crimea. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Tavrichesky National University*. 2012;25 (2):60-68.

UDC 574.24

HOW DOES ELEVATION ABOVE SEA LEVEL AFFECT THE MORPHOMETRIC GROWTH OF PINUS NIGRA IN MONTENEGRO

© 2022. S.O. Korol*, T.O. Korol**, E.I. Golubeva**

*University of Vienna

Austria, 1090, Wien, Spitalgasse 2, Hof 8. E-mail: sok.archive@gmail.com

**M.V. Lomonosov Moscow State University

Russia, 119991, Moscow, GSP-1, Leninskie Gory

E-mail: tatiana@korol.ru, egolubeva@gmail.com

Received April 11, 2022. Revised April 20, 2022. Accepted May 1, 2022.

Montenegro belongs to the Mediterranean climate zone, but due to the presence of high mountain ranges on a fairly limited territory, there is a multitude of microclimatic varieties: in the coastal part

there is a zone of pronounced Mediterranean climate; in the flatland part of the country the climate is a changed Mediterranean; in mountainous areas – a zone of severe mountain climate with cold long winters. In the diversity of the flora of this region, an important place is occupied by the Black Pine (*Pinus nigra*), which grows both in the mountainous parts and in the valleys and, according to some versions, gave the country its name. It is of interest to analyze the variability of the morphometric parameters of this plant species depending on the growing conditions.

This study is based on the establishment of a field practice in biogeography in the summer of 2021, held in Montenegro. The aim of the work was to determine the dependence of modification changes in Black Pine on the height of growth above sea level according to the following indicators: tree height, crown diameter, trunk diameter, and needle length. Measurements of adult representatives of *Pinus nigra* were taken at 8 recorded sites located at different heights above sea level, starting from the minimum coastal line of the sea (12.5 m) to the maximum growth height of *Pinus nigra* in Montenegro (1270.1 m) in the mountains. At each point, 10 mature trees were selected, visually reflecting the most common morphometric indicators for each selected high-altitude plateau with uniform growing conditions (flat surface, slope orientation, central part of the tree mass, forest stand density).

The results of measurements and statistical analysis established a significant negative correlation between height above sea level and morphometric growth rates of *Pinus nigra*.

Keywords: Montenegro, *Pinus nigra*, Black pine, vegetation of Montenegro, flora of Montenegro, habitats of Black pine, habitats of *Pinus nigra*, altitudinal zonality, modification variability of *Pinus nigra*.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-2-145-163

EDN: PLBCLG

HOW DOES ELEVATION ABOVE SEA LEVEL AFFECT THE MORPHOMETRIC GROWTH OF PINUS NIGRA IN MONTENEGRO

© 2022. S.O. Korol*, T.O. Korol**, E.I. Golubeva**

*University of Vienna

Austria, 1090, Wien, Spitalgasse 2, Hof 8. E-mail: sok.archive@gmail.com

**M.V. Lomonosov Moscow State University

Russia, 119991, Moscow, GSP-1, Leninskie Gory

E-mail: tatiana@korol.ru, egolubeva@gmail.com

Received April 11, 2022. Revised April 20, 2022. Accepted May 1, 2022.

Montenegro belongs to the Mediterranean climate zone, but due to the presence of high mountain ranges on a fairly limited territory, there is a multitude of microclimatic varieties: in the coastal part there is a zone of pronounced Mediterranean climate; in the flatland part of the country the climate is a changed Mediterranean; in mountainous areas – a zone of severe mountain climate with cold long winters. In the diversity of the flora of this region, an important place is occupied by the Black Pine (*Pinus nigra*), which grows both in the mountainous parts and in the valleys and, according to some versions, gave the country its name. It is of interest to analyze the variability of the morphometric parameters of this plant species depending on the growing conditions.

This study is based on the establishment of a field practice in biogeography in the summer of 2021, held in Montenegro. The aim of the work was to determine the dependence of modification changes in Black Pine on the height of growth above sea level according to the following indicators: tree height, crown diameter, trunk diameter, and needle length. Measurements of adult representatives of *Pinus nigra* were taken at 8 recorded sites located at different heights above sea level, starting from the minimum coastal line of the sea (12.5 m) to the maximum growth height of *Pinus nigra* in Montenegro (1270.1 m) in the mountains. At each point, 10 mature trees were selected, visually reflecting the most common morphometric indicators for each selected high-altitude plateau with uniform growing conditions (flat surface, slope orientation, central part of the tree mass, forest stand density).

The results of measurements and statistical analysis established a significant negative correlation between height above sea level and morphometric growth rates of *Pinus nigra*.

Keywords: Montenegro, *Pinus nigra*, Black pine, vegetation of Montenegro, flora of Montenegro, habitats of Black pine, habitats of *Pinus nigra*, altitudinal zonality, modification variability of *Pinus nigra*.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-2-164-181

EDN: QWBKDZ

Montenegro's flora is one of the most diverse, compared to most temperate-to-subtropical regions in the world; the mountains of the inland of the country are largely dominated by coniferous or mixed forest. Among them grows the *Pinus nigra*¹, the European black pine, which is the focus of this investigation; commonly it is found in forests most often including species such as the Norwegian spruce, *Picea abies*, the silver fir, *Abies alba*, the Aleppo pine, *Pinus halepensis*, the Bosnian pine, *Pinus leucodermis*, and the Heldreich pine, *Pinus heldreichii* (Discover Montenegro ..., 2020). *Pinus nigra* is characterized by its height, reaching to a maximum of 50m in some areas and usually growing as a single trunk, with ascending branches that form a broad

¹ The Latin names of species are given according to Plantarium (2022).

conical crown, with thick and fissured dark-grey bark on matured trees, and the needles with length 8-16cm long (The Gymnosperm Database, 2020).

The focus of this investigation is the effect of altitude above sea level on four factors of the growth of the *Pinus nigra*: the tree height, the crown diameter, the trunk circumference, and the needle length. N.L. Kazakova and I.S. Antonova (2015) investigated the impact of ecological conditions, including altitude of the habitat on the growth of the *Araucaria Araucana*. The results of this and other alike investigations suggest the existence of a dependence of tree growth on the altitude above sea level; the similarity in methodology furthermore asserts the validity of my conclusions.

The study of Ya. Lazarevic et al. (2017) on Dothistroma Needle Blight on High Altitude Pine Forests in Montenegro mentions the European black pine in Montenegro, at heights 820 to 1450 meters above sea level, among *Querculus*, *Carinatum*, *Betulus* and *Picea* communities. The European black pine is a common fast-growing conifer found across Europe and Asia Minor in primarily mountainous regions. In Montenegro, located on the Adriatic coast of the Balkans, it is common to areas both in the mountains and adjacent to the sea, though mostly found in abundance in coniferous forests on mountain slopes (Pinus Nigra in Europe ..., 2016).

Materials and Methods

Hypothesis. H1: There is an overall correlation between the elevation above sea level and growth of tree height, trunk circumference, crown diameter, and needle length of the *Pinus nigra*. H0: The elevation above sea level has no effect on the growth of the *Pinus nigra*.

Background Knowledge. The growth of the *Pinus nigra* as well as of surrounding vegetation in general may highly vary at different altitudes. The vegetation is comparably richer and more diverse in the mountains than the vegetation in the plains due to the greater variety of soil and climatic conditions in the mountains. *Pinus nigra* can grow on different substrates and bedrock, such as limestone, dolomite, and serpentine-peridotite (Vidakovic, 1991). The optimal altitudinal range for the European black pine is between 800 to 1500m above sea level (Fetic, 2015.)

The exposition and elevation of the slope determines the radiation level, the distribution of snow during the winter, and wind speed (Yergina et al., 2012). On the slopes of different expositions, regular changes in air and soil temperature, and the degree of soil warming are observed. The influence of these indices is reflected in the composition of vegetation, which, in its turn, affects the nature of vegetation, the flora composition, the development dynamics and general plant morphology (Volkov, Volkova, 2009).

Temperature is the determining factor in the set of plant species and diversity on slopes at different elevations. Fluctuations in the temperature gradient over heights on slopes of different exposure and under different conditions are quite large.

The kind of vegetation surrounding the *Pinus nigra* thus influences its root system and subsequently other growth factors such as the tree height, width, direction of trunk and branch growth and shape of the crown. Considering that different elevations on mountain slopes are claimed by different ecosystems, the morphometric parameters of the black pine may vary.

Variables. Independent variable: elevation above sea level (metres).

Dependent variables: 1) tree height (metres), 2) trunk circumference (metres), 3) tree crown diameter (metres), 4) pine needle length (centimetres).

All measurements are taken from trees growing on the *identical side of the mountain slope*: the south-west slope, which is facing the sea. On average, the temperature drop, with an increase in absolute altitude up to 100m, is mostly uniform and equal to 0.5°C for every 100m, but on northern slopes the temperature drop is generally slower than on the southern slopes. Thus, the conditions are kept uniform throughout the investigation, as only one side of the mountain slope is being used

continuously for the collection of the data.

The *ecological succession* in each area in which the measurements of the black pines are taken is primary. Since ecological succession affects both species diversity as well as, potentially, age of the trees growing in a certain area, it is crucial to only take measurements of trees growing in alike ecological successions. This ensures that the surrounding species for the black pine are uniform and that there is a larger ratio of mature trees to young trees.

All points from which tree measurements are taken are *located on flat ground*, though on different points of elevation up the mountain slope. Difference in slope and consecutively soil composition may influence the direction of growth and the system of the trees' roots, which may affect other factors including tree height and distribution of the crown and branches.

All measurements were taken of *mature trees*, minimising the possibility for inaccuracy as a result of misjudging the young age of the trees for a trend in growth.

The *measuring tools* are kept the same throughout the investigation. The same measuring tape is consistently used, with measurements rounded off to the nearest tenth of a meter (in the case of pine needle measurements: to the nearest tenth of a centimeter). The mobile application for measuring tree height, "Object Height", is consistently used as well as used by the same individual, to avoid deviations which might be caused by a difference in height of the measurer. Analogically, the same process accounts for measuring the elevation above sea level. The mobile device with the app "Altimeter" was placed on flat ground at the base of the tree.

Apparatus. We used a 3-meter measuring tape roller, measuring to three decimal places for meters: 1) "Altimeter" mobile app, 2) "Object Height" mobile app; measures height through angle of elevation, trigonometric ratios, 3) "Ruler" mobile app; the "level" function measures the incline of the slope.

Methodology. Measuring growth parameters of a *Pinus nigra* tree are as follows.

1. Two people are needed for taking the measurements.
2. Find a black pine that grows on level ground. For that, use the "Ruler" mobile app and the "level" function.
3. Measure the altitude above sea level using the "Altimeter" mobile app by placing the device on the ground at the base of the tree.
4. Measure the height of the tree using the "Object Height" app. Enter your height into the app and hold the device at eye level when measuring for the most accurate results. Record in the data table with one decimal place.
5. Use the measuring tape roller to measure the circumference of the tree trunk at eye level. Record in the data table with one decimal place.
6. Using the measuring tape roller, find the radius of the tree crown by measuring the distance from the tree trunk to the edge of the tree crown. Multiply by 2 to get the tree crown diameter. Record in the data table with one decimal place.
7. Using the measuring tape roller, measure the length of 5 pine needles from under the pine tree. Record in the data table with one decimal place.
8. Repeat the process for a total of 10 trees at one altitude point.
9. Repeat for a total of 8 locations.

Data analysis process. Microsoft Excel was used for all data analysis.

Average values are calculated for every location, meaning for every 10 trees at the same altitude point. Averages of altitude, tree height, trunk circumference, crown diameter and needle length for each point are calculated using Microsoft Excel.

Correlation is calculated for altitude above sea level and each of the four factors: tree height, trunk circumference, crown diameter and needle length. This is done using the correlation formula in Microsoft Excel.

Trend line and R^2 are calculated using Microsoft Excel directly from the scatter plots for each

growth factor of the *Pinus nigra*.

Standard deviation is calculated using the formula for general standard deviation in Microsoft Excel; it is then mapped onto the graphs of average values for each growth factor of the *Pinus nigra*. For the raw data see Table 1.

Table 1. Raw data from the general data base.

Point	No.	Above sea level (m)	Tree height (m)	Trunk circumference (m)	Crown diameter (m)	Crown radius (m)	Needle length (cm)					Average needle length (cm)
P. 1: Gradski park	1	12.5	12.5	2.1	11.6	5.8	9.8	14.5	11.2	10.2	9.1	11.0
	2	12.6	13.7	1.7	7.0	3.5	13.3	8.6	13.7	9.7	10.1	11.1
	3	12.8	18.6	2.2	5.6	2.8	9.4	12.3	7.4	7.8	14.2	10.2
	4	13.0	13.8	1.8	11.4	5.7	13.1	10.5	9.5	10.0	11.0	10.8
	5	16.0	14.3	2.1	8.2	4.1	14.4	11.0	12.3	12.1	9.7	11.9
	6	15.7	16.6	1.4	8.4	4.2	12.0	15.5	13.0	13.4	14.4	13.7
	7	12.9	18.9	1.8	7.8	3.9	9.2	9.5	9.7	12.6	12.1	10.6
	8	13.1	19.6	1.9	12.4	6.2	7.6	8.9	13.7	10.9	10.1	10.2
	9	13.8	17.0	2.0	7.4	3.7	8.6	7.9	12.8	14.6	13.5	11.5
	10	15.4	12.8	1.5	8.8	4.4	9.1	15.6	14.2	7.8	11.0	11.5
P. 2: Vrmac	11	474.4	9.5	2.3	6.4	3.2	19.0	16.6	16.9	15.9	14.1	16.5
	12	474.5	9.1	1.9	6.0	3.0	13.9	18.6	19.0	20.0	16.8	17.7
	13	476.2	13.1	1.5	6.2	3.1	23.1	20.4	18.2	19.2	19.8	20.1
	14	472.5	10.0	1.8	6.6	3.3	15.9	16.5	17.5	16.8	19.9	17.3
	15	475.3	15.2	1.4	4.8	2.4	18.5	19.2	21.9	17.2	16.3	18.6
	16	475.8	14.0	1.7	6.2	3.1	16.7	19.4	17.6	17.4	18.0	17.8
	17	466.9	12.6	1.8	5.8	2.9	16.8	20.9	19.5	18.1	19.2	18.9
	18	474.2	13.9	2.0	5.6	2.8	17.8	18.4	18.9	19.2	16.7	18.2
	19	475.1	14.2	1.5	4.6	2.3	16.1	14.9	18.0	16.0	17.4	16.5
	20	476.0	13.4	2.2	6.8	3.4	19.4	20.5	21.0	17.8	18.2	19.4
P. 3: Gorazda	21	382.2	9.7	2.2	8.2	4.1	15.5	16.0	19.1	17.2	16.9	16.9
	22	376.2	13.1	2.3	6.8	3.4	15.2	18.6	14.9	15.5	19.0	16.6
	23	375.9	7.2	1.5	8.0	4.0	16.2	16.7	15.0	16.7	17.3	16.4
	24	371.5	7.0	1.6	5.0	2.5	17.5	18.0	16.4	19.1	18.7	17.9
	25	371.6	8.6	1.6	7.4	3.7	14.8	17.1	15.1	18.9	17.6	16.7
	26	380.7	7.7	1.7	5.8	2.9	15.9	16.3	16.7	19.0	14.9	16.6
	27	382.0	9.1	1.9	6.8	3.4	15.0	15.8	18.6	19.3	19.0	17.5
	28	377.9	9.5	2.1	7.0	3.5	18.8	17.5	15.2	17.4	17.0	17.2
	29	377.2	12.0	2.0	4.4	2.2	16.7	16.0	19.0	14.8	15.2	16.3
	30	370.8	7.6	1.8	7.0	3.5	15.9	15.2	18.5	18.0	17.4	17.0
P. 4	31	955.0	11.9	1.6	5.2	2.6	14.0	14.1	13.5	15.2	14.5	14.3
	32	954.7	12.7	1.7	5.4	2.7	12.5	12.7	14.5	14.0	13.9	13.5
	33	958.0	18.3	1.2	3.8	1.9	14.2	13.0	14.7	14.9	13.5	14.1

Continuation of Table 1.

Point	No.	Above sea level (m)	Tree height (m)	Trunk circumference (m)	Crown diameter (m)	Crown radius (m)	Needle length (cm)					Average needle length (cm)
P. 4: Turn to Njegus	34	957.5	11.2	1.1	2.2	1.1	13.2	13.0	12.6	12.9	14.2	13.2
	35	960.1	14.3	1.0	2.0	1.0	12.6	11.9	13.0	12.5	12.7	12.5
	36	953.3	16.9	1.2	2.6	1.3	13.9	12.9	13.5	12.7	12.6	13.1
	37	956.1	18.0	1.3	2.6	1.3	12.1	15.0	13.4	13.0	14.3	13.6
	38	955.4	20.1	1.1	2.4	1.2	13.4	14.9	14.7	12.5	15.0	14.1
	39	955.4	17.6	1.2	1.8	0.9	13.6	14.0	13.2	12.9	13.0	13.3
	40	967.0	19.1	1.1	2.0	1.0	12.2	13.7	13.4	12.1	12.5	12.8
P. 5: Road to Lovcen	41	1120.8	16.8	0.7	2.4	1.2	11.2	12.0	11.9	13.3	14.0	12.5
	42	1126.0	14.7	1.1	2.0	1.0	14.0	12.8	11.4	11.2	11.9	12.3
	43	1118.3	18.0	0.8	3.6	1.8	12.5	13.6	12.3	12.5	13.4	12.9
	44	1119.0	17.2	0.9	1.8	0.9	11.5	11.5	11.6	13.0	11.1	11.7
	45	1123.2	17.6	0.9	2.4	1.2	11.0	11.0	13.7	12.4	12.6	12.1
	46	1123.3	15.9	1.0	3.2	1.6	13.7	11.9	13.3	13.5	13.0	13.1
	47	1123.7	16.4	0.9	2.4	1.2	13.5	12.9	11.3	12.1	13.6	12.7
	48	1129.1	15.7	0.6	1.6	0.8	13.1	12.4	10.9	13.7	10.5	12.1
	49	1126.5	18.5	1.2	2.0	1.0	13.4	11.2	13.4	12.2	11.0	12.2
	50	1120.5	17.8	0.8	2.2	1.1	11.3	13.1	12.6	12.8	11.9	12.3
P. 6: Plavi Horizonti	51	14.6	17.2	1.8	7.0	3.5	11.1	13.0	11.5	12.5	14.2	12.5
	52	11.9	16.4	1.4	5.6	2.8	10.8	11.3	12.0	13.5	11.5	11.8
	53	15.6	17.7	2.0	7.6	3.8	14.0	10.5	11.2	14.2	13.4	12.7
	54	10.2	14.5	1.4	6.6	3.3	11.2	11.7	10.8	13.6	13.9	12.2
	55	11.4	18.2	2.4	8.2	4.1	10.6	12.9	13.4	11.3	11.3	11.9
	56	11.8	17.0	1.8	5.4	2.7	12.4	14.7	14.2	10.5	12.6	12.9
	57	16.3	16.7	1.9	5.8	2.9	11.8	13.9	13.1	10.9	12.0	12.3
	58	16.7	16.2	1.5	6.8	3.4	10.2	14.3	11.0	12.2	14.5	12.4
	59	12.4	13.4	1.6	6.0	3.0	11.1	13.9	11.7	14.2	11.5	12.5
	60	12.9	18.0	2.1	9.0	4.5	13.5	11.1	10.8	12.5	13.0	12.2
P. 7: Lovcen	61	1554.1	3.4	1.0	4.6	2.3	8.9	7.5	9.3	8.7	9.8	8.8
	62	1557.6	4.0	0.9	5.8	2.9	7.0	8.4	11.6	10.9	9.3	9.4
	63	1555.6	3.8	0.8	4.4	2.2	6.9	7.2	5.6	20.3	9.0	9.8
	64	1553.2	3.7	0.8	5.4	2.7	5.8	6.7	9.9	10.8	8.7	8.4
	65	1553.7	4.1	1.1	5.0	2.5	6.4	10.2	5.7	6.9	7.4	7.3
	66	1556.0	3.5	0.7	6.0	3.0	9.2	6.2	7.5	8.3	10.4	8.3
	67	1555.7	3.7	0.8	5.0	2.5	6.8	5.8	10.5	9.8	7.0	8.0
	68	1554.8	3.2	1.0	5.6	2.8	9.4	10.5	6.6	5.5	8.9	8.2
	69	1555.2	3.9	0.9	4.6	2.3	7.7	9.3	10.9	8.7	6.8	8.7

Continuation of Table 1.

Point	No.	Above sea level (m)	Tree height (m)	Trunk circumference (m)	Crown diameter (m)	Crown radius (m)	Needle length (cm)					Average needle length (cm)
P. 7	70	1552.9	3.8	0.8	4.8	2.4	10.1	7.3	8.7	6.9	8.6	8.3
P. 8: Ivanovo Korito	71	1270.2	14.9	1.5	4.2	2.1	12.2	11.6	12.0	11.8	14.8	12.5
	72	1270.1	16.2	1.8	5.2	2.6	14.0	13.1	11.6	14.5	14.5	13.5
	73	1271.6	18.4	1.7	4.8	2.4	13.0	11.2	10.6	11.9	12.5	11.8
	74	1272.1	19.6	1.5	2.8	1.4	13.6	11.0	12.1	13.0	12.6	12.5
	75	1272.4	17.7	1.2	3.4	1.7	14.5	13.7	11.7	12.3	12.0	12.8
	76	1271.9	17.9	1.9	4.4	2.2	14.0	12.1	13.8	12.0	11.4	12.7
	77	1273.0	15.8	1.6	4.0	2.0	13.8	12.2	13.1	10.9	14.4	12.9
	78	1272.5	18.2	2.0	3.0	1.5	11.7	13.0	14.2	11.5	12.3	12.5
	79	1270.3	19.1	1.8	3.8	1.9	11.9	11.6	13.7	12.8	13.3	12.7
	80	1270.1	17.0	1.7	5.0	2.5	12.0	14.3	11.3	12.2	12.6	12.5

The relatively large sample size as well as clustering measurements into 8 distinct points on the mountain slope allowed to maximise, to the extent available in the conditions of the Internal Assessment, the validity of the collected data. Measuring 10 trees at each point of elevation allowed me then to find averages, which make analysis easier in terms of its visualisation and its graphic representation. A total of 80 samples is a substantial number which implies the reliability of the results derived from the data analysis.

The controlled variables were extensive in number and were adhered to and kept uniform throughout the whole investigation. All black pine trees used as samples for measurement were found growing in predominantly *Pinus nigra* composed forests, and all elevation points of measurement were, though located at different positions up the mountain slope, all on relatively flat ground. The effort to sustain the controlled variables is most certainly a strength of this investigation, as it minimised, to the extent possible, the chance of inaccuracy which may occur because of unaccounted for conditions.

Systematic error is potentially the largest weakness of this investigation: tree height, a crucial growth factor, was, due to my limited access to higher-level technology, possible to measure only through the use of a mobile application. The application, though fairly accurate (a control test conducted prior to data collection proved the application to accurately determine the height of a 1.6m object 8 out of 10 times) for shorter objects, showed on occasion a large calculation error when it came to the tallest trees. The reason for this inconsistency is the limited ability of the phone camera to capture the needed object, and of the application's ability to determine the degree to which the device was lifted.

Limited resources also present a weakness, as I had no devices for determining other factors such as the soil composition, the humidity, the wind speed, etc. Given those limitations, the collected data may possibly be affected by the unaccounted-for factors, such as the ones mentioned above. The resulting incompleteness of analysis due to these technical boundaries may have thus affected the conclusion drawn from it (Table 2). Other factors that should have been considered as controlled variables include distance from water source, soil type, and wind patterns.

Results and Discussion

The graph of Figure 1 is the scatter plot of all measured tree heights; the data is clustered into 8 areas of 10 trees per area, corresponding to the 8 chosen altitude points (out of which two were at similar altitudes, hence the lack of distinction between the two clusters). The calculated coefficients of determination (R^2) and correlation ($r = -0.28$) have low values, but their mathematical certainty is high enough ($r - \alpha = 0.05$), which proves there is a trend (the latter is determined by the significant coefficient of correlation r with its values on the module equal or higher than 0.2-0.3) or a valid negative relationship between the altitude above sea level and the height of a tree.

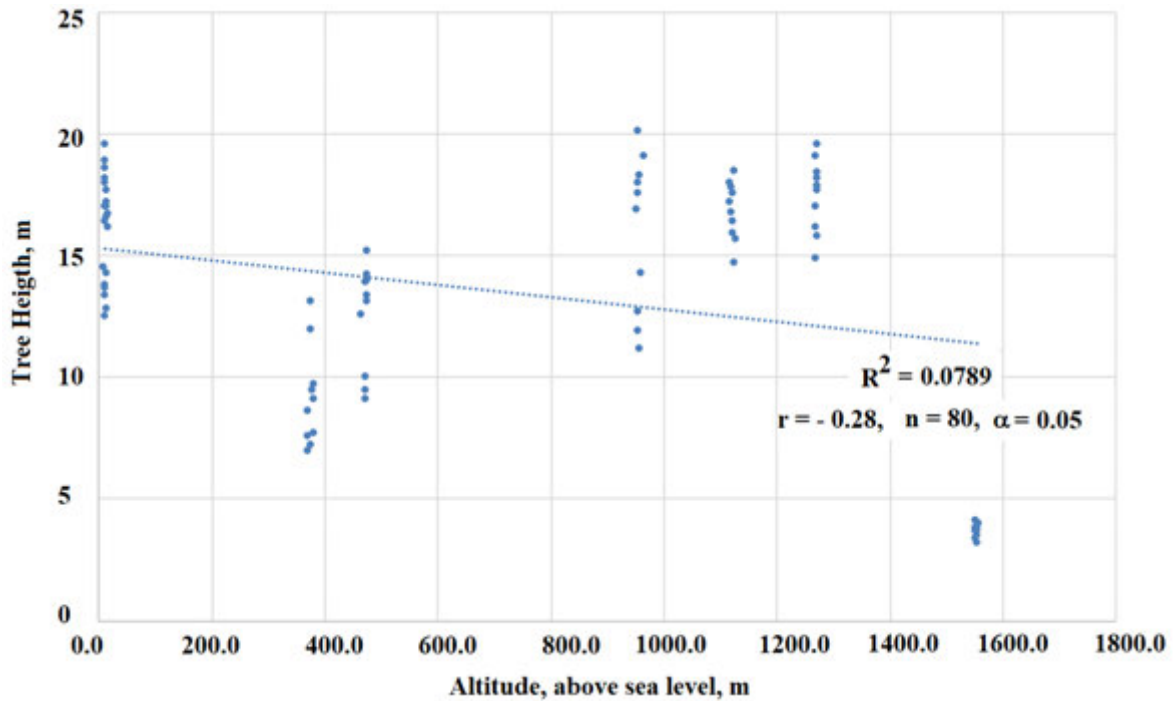


Fig. 1. Effect of altitude (meters above sea level) on tree height.

Figure 2 shows the relationship between two dependencies, according to the values from Table 2: a) distribution of the model points by their altitude (Figure 2, dotted line), and b) distribution of trees height on them (Figure 2, solid line). The figure shows a positive relationship from Gorazda to Ivanovo Korito, with outliers at both ends of the spectrum of measured altitude values. The standard deviation is lowest for Lovcen, meaning that the trees were mostly uniform in height; the standard deviation is highest for Crossroad Njegusi, showing a greater dispersion in terms of tree heights.

Figure 3 is a scatter plot of all measured tree trunk circumferences; the data is clustered into 7 areas of 10 trees per area, corresponding to the 8 chosen altitude points (out of which two were at similar altitudes, hence the lack of distinction between the two clusters). This figure shows a maximally valid noticeable² negative correlation relationship ($r = -0.68$, $\alpha = 0.001$) between the trunk circumference and altitude above sea level.

Figure 4 shows a distribution of the model points by their altitude (Fig. 4, dotted line) in comparison with the trucks circumference dependence on the altitude on the corresponding plots

² The valid coefficients of correlation were valued according to Chaddock-Snedecor scale: 0.1-0.3 – weak, 0.4-0.5 – moderate, 0.6-0.7 – noticeable, 0.8-0.9 – close, 0.91-0.99 – strong.

(Fig. 4, solid line). There is a spike at Ivanovo Korito, however excluding it the relationship is negative. The standard deviation is generally larger for the first 4 altitude points, suggesting a greater dispersion of values and tree sizes at lower altitudes than at higher altitudes.

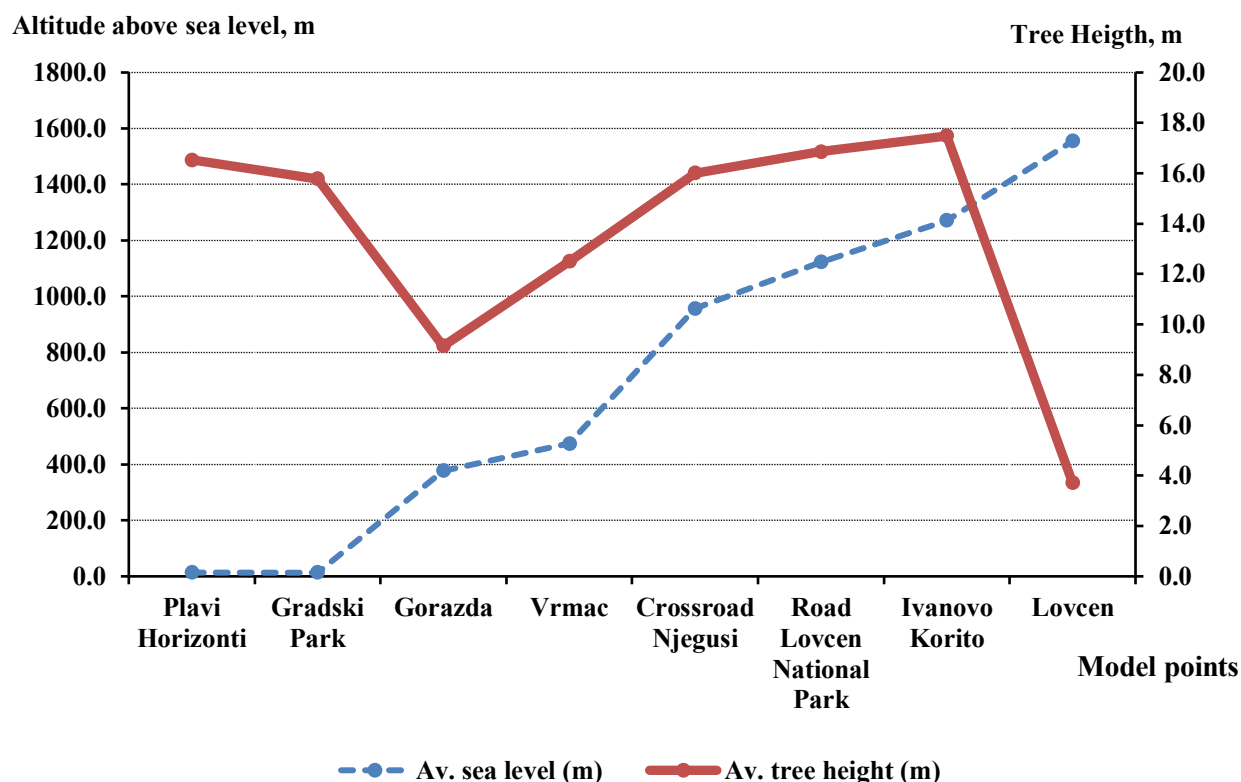


Fig. 2. Correlation between a) the distribution of model points according to their altitude (dotted line) and b) the distribution of the trees height on them (solid line).

Table 2. Average of measured parameters for each model point.

Points	Average altitude above sea level (m)	Average tree height (m)	Average trunk circumference (m)	Average crown diameter (m)	Average needle length (cm)
Plavi Horizonti	13.4	16.5	1.8	6.8	12.3
Gradski Park	13.8	15.8	1.9	8.9	11.3
Gorazda	376.6	9.2	1.9	6.6	16.9
Vrmac	474.1	12.5	1.8	5.9	18.1
Crossroad Njegusi	957.3	16.0	1.3	3.0	13.4
Road Lovcen National Park	1123.0	16.9	0.9	2.4	12.4
Ivanovo Korito	1271.4	17.5	1.7	4.1	12.6
Lovcen	1554.9	3.7	0.9	5.1	8.5

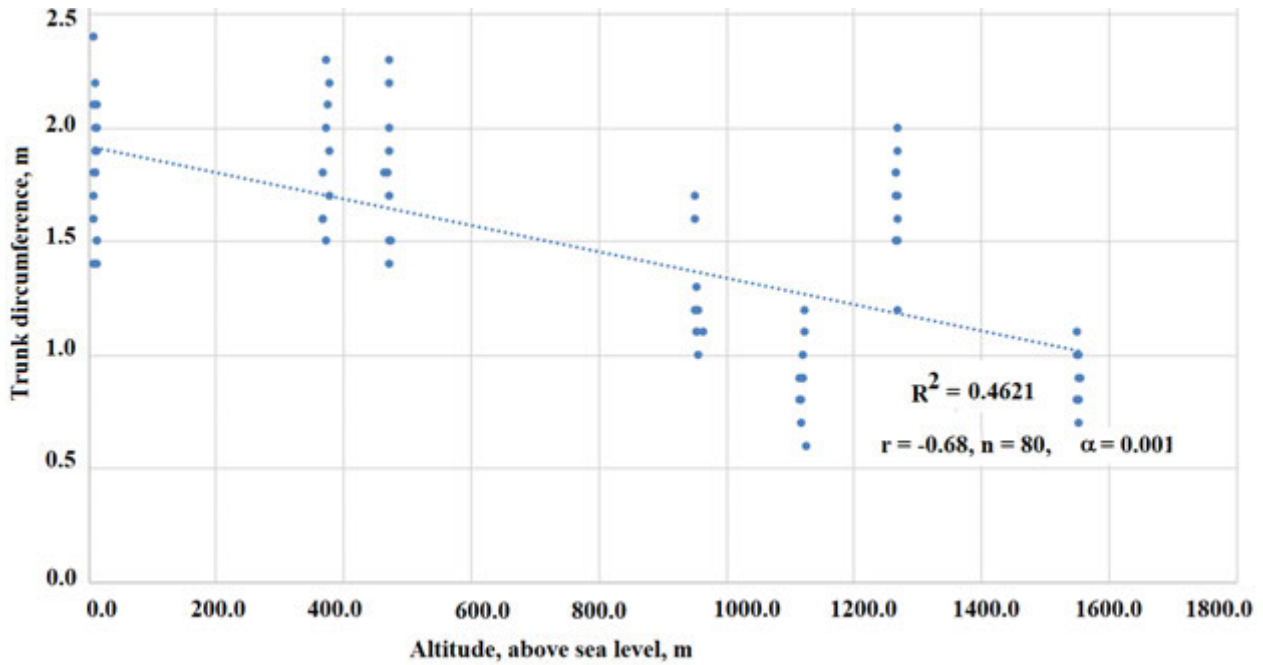


Fig. 3. Effect of altitude (meters above sea level) on trunk circumference.

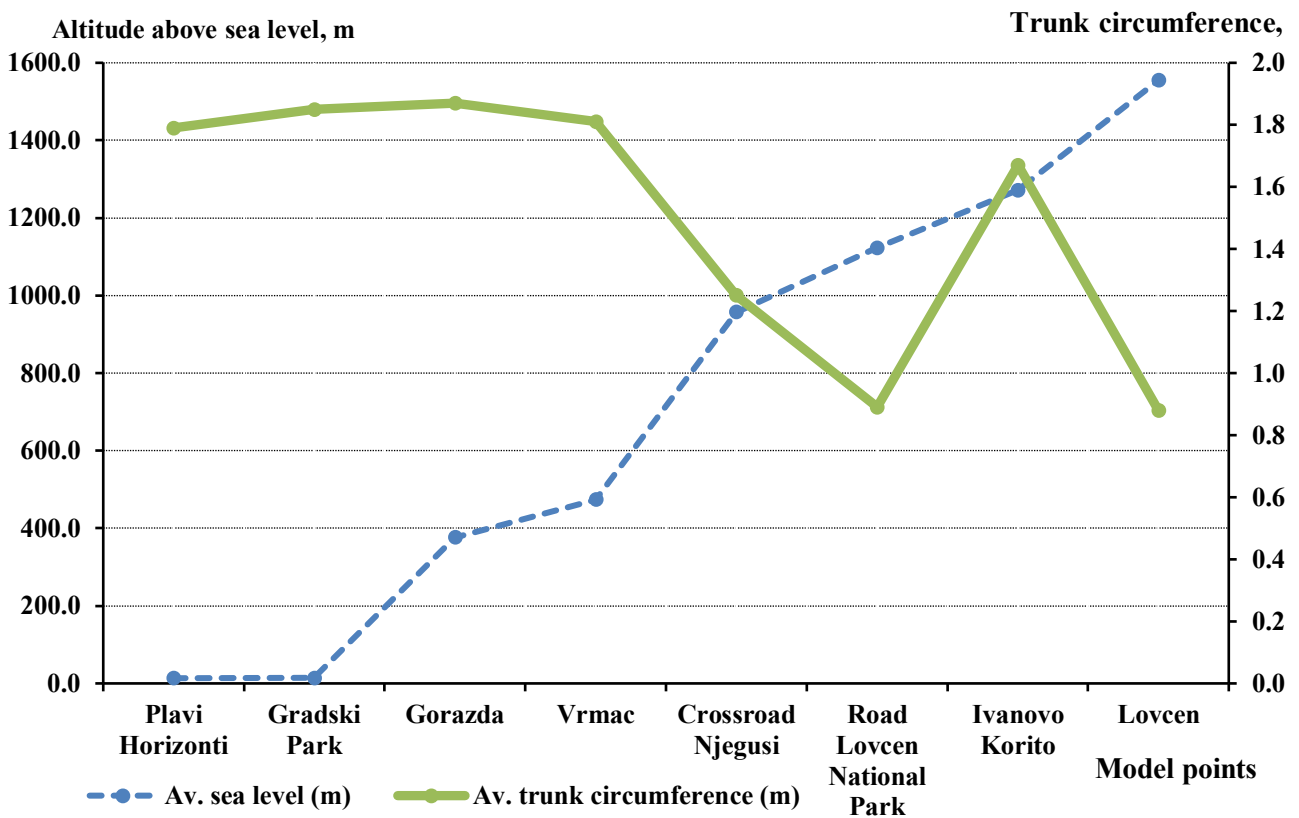


Fig. 4. Correlation between a) the distribution of model points according to their altitude (dotted line) and b) the distribution of the average trunk circumference on them depending on the altitude (solid line).

Figure 5 shows all measured crown diameters. The data is clustered into 7 areas of 10 trees per area, corresponding to the 8 chosen altitude points (out of which two were at similar altitudes, hence the lack of distinction between the two clusters). The moderately high coefficients of determination ($R^2 = 0.4429$) and correlation ($r = -0.67$) have the highest significance there ($\alpha = 0.001$). Therefore, a noticeable (according to Chaddock-Snedecor scale) negative correlation dependence between the crown diameter and altitude above sea level was revealed there with a 99.9% validity.

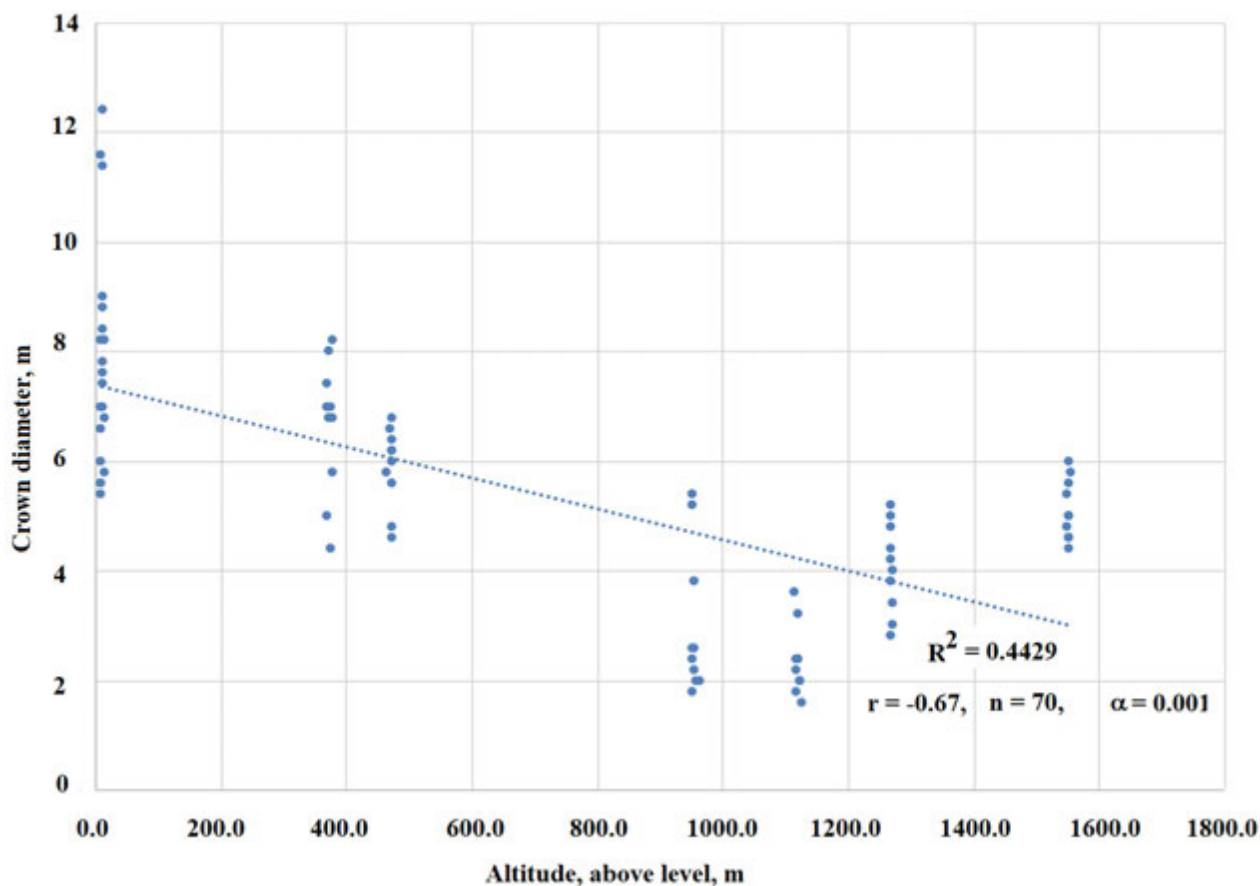


Fig. 5. Effect of altitude (meters above sea level) on crown diameter.

Figure 6 shows the distribution of points by the average crown diameter on them (solid line) in comparison with the distribution of the said points depending on the altitude (dotted line). This graph suggests, similarly to the graph of the dependence of tree height on elevation, a negative relationship from Gradski Park to Road to Lovcen National Park; the lowest and highest elevations are outliers to the general trend. The standard deviation is largest at Gradski Park, showing the greater diversity in crown diameter, and it is the smallest at Lovcen, analogously to standard deviation for tree height; this further supports the observation that the black pines at Lovcen are the most uniform in size.

Figure 7 shows all measured pine needle lengths. The data is clustered into 7 areas of 10 trees per area, corresponding to the 8 chosen altitude points (out of which two were at similar altitudes, hence the lack of distinction between the two clusters). Despite the low values of the coefficients of determination ($R^2 = 0.0821$) and correlation ($r = -0.27$), the sample size ($n = 70$) makes the correlation coefficient ($\alpha = 0.05$) highly significant. Therefore, according to the determination of the trends presence, we have an established and absolutely valid negative relationship (although not a very high one, i.e. insignificant, according to Chaddock-Snedecor scale) between the needle length and the altitude above sea level.

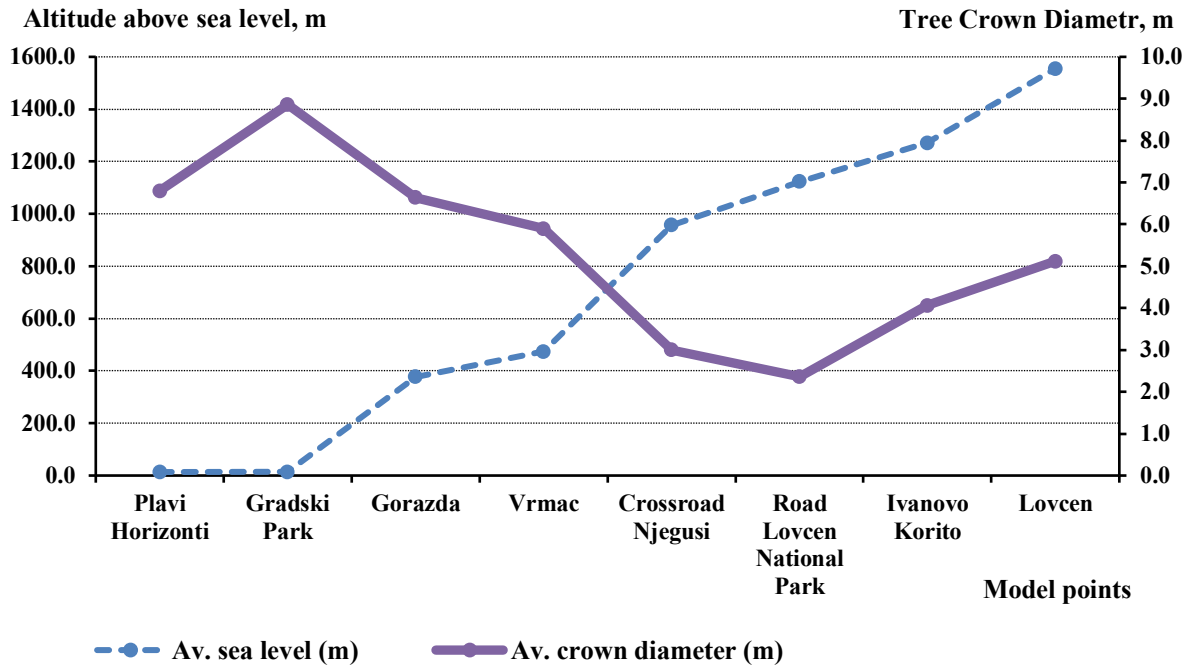


Fig. 6. Correlation between a) the distribution of model points according to their altitude (dotted line) and b) the distribution of the average crown diameter on them depending on the altitude (solid line).

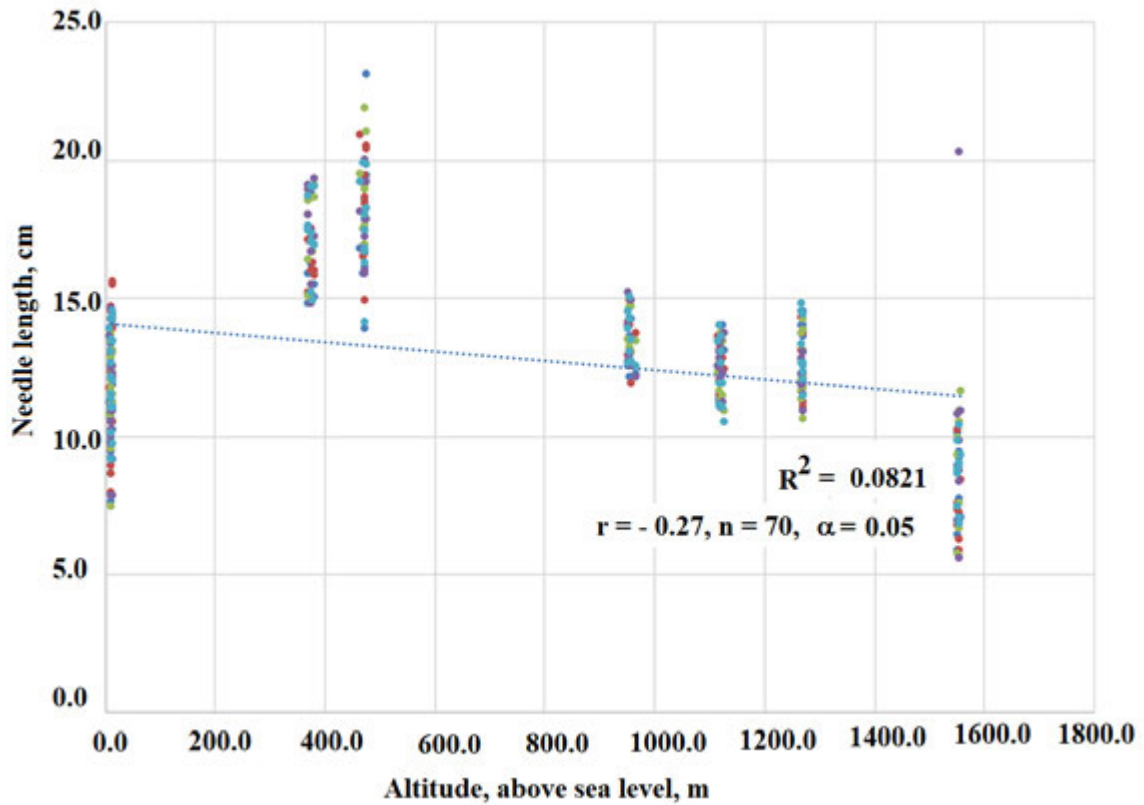


Fig. 7. Effect of altitude on needle length.

Figure 8 shows the relationship between distribution of the points by their altitude (dotted line) and dependence of average pine needle length on the altitude (solid line) on the corresponding points. There is an increase in needle length at Gorazda and Vrmac, however the general trend is still negative. The R^2 value is notably low for all altitude points, showing little dispersion or variety.

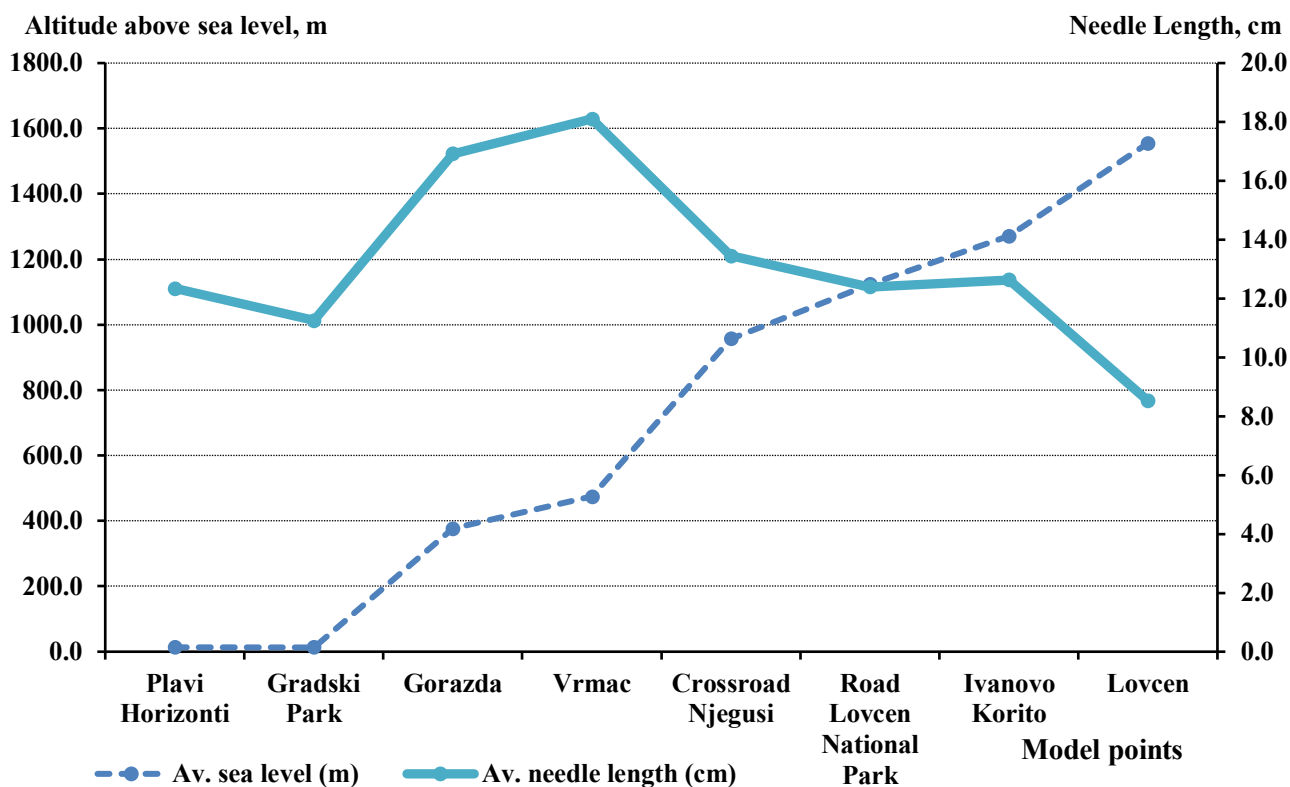


Fig. 8. Correlation between a) the distribution of model points according to their altitude (dotted line) and b) the distribution of the average pine needle length on them depending on the altitude (solid line).

Conclusions

Therefore, every calculated coefficient of correlation between the analysed parameters is of high mathematical significance from 95 to 99.9%. The coefficient of correlation allows us to infer whether the relationship between altitude and various growth factors of the *Pinus nigra* are substantial enough to be considered valid.

Calculations show that all growth factors had a negative valid correlation with the altitude above sea level. The coefficient of correlation ranged from ~ 0.27 , which is an insignificant negative correlation, to ~ -0.68 , which is noticeable, according to Chaddock-Snedecor scale. This means that, statistically, all growth factors have a distinct and proven negative correlation with the elevation above sea level.

From the results of the experiment, it can be concluded that elevation above sea level has a significant impact on the tree height, trunk circumference, crown diameter, and needle length of the *Pinus nigra*. Therefore, our null hypothesis is rejected, and the hypothesis H1 is taken for consideration. Though a correlation has been proven to exist between altitude and growth factors of the *Pinus nigra* (Table 3), hypothesis H1 is not correct, as the effect of the absolute altitude is not uniform for all measured factors.

Though the Statistical Analysis Table 3 shows a negative correlation of ~ -0.28 of tree height

and altitude, further analysis of the processed data graph on the Figure 1 shows a strong positive correlation from point 3 (Photo 1) to point 7 (Photo 2), with the outliers being points 1 and 2 (Photo 3, 4) and point 8 (Photo 5), respectively. It can therefore be concluded that specific climatic factors influence most strongly the height of the *Pinus nigra* at the lowest and highest elevations. I hypothesize that it is the richer soil and the proximity to water caused the black pines at points Plavi Horizonti and Gradski Park to grow significantly in height. At the same time, I would expect the reason for the height of the black pines to drop to its minimum at the highest point 8 (Photo 5) to be the lower temperatures, the strong winds, and the snow in the winter.

Table 3. Correlations between altitude and measured growth factors.

Correlation parameters	r
Correlation of sea level and tree height	-0.28
Correlation of sea level and trunk circumference	-0.68
Correlation of sea level and crown diameter	-0.67
Correlation of sea level and needle length	-0.27



Photo 1. Gorazda, point 3.

The Statistical Analysis Table 3 reveals a negative correlation, against hypothesis H1, between altitude and trunk circumference of the *Pinus nigra*, with an outlier from the trend at point 7 (Photo 2). A presumed explanation for such is that the large trunk circumference coincides with the largest height of the black pines at Ivanovo Korito: as seen in the Photo 2, the trees grow on flatter larger space than trees at other mountainous points. The soil composition of the former is comparably different to the latter as well: there is richer and looser soil at Ivanovo Korito, while at other mountainous points (Photo 1, 5-8) the ground is made up largely of drier soil and rocks.

The correlation of altitude and crown diameter is ~ -0.67 (Table 3), however, similarly to the pattern of tree height, the processed data on the Figure 3 shows a discrepancy to the general trend at the lowest and highest two points. It can be speculated then that for Plavi Horizonti and Gradski Park it is the proximity to the sea and the lack of slope (flattest ground) that allowed for a broader crown; and for Ivanovo Korito and Lovcen it is the drop in temperature which causes a spreading of the crown.

Lastly, the processed data on the Figure 4 shows a generally negative correlation, though less steep, between altitude and needle length. A local rise seen between Gorazda and Vrmac coincides with a drop in tree height and can be potentially attributed to the specificity of the features of the slope of Vrmac mountain and the frequent winds from sea.



Photo 2. Ivanovo Korito, point 7.



Photo 3. Plavi Horizonti, point 1.

Despite the extensiveness of this study, there are a number of procedural modifications which could potentially increase the quality and viability of it. In order to increase the accuracy of the collected data, a different method of measuring height could have been used instead of the mobile application used for the purpose of this investigation. A more professional tool would not only have a lesser chance of miscalculation or technical malfunction but may also provide more precise measurements than the general tool that is the “Object Height” mobile application.



Photo 4. Gradski Park, point 2.



Photo 5. Lovcen Mountain, point 8.

Including more controlled variables would increase the quality and reliability of the data analysis. Factors such as soil composition, surrounding vegetation, and distance from water source are all factors which may influence the growth of the *Pinus nigra*. Therefore, to achieve the most accurate results possible, they would need to be taken into account.

Finding a way to tell the age of the pines would also increase the reliability of the investigation. One of the controlled variables was that all measured trees should be “mature trees”, however with the limited resources it is difficult to tell, based only on the visual aspect, the age of the tree. Eliminating this issue would eliminate the degree of uncertainty that came with the analysis of the data as a result of lack of information about the individual tree.

On a broader scale, the research question might have been answered more sophisticatedly and accurately by including additional altitudinal points, not only could a more precise and truer trend line be drawn from the data; it may also reveal nuances to the patterns visible in this investigation, or to reveal the impact of more unique geographical features on the growth of the *Pinus nigra*. Overall, this adjustment would provide a fuller analysis of the Montenegrin landscape in general and the growth of the black pine within the whole country, or at least of the larger part of it.

Another major overhaul would be to choose only one growth factor, for instance the pine needle

length, but have considerably more samples. These changes would make the research question and the following investigation narrower and clearer in focus, as well as increase the accuracy of the analysis results due to the larger number of samples.



Photo 6. Vrmac Mountain, point 4.

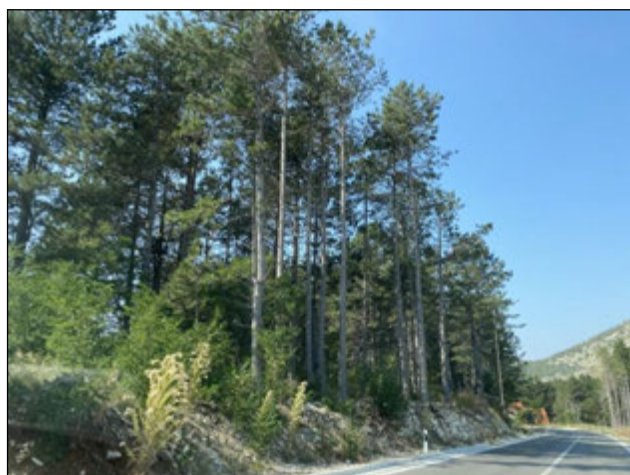


Photo 7. Crossroad Njegusi, point 5.



Photo 8. Road to the Lovcen National Park, point 6.

REFERENCES

1. Discover Montenegro: Flora. Discover Montenegro. 2020 [Available at www.discover-montenegro.com/flora (Date of Access 19/12/2021)].
2. Enescu C.M., de Rigo D., Caudullo G., Durrant T.H. 2016. *Pinus Nigra* in Europe: Distribution, Habitat, Usage and Threats // ResearchGate. P. 126-127.
3. EUFORGEN European Forest Genetic Resources Programme. *Pinus nigra*. 2003 [Available at www.euforgen.org/species/pinus-nigra/ (Date of Access 19/12/2021)].
4. Fetic A. 2015. Forests of Montenegro: Directorate for Forestry, Hunting and Wood Industry. Government of Montenegro: Ministry of Agriculture and Cultural Development. 25 p.
5. Kazakova N.L., Antonova I.S. 2015. Crown Shape of *Araucaria Araucana* K. Koch in Different Age States and Ecological Conditions of Natural Habitats // TvGU Herald. Series "Biology and Ecology". Ser. 3. P. 135-153.
6. Lazarevic J., Davydenko K., Millberg H. 2017. Dothistroma Needle Blight on High Altitude Pine Forests in Montenegro // Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry. P. 294-302.
7. Plantarium. 2022 [Available at <https://www.plantarium.ru/page/view/item/44795.html> (Date of Access 25/05/2022)].
8. The Gymnosperm Database. *Pinus nigra*. 2020 [Available at www.conifers.org/pi/Pinus_nigra.php (Date of Access 19/12/2021)].
9. Vidakovic M. 1991. Conifers: Morphology and Variation. Zagreb: Graficki zavod Hrvatske. 756 p.
10. Volkov I.V., Volkova I.I. 2009. The Analysis of Distribution of High-Mountainous Landscapes of Temperate and Subtropical Zones of Eurasia in the System of Mountain Zonality // Tomsk State Pedagogical University Bulletin. No. 11 (89). P. 161-167.

REFERENCES

1. Discover Montenegro: Flora. Discover Montenegro. 2020. Available at www.discover-montenegro.com/flora (Date of Access 19/12/2021).
2. Enescu CM, de Rigo D, Caudullo G, Durrant TH. *Pinus Nigra* in Europe: Distribution, Habitat, Usage and Threats. *ResearchGate*. 2016:126-127.
3. EUFORGEN European Forest Genetic Resources Programme. *Pinus nigra*. 2003. Available at www.euforgen.org/species/pinus-nigra/ (Date of Access 19/12/2021).
4. Fetic A. Forests of Montenegro: Directorate for Forestry, Hunting and Wood Industry. Government of Montenegro: Ministry of Agriculture and Cultural Development. 2015:25.
5. Kazakova NL, Antonova IS. Crown Shape of *Araucaria Araucana* K. Koch in Different Age States and Ecological Conditions of Natural Habitats. *TvGU Herald. Series "Biology and Ecology"*. 2015;3:135-153.
6. Lazarevic J, Davydenko K, Millberg H. Dothistroma Needle Blight on High Altitude Pine Forests in Montenegro. *Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry*. 2017:294-302.
7. Plantarium. 2022. Available at <https://www.plantarium.ru/page/view/item/44795.html> (Date of Access 25/05/2022).
8. The Gymnosperm Database. *Pinus nigra*. 2020. Available at www.conifers.org/pi/Pinus_nigra.php (Date of Access 19/12/2021).
9. Vidakovic M. Conifers: Morphology and Variation. Zagreb: Graficki zavod Hrvatske, 1991:756.
10. Volkov IV, Volkova II. The Analysis of Distribution of High-Mountainous Landscapes of Temperate and Subtropical Zones of Eurasia in the System of Mountain Zonality. *Tomsk State Pedagogical University Bulletin*. 2009;11 (89):161-167.
11. Yergina E, Lysetskyi FN, Akulow VV, Repetska AI, Novikova YuA. Dendroclimatic Investigation of Conditions

11. Yergina E.I., Lysetskyi F.N., Akulow V.V., Repetska A.I., Novikova Yu.A. 2012. Dendroclimatic Investigation of Conditions of Growth of Crimean Pine or Pinus Pallasiana D. Don in the Foothern Crimea // Scientific Notes of V.I. Vernadsky Tavrishesky National University. Vol. 25. No. 2. P. 60-68.
- of Growth of Crimean Pine or Pinus Pallasiana D. Don in the Foothern Crimea. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Tavrishesky National University.* 2012;25 (2):60-68.

УДК 574.24

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫСОТЫ НАД УРОВНЕМ МОРЯ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОСНЫ ЧЕРНОЙ В ЧЕРНОГОРИИ

© 2022 г. С.О. Король*, Т.О. Король**, Е.И. Голубева**

*Венский университет

Австрия, 1090, г. Вена, ул. Шпитальгассе, д. 2-8. E-mail: sok.archive@gmail.com

**Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1

E-mail: tatiana@korol.ru, egolubeva@gmail.com

Поступила в редакцию 11.04.2022. После доработки 20.04.2022. Принята к публикации 01.05.2022.

Черногория относится к зоне средиземноморского климата, но благодаря наличию высоких горных массивов на достаточно ограниченной территории наблюдается большое разнообразие микроклиматических условий экотопа: в прибрежной части – зона ярко выраженного средиземноморского климата; в равнинной части страны климат континентальный; в горных районах – зона сурового горного климата с холодными длительными зимами. В разнообразии флоры этого региона важное место занимает сосна черная (*Pinus nigra Arnold*), произрастающая как в горных частях, так и в долинных и, по некоторым версиям, давшая название стране. Нам представляется интересным анализ изменчивости морфометрических показателей данного вида растений в зависимости от условий его произрастания.

Данное исследование базируется на результатах полевой практики по биогеографии летом 2021 года, проведенной в Черногории. Целью работы являлось определение изменений морфометрических параметров сосны черной в зависимости от высоты произрастания над уровнем моря по следующим показателям: высота дерева, диаметр кроны, диаметр ствола, длина хвои. Были проведены замеры взрослых представителей *Pinus nigra* на 8 учетных площадках, расположенных на разных высотах над уровнем моря – от минимальной 12.5 м н.у.м. на береговой линии моря до максимальной – 1270.1 м н.у.м. в горах. В каждой точке было выбрано по 10 взрослых деревьев, визуально отражающих наиболее типичные морфометрические показатели для каждого выбранного высотного плато с однородными условиями произрастания (плоская поверхность, ориентация склона, центральная часть массива деревьев, плотность древостоя).

Результаты измерений и статистического анализа установили достоверную отрицательную корреляцию между высотой над уровнем моря и морфометрическими показателями роста *Pinus nigra*.

Ключевые слова: Черногория, *Pinus nigra*, сосна чёрная, растительность Черногории, места обитания сосны чёрной, высотная поясность, морфометрическая изменчивость сосны чёрной.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-2-164-181

EDN: QWBKZDZ