

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ – АЛТАЙСКОЕ КРАЕВОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ВОО «РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО»

ИЗВЕСТИЯ АЛТАЙСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

(ИЗВЕСТИЯ АО РГО)

Журнал
декабрь 2022
Основан в 1961 году

ISSN 2410-1192
№ 4 (67)
Выходит 4 раза в год

НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР, ПРЕДСЕДАТЕЛЬ СОВЕТА – Пузанов А.В., д.б.н., проф., г. Барнаул

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Безматерных Д.М., д.б.н., доц., г. Барнаул

Папина Т.С., д.х.н., г. Барнаул

ВЫПУСКАЮЩИЙ РЕДАКТОР – Архипова И.В., к.г.н., г. Барнаул

ЧЛЕНЫ СОВЕТА:

Андроханов В.А., д.б.н., проф., г. Новосибирск
Буслов М.М., д.г.-м.н., проф., чл. корр. РАН,
г. Новосибирск
Бутвиловский В.В., д.г.н., г. Дрезден, Германия
Веснина Л.В., д.б.н., проф., г. Барнаул
Винокуров Ю.И., д.г.н., проф., г. Барнаул
Водичев Е.Г., д.и.н., проф., г. Новосибирск
Гармаев Е.Ж., д.г.н., чл. корр. РАН, г. Улан-Удэ
Гусев А.И., д.г.-м.н., проф., г. Бийск
Гутак Я.М., д.г.-м.н., проф., г. Новокузнецк
Двинских С.А., д.г.н., проф., г. Пермь
Дунец А.Н., д.г.н., проф., г. Барнаул
Егорина А.В., д.г.н., проф., Казахстан
Ельчиной О.А., д.с.-х.н., проф., г. Горно-Алтайск
Заика В.В., д.б.н., проф., г. Кызыл
Зиновьев А.Т., д.т.н., г. Барнаул
Золотов Д.В., к.б.н., г. Барнаул
Инишева Л.И., д.с.-х.н., чл.-корр., г. Томск
Кириллов В.В., к.б.н., доц., г. Барнаул
Кирста Ю.Б., д.б.н., проф., г. Барнаул
Комарова Л.А., д.б.н., проф., г. Бийск
Конторович А.Э., д.г.-м.н., акад., г. Новосибирск

Кочуров Б.И., д.г.н., проф., г. Москва
Куrolап С.А., д.г.н., проф., г. Воронеж
Лхагвасурэн Чойжинжав, проф., г. Ховд, Монголия
Мазуров М.П., д.г.-м.н., проф., г. Новосибирск
Парначев В.П., д.г.-м.н., проф., г. Томск
Подобина В.М., д.г.-м.н., проф., г. Томск
Попов П.А., д.б.н., проф., г. Новосибирск
Ротанова И.Н., к.г.н., доц., г. Барнаул
Рудский В.В., д.г.н., проф., Московская обл.
Рыбкина И.Д., д.г.н., доц., г. Барнаул
Савичев О.Г., д.г.н., проф., г. Томск
Севастьянов В.В., д.г.н., проф., г. Томск
Сенников Н.В., д.г.-м.н., проф., г. Новосибирск
Сухова М.Г., д.г.н., проф., г. Горно-Алтайск
Сысо А.И., д.б.н., проф., г. Новосибирск
Ташев А.Н., к.б.н., проф., Болгария
Труевцева О.Н., д.и.н., проф., г. Барнаул
Чернышов А.И., д.г.-м.н., проф., г. Томск
Чибилев А.А., д.г.н., акад. РАН, г. Оренбург
Ядренкина Е.Н., д.б.н., проф., г. Новосибирск
Яныгина Л.В., д.б.н., доц., г. Барнаул

Технический редактор – Вдовина О.Н., к.б.н.

Адрес издателя и редакции: 656038 Алтайский край, Барнаул, ул. Молодежная, 1
Тел: (385-2) 364091, (385-2) 666507, факс (385-2) 240396, bulletin@rgo-altay.ru, <http://rgo-journal.ru>

Регистрационный номер СМИ ПИ № ТУ22-00790. Подписной индекс в каталоге Роспечати 95004
© Известия Алтайского отделения Русского географического общества, 2022

г. Барнаул – 2022

FOUNDER AND PUBLISHER – ALTAY REGIONAL BRANCH
RUSSIAN GEOGRAPHICAL SOCIETY

BULLETIN OF THE ALTAY BRANCH OF THE RUSSIAN GEOGRAPHICAL SOCIETY

(BULLETIN AB RGS)

[IZVESTIYA ALTAYSKOGO OTDELENIYA RUSSKOGO GEOGRAFICHESKOGO OBSHCHESTVA
(IZVESTIYA AO RGO)]

Journal
December, 2022
Founded in 1961

ISSN 2410-1192
No 4(67)
4 issues per year

EDITORIAL BOARD

EDITORS-IN-CHIEF – Prof. Alexandr V. Puzanov (Barnaul, Russia)

DEPUTY CHIEF EDITORS:

DrSc Dmitry M. Bezmaternyh (Barnaul, Russia)

DrSc Tat'yana S. Papina (Barnaul, Russia)

MANAGING EDITOR – PhD Irina V. Arkhipova (Barnaul, Russia)

THE MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

Prof. V.A. Androkanov (Novosibirsk, Russia)	Prof. V.P. Parnachev (Tomsk, Russia)
Prof. M.M. Buslov (Novosibirsk, Russia)	Prof. V.M. Podobina (Tomsk, Russia)
DrSc V.V. Butvilovsky (Dresden, Germany)	Prof. P.A. Popov (Novosibirsk, Russia)
Prof. A.I. Chernyshov (Tomsk, Russia)	PhD I.N. Rotanova (Barnaul, Russia)
Acad. RAS Prof. A.A. Chibilyov (Orenburg, Russia)	Prof. V.V. Rudsky (Moscow region, Russia)
Prof. A.N. Dunets (Barnaul, Russia)	Prof. I.D. Rybkina (Barnaul, Russia)
Prof. S.A. Dvinskikh (Perm, Russia)	Prof. O.G. Savichev (Tomsk, Russia)
Prof. A.V. Egorina (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan)	Prof. N.V. Sennikov (Novosibirsk, Russia)
Prof. O.A. Elchinina (Gorno-Altaysk, Russia)	Prof. V.V. Sevastyanov (Tomsk, Russia)
Prof. E.Zh. Garmaev (Ulan-Ude, Russia)	Prof. M.G. Sukhova (Gorno-Altaysk, Russia)
Prof. A.I. Gusev (Biysk, Russia)	Prof. A.I. Syso (Novosibirsk, Russia)
Prof. Ya.M. Gutak (Novokuznetsk, Russia)	Prof. A.N. Tashev (Bulgaria)
Prof. L.I. Inisheva (Tomsk, Russia)	Prof. O.N. Truevtseva (Barnaul, Russia)
PhD V.V. Kirillov (Barnaul, Russia)	Prof. L.V. Vesnina (Barnaul, Russia)
Prof. Yu.B. KIRSTA (Barnaul, Russia)	Prof. Yu.I. Vinokurov (Barnaul, Russia)
Prof. L.A. Komarova (Biysk, Russia)	Prof. E.G. Vodichev (Novosibirsk, Russia)
Acad. RAS Prof. A.E. Kontorovich (Novosibirsk, Russia)	Prof. E.N. Yadrenkina (Novosibirsk, Russia)
Prof. B.I. Kochurov (Moscow, Russia)	DrSc L.V. Yanygina (Barnaul, Russia)
Prof. S.A. Kurolap (Voronezh, Russia)	Prof. V.V. Zaika (Kyzyl, Russia)
Prof. Lhagvasuren Choijinjav (Khovd, Mongolia)	DrSc A.T. Zinoviev (Barnaul, Russia)
Prof. M.P. Mazurov (Novosibirsk, Russia)	PhD D.V. Zolotov (Barnaul, Russia)

Technical editor – PhD Olga N. Vdovina

Address for correspondence: 1, Molodezhnaya st., Barnaul, 656038, Altai region, Russia
Tel: +7(385-2) 364091, 666507, Fax: +7(385-2) 240396, bulletin@rgo-altay.ru, <http://rgo-journal.ru>

Certificate of mass media registration of Russian Federation III No TY22-00790

Subscription index in «Rospechat» catalogue 95004

© Bulletin of the Altay branch of the Russian Geographical society, 2022

Barnaul – 2022

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

РАЗДЕЛ 1. ГЕОГРАФИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

<i>Кошелева Е.Д.</i> ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ В БЕССТОЧНОЙ ОБЛАСТИ ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ: РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ, СТРУКТУРА И УРОВЕНЬ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ.....	5
---	---

РАЗДЕЛ 2. ГИДРОЛОГИЯ. КЛИМАТ

<i>Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б., Двинских С.А.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ КРУПНОГО РАВНИННОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	14
--	----

<i>Кондакова О.В., Зиновьев А.Т.</i> ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 2019–2021 ГГ.	36
--	----

<i>Кудишин А.В., Ловцкая О.В., Самойлова С.Ю., Голубева А.Б.</i> МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА РЕКИ ЧАРЫШ (АЛТАЙСКИЙ КРАЙ)	50
--	----

<i>Марусин К.В., Дьяченко А.В., Коломейцев А.А.</i> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ И РУСЛОВОЙ РЕЖИМ РЕКИ ОБЬ ПЛАНИРУЕМОГО КРУПНОГО ИЗЪЯТИЯ АЛЛЮВИЯ ИЗ ЕЁ РУСЛА НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА БАРНАУЛА.....	66
---	----

РАЗДЕЛ 2. ЭКОЛОГИЯ. ФЛОРА. ФАУНА

<i>Пузанов А.В., Рождественская Т.А., Балыкин С.Н., Салтыков А.В.</i> ТИТАН, ВАНАДИЙ И ХРОМ В ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО АЛТАЯ.....	79
--	----

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

<i>Рыбкина И.Д.</i> ЕВГЕНИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ ПАРАМОНОВ (1937-2019): К 85-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ.....	90
--	----

CONTENTS

SCIENTIFIC REPORTS

SECTION 1. GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

<i>Kosheleva E.D.</i> WATER CONSUMPTION IN THE DRAINLESS REGION OF THE OB-IRTYSH INTERFLUVE: REGIONAL FEATURES, STRUCTURE AND LEVEL OF WATER R CONSUMPTION	5
--	---

SECTION 2. HYDROLOGY. CLIMATE

<i>Zinoviev A.T., Koshelev K.B., Dvinckikh S.A.</i> MODELING OF OIL POLLUTION OF A LARGE PLAIN RESERVOIR	14
--	----

<i>Kondakova O.V., Zinoviev A.T.</i> FEATURES OF HYDROLOGICAL REGIME OF THE NOVOSIBIRSK RESERVOIR IN 2019–2021.....	36
---	----

<i>Kudishin A.V., Lovtskaya O.V., Samoilova S.Yu., Golubeva A.B.</i> MODEL OF RUNOFF FORMATION ON THE CHARYSH RIVER (ALTAI KRAI)	50
--	----

<i>Marusin K.V., Dyachenko A.V., Kolomeytsev A.A.</i> ESTIMATION OF THE SEDIMENT MINING PROJECT IMPACT ON THE OB RIVER FLOW AND MORPHODYNAMICS AT BARNAUL CITY	66
--	----

SECTION 2. ECOLOGY. FLORA. FAUNA

<i>Puzanov A.V., Rozhdestvenskaya T.A., Balykin S.N., Saltykov A.V.</i> TITANIUM, VANADIUM AND CHROMIUM IN FOREST SOILS OF NORTH-EASTERN ALTAI.....	79
---	----

OUR ANNIVERSARIES

<i>Rybkina I.D.</i> EVGENY GRIGORYEVICH PARAMONOV (1937-2019): ON THE 85TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH.....	90
--	----

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ ♦ SCIENTIFIC REPORTS

Раздел 1

ГЕОГРАФИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Section 1

GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

УДК 551.4

**ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ В БЕССТОЧНОЙ ОБЛАСТИ
ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ: РЕГИОНАЛЬНЫЕ
ОСОБЕННОСТИ, СТРУКТУРА И УРОВЕНЬ**

Е.Д. Кошелева^{1, 2}

¹Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул,

²Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул,

E-mail: edk@iwer.ru¹, jten@yandex.ru²

В статье рассмотрены сформировавшиеся за последнее десятилетие тенденции в сфере водопотребления в Алтайском крае, Новосибирской и Омской областях в целом и в бессточной области Обь-Иртышского междуречья, в частности. Рассмотрена структура водопотребления и предложен в качестве расчетного период с 2017 по 2021 гг. при написании программ развития регионов. Оценен уровень водопотребления. Уделено внимание доле подземных вод в водопотреблении на территории бессточной области Обь-Иртышского междуречья. При изучении структуры регионального водопотребления в рамках данного исследования особое внимание уделялось использованию воды на нужды орошения.

Ключевые слова: водопотребление; орошение; поверхностные воды; подземные воды; бессточная область; Обь-Иртышское междуречье.

DOI: 10.24412/2410-1192-2022-16701

Дата поступления: 25.11.2022

Обь-Иртышское междуречье площадью 122300 км² располагается в трех регионах Сибирского округа: в Алтайском крае, Новосибирской области и

незначительной своей частью – в Омской области [Информационная..., 2023]. Территории внутреннего стока составляют почти 32% от территории Алтайского края и

38% от площади Новосибирской области – в целом более трети площади этих субъектов Российской Федерации. При этом в бессточной области Обь-Иртышского междуречья формируется в 100 раз меньше стока, чем на водохозяйственных участках Верхней Оби до впадения Иртыша.

Сжатие социально-экономического пространства в давно освоенных степных районах Алтайского края и Новосибирской области приводит к усилению нагрузки на изношенные системы местного водоснабжения. Население вынужденно переходит на использование неглубоких горизонтов подземных вод, в первую очередь грунтовых вод [Орлова, Рыбкина, 2022]. Потому на первый план выходят вопросы устойчивого водообеспечения данных территорий.

В государственном бюджетном проекте ИВЭП СО РАН «Изучение механизмов природных и антропогенных изменений количества и качества водных ресурсов Сибири с использованием гидрологических моделей и информационных технологий» выполнялась оценка водных ресурсов Алтайского края. В связи с чем возникла необходимость в расчете регионального водопотребления и его элементов, а также в выявлении существующих тенденций, сформировавшихся за последнее десятилетие.

В проекте РФФИ № 21-55-75002 «Разработка рекомендаций в целях

устойчивого совместного использования почв и грунтовых (подземных) вод: принятие решений при поддержке и участии заинтересованных сторон» для области внутреннего стока Обь-Иртышского междуречья ставятся задачи прогноза объемов используемых водных ресурсов на цели орошения, определения востребованности ирригации и оценки целесообразности строительства новых ГТС и каналов. Поэтому при изучении структуры регионального водопотребления в рамках данного исследования особое внимание уделялось использованию воды на нужды орошения.

Материалы и методы

Методы систематизации данных и статистического анализа были применены к информации, полученной из паспортов и технико-экономических карт мелиоративных систем, государственных и региональных статистических отчетов. Для анализа использовались данные с 2009 по 2021 гг. Федерального агентства водных ресурсов по обобщенным формам государственной статистической отчетности по форме №2-ТП. Выборка данных осуществлялась в полном объеме по Алтайскому краю, Омской и Новосибирской областям по критериям: всего по региону, по бессточной области региона, по подземным источникам

водоснабжения для бессточной области и регионам в целом [Информационная..., 2023; Автоматизированная ..., 2023; Мелиоративные..., 2023].

Результаты и обсуждение

В пределы бессточной области Обь-Иртышского междуречья входят полностью или частично 46 районов Алтайского края и Новосибирской области, и совсем малая часть территории Омской области.

Площадь земель, относящихся к бессточной зоне Алтайского края (54 тыс. км²) меньше площади аналогичных земель Новосибирской области (68 тыс. км²), а среднее за 10-тилетний период потребление пресной воды на территории Алтайского края в пределах бессточной зоны больше, чем в Новосибирской области (27 млн м³/год в сравнении с 20 млн. м³/год), что составляет 8% и 4% соответственно от общего потребления пресной воды в этих административных регионах Сибирского округа. Водопотребление в Омском регионе в пределах области внутреннего стока в размере 0.18 млн. м³/год составляет лишь 0.1% от годового потребления области.

В процессе анализа водопотребления административных регионов за 2009–2021 гг. было выявлено падение годовых

значений на этом временном интервале на 81 млн. м³ для Омской области, на 162 млн. м³ для Новосибирской области и 98 млн. м³ для Алтайского края.

В Новосибирской области значимое сокращение в структурном плане произошло в области питьевого (48% от общей величины падения) и хозяйственно-бытового водоснабжения (43%). В Алтайском крае на долю питьевого водоснабжения пришлось 24% от общей величины падения, 18% в области производства, 50% в регулярном орошении и 20% в сельскохозяйственном водоснабжении. Но было выявлено также, что в течении последних 5 лет изменения в объемах потребления воды год от года незначительны.

В табл. 1 приведены расчетные средние значения водопотребления не только за весь анализируемый период, но и за последние 5 лет. При рассмотрении моделей регионального развития следует учитывать устойчивые сложившиеся тенденции в области водопотребления за пятилетний период. Для бессточной области Обь-Иртышского междуречья средние значения водопотребления за 5 лет достигают 22 млн. м³/год в Алтайском крае, 21 млн. м³/год в Новосибирской области и 0.18 млн. м³/год в Омской области.

Таблица 1

Средние значения водопотребления за расчетные периоды по регионам бессточной области Обь-Иртышского бассейна, млн. м³/год

Table 1

Average values of water consumption for the calculation periods for the regions of the closed region of the Ob-Irtysh basin, million m³/year

Период	Всего	Использование пресной воды на нужды *						
		1	2	3	4	5	6	7
Омская область (по региону в целом)								
2009–2021	203.38	90.73	81.29	7.75	5.22	0.24	1.15	0.05
2017–2021	181.47	96.25	72.72	6.38	4.11	0.12	1.87	0.01
Омская область (бессточная область всего)								
2009–2021	0.18	0.13	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
2017–2021	0.11	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Омская область (бессточная область подземные источники воды)								
2009–2021	0.17	0.12	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
2017–2021	0.08	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Новосибирская область (по региону в целом)								
2009–2021	565.78	170.61	350.66	1.24	6.32	8.48	0.00	28.47
2017–2021	532.08	147.37	337.03	0.56	4.96	11.94	0.00	30.23
Новосибирская область (бессточная область всего)								
2009–2021	20.21	6.87	1.25	0.19	2.54	8.46	0.00	0.90
2017–2021	21.29	6.10	0.92	0.10	1.27	11.88	0.00	1.01
Новосибирская область (бессточная область подземные источники воды)								
2009–2021	11.51	6.87	1.25	0.03	2.52	0.00	0.00	0.85
2017–2021	21.29	6.10	0.92	0.10	1.27	11.88	0.00	1.01
Алтайский край (по региону в целом)								
2009–2021	382.06	81.78	227.15	40.38	4.64	0.02	0.00	28.09
2017–2021	354.73	78.29	213.34	32.52	3.47	0.00	0.00	27.11
Алтайский край (бессточная область всего)								
2009–2021	32.02	5.43	12.28	12.41	1.05	0.00	0.00	0.86
2017–2021	21.92	5.01	10.64	5.26	0.56	0.00	0.00	0.46
Алтайский край (бессточная область, подземные источники воды)								
2009–2021	22.85	5.42	3.34	12.18	1.05	0.00	0.00	0.86
2017–2021	14.19	5.00	2.92	5.26	0.56	0.00	0.00	0.46

* Примечание – нужды: 1 – питьевые и хозяйственно-бытовые; 2 – производственные; 3 – орошения регулярного; 4 – сельскохозяйственного водоснабжения; 5 – прудового рыбного хозяйства; 6 – поддержания пластового давления, 7 – прочие.

На рис. 1 представлена структура водопотребления Обь-Иртышского междуречья. Как видно из диаграмм, для каждого региона выпадают полностью от 2 до 4 видов водопользования. Для

каждого региона выявляются свои приоритетные направления: в Алтайском крае почти 50% пресной воды тратится на производственные нужды, в Новосибирской области 56% идет для

прудового рыбного хозяйства, а в Омской области 73% от общего объема использованной пресной воды обеспечивают питьевое и бытовое водоснабжение.

В рамках данного исследования был рассчитан уровень потребления водных ресурсов (м^3 на 1 человека в год) для административных территорий в целом. Учитывались объемы потребления на питьевые, хозяйственные нужды и нужды сельскохозяйственного водоснабжения. В Алтайском крае в среднем за 5 лет уровень водопотребления на одного человека составлял 35 м^3 в год, в Новосибирской и Омской областях 55 и $50 \text{ м}^3/\text{год}$ соответственно.

Для расчета этого показателя в бессточной области требуется привлечение ГИС-технологий, так как возникает необходимость в анализе пространственных данных на уровне районов трех регионов. При этом следует учитывать, что 16 районов

Алтайского края, 7 районов Новосибирской области только частично относятся к области внутреннего стока Обь-Иртышского бассейна и граница разделения проходит по границам водохозяйственных участков РФ.

Оценивая долю воды в структуре водопотребления, идущую на нужды орошения, стоит сказать о ее малом объеме. На территории Омской области отсутствует регулярное и лиманное орошение, а для двух остальных регионов эта статья расходов различается: если на цели регулярного орошения в Алтайском крае в среднем за 5 лет используются $5.26 \text{ млн м}^3/\text{год}$, что сравнимо с объемами воды, идущими на питьевые и хозяйственно-бытовые нужды ($5 \text{ млн м}^3/\text{год}$), то в Новосибирской области эта цифра близка к нулю и составляет $0.06 \text{ млн м}^3/\text{год}$. Отрицательную динамику использования пресной воды на нужды регулярного орошения демонстрирует рис. 2.

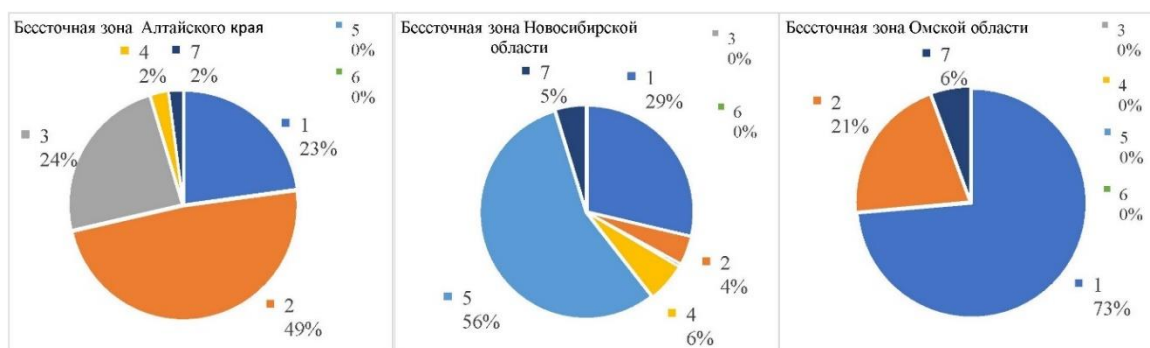


Рис. 1. Использование пресной воды в бессточной зоне Обь-Иртышского междуречья на нужды:
 1 – питьевые и хозяйственно-бытовые; 2 – производственные; 3 – орошения регулярного; 4 – сельскохозяйственного водоснабжения; 5 – прудового рыбного хозяйства; 6 – поддержания пластового давления, 7 – прочие
 Fig. 1. The use of fresh water in the drainless zone of the Ob-Irtysh interfluvium for the needs of:
 1 – drinking and household; 2 – production; 3 – regular irrigation; 4 – agricultural water supply; 5 – pond fish farm; 6 – reservoir pressure maintenance, 7 – other

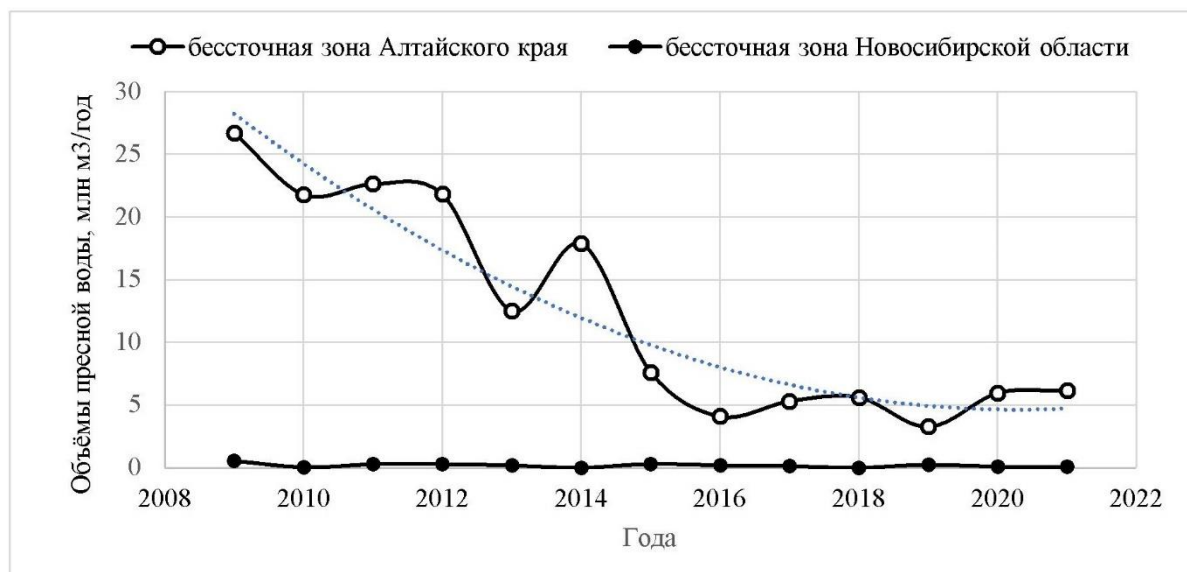


Рис. 2. Объёмы использования пресной воды на нужды орошения в бессточной области Обь-Иртышского междуречья

Fig. 2. Volumes of fresh water use for irrigation in the closed area of the Ob-Irtysh interfluvium.

Оценивая площади орошаемых земель, следует отметить, что существуют два сегмента обслуживания мелиоративных систем и ГТС разной формы собственности: федеральный и частный. В условиях современной рыночной экономики в Алтайском крае за три года с 2019 по 2021 гг. произошло уменьшение площадей орошаемых земель суммарно в федеральном и частном сегменте с 69.8 тыс. га. до 5.8 тыс. га. При этом, работающие системы орошения в потенциале могут предоставить большую площадь орошения, чем используется фактически потребителями: использовалось 8% в 2021 г.

В Новосибирской области обслуживаемые площади орошения примерно в 2 раза меньше площадей Алтайского края – 35.834 тыс. га. Для расположенной севернее Новосибирской области на

первый план выходят задачи осушения угодий (42.794 тыс. га). В сфере орошения за трехлетний период, отмечается одинаковое соотношение (1:3) фактически политых земель и орошаемых земель, находящихся на балансе: 2019 г. – 31% орошаемых земель поливалось фактически, в 2020 г – 33%, в 2021 г. – 30%.

В бессточных областях Алтайского края действуют две федеральные оросительные системы – Алейская ОС и Кулундинский магистральный канал, Бурлинская ОС не является действующей. Суммарная обслуживаемая площадь этих систем составляет в 2021 г. 25.334 тыс. га, а фактически политая – лишь 0.638 тыс. га.

В Новосибирской области к территории внутреннего стока относятся территориально 4 федеральные осушительные системы – Лежневская, Конкульская,

Карапузская и Тандовская. Для Новосибирской области можно говорить о том, что 50% земель, предназначенных для осушения (21.501 тыс. га, 2021 г.) и 35% земель, предназначенных для орошения (12.5 тыс. га в частном сегменте, 2021 г.), сосредоточены в бессточной зоне Обь-Иртышского бассейна.

Причины отказа сельхозпроизводителей от орошения кроются в экономической сфере. С одной стороны, климатические условия позволяют выращивать продукцию в условиях богарного земледелия, с другой стороны производители не хотят ждать 3–5 лет, когда вложения в орошение окупятся. Техническое же состояние существующих федеральных мелиоративных систем, введенных в действие до 1992 г., соответствует заключениям в их паспортах: «требуется реконструкции», «требуется капитального ремонта». Их фактический износ в 2021 г. составлял 75–90%.

Выводы

Региональными особенностями водопотребления является сокращение его объемов за период 2009–2021 гг. на значительные величины: на 81 млн. м³/год в Омской области, на 162 млн. м³/год в Новосибирской области и 98 млн. м³/год в Алтайском крае. Ситуация стабилизировалась в последние 5 лет и

для бессточной области Обь-Иртышского междуречья средние значения водопотребления составили 22 млн. м³/год в Алтайском крае, 21 млн. м³/год в Новосибирской области и 0.18 млн. м³/год в Омской области.

В структуре водопотребления в бессточной зоне для каждого региона выделяются свои приоритетные направления: в Алтайском крае почти 50% пресной воды тратится на производственные нужды, в Новосибирской области 56% идет для прудового рыбного хозяйства, а в Омской области 73% от общего объема использованной пресной воды обеспечивают питьевое и бытовое водоснабжение. На цели регулярного орошения в Алтайском крае в среднем за 5 лет используются 5.26 млн м³/год, что сравнимо с объемами воды, идущими на питьевые и хозяйственно-бытовые нужды (5 млн м³/год). В бессточной зоне Новосибирской области эта цифра близка к нулю (0.06 млн м³/год), а в Омской области равна нулю.

По уровню потребления питьевой воды (м³ на 1 человека в год) лидирует Новосибирская область с 55 м³ в год на 1 человека, в Омской области на 1 человека приходится 50 м³/год, а в Алтайском крае – 35 м³/год.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declare that they have no conflict of interest.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН (проект «Изучение механизмов природных и антропогенных изменений количества и качества водных ресурсов Сибири с использованием гидрологических моделей и информационных технологий») и гранта РФФИ № 21-55-75002.

Список литературы

Информационная система по водным ресурсам и водному хозяйству рек России [Электронный ресурс]. URL: <http://gis.vodinfo.ru/> (дата обращения: 18.10.2022).

Орлова Е.С., Рыбкина И.Д. Проблемы водоснабжения сельских территорий Алтайского края: субъективный и объективный анализ // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием (29 августа – 3 сентября 2022 г., Россия). Барнаул, 2022. Т. 3. С. 130–137.

Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) [Электронный ресурс]. URL: <https://gmvo.skniivh.ru/> (дата обращения 18.10.2023).

Мелиоративные системы и гидротехнические сооружения / Информационный портал ФГБНУ ВНИИ «Радуга». [Электронный ресурс]. URL: <https://inform-raduga.ru/gts> (дата обращения 18.10.2023).

References

Informacionnaya sistema po vodnym resursam i vodnomu hozyajstvu rek Rossii [Information system on water resources and water management of Russian rivers]. URL: <http://gis.vodinfo.ru/> (accessed: 18.10.2023).

Orlova E.S., Rybkina I.D. Problemy vodosnabzheniya sel'skih territorij Altajskogo kraja: sub"ektivnyj i ob"ektivnyj analiz. [Problems of water supply in rural areas of the Altai Territory: subjective and objective analysis] // Vodnye i ekologicheskie problemy Sibiri i Central'noj Azii. Materialy IV Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem (29 avg. – 3 sen. 2022 g.) [Water and Environmental Problems of Siberia and Central Asia: Proceedings of the IV All-Russian Scientific Conference with International Participation (August 29 - September 3, 2022)]. Barnaul, 2022. Vol. 3. P. 130-137. (In Russian).

Avtomatizirovannaya informacionnaya sistema gosudarstvennogo monitoringa vodnyh ob"ektov (AIS GMVO) [Automated information system of state monitoring of water bodies]. URL: <https://gmvo.skniivh.ru/> (accessed: 18.10.2023).

Meliorativnye sistemy i gidrotekhnicheskie sooruzheniya [Reclamation systems and hydraulic structures] / Informacionnyj portal FGBNU VNII «Raduga» [Information portal of the Federal State Budgetary Research Institute "Raduga"]. URL: <https://inform-raduga.ru/gts> (accessed: 18.10.2023).

WATER CONSUMPTION IN THE DRAINLESS REGION OF THE OB-IRTYSH INTERFLUVE: REGIONAL FEATURES, STRUCTURE AND LEVEL

E.D. Kosheleva^{1, 2}

¹*Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul,*

²*Altai State Agrarian University, Barnaul,*

E-mail: edk@iwep.ru¹, jten@yandex.ru²

The article considers the trends in water consumption that have formed over the past ten years in the Altai Territory, Novosibirsk and Omsk Regions in general, and in the drainless region of the Ob-Irtysh interfluve, in particular. Considered structure of water consumption and proposed in the calculation period from 2017 to 2021 at writing programs for the development of regions. The level of water consumption is estimated. Attention is paid to the share of groundwater in water consumption in the closed region of the Ob-Irtysh interfluve. When studying the structure of regional water consumption in the framework of this study, special attention was paid to the use of water for irrigation.

Key words: water management; irrigation; surface water; groundwater; closed area; Ob-Irtysh interfluve.

Received November 25, 2022

Сведения об авторе

Кошелева Евгения Дмитриевна – кандидат с.-х. наук, доцент, старший научный Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. Доцент Алтайского государственного аграрного университета. Россия, 656049, г. Барнаул, пр-т Красноармейский, д. 98. ORCID: 0000-0001-8813-0675. E-mail: edk@iwep.ru; jten@yandex.ru.

Information about the authors

Kosheleva Evgenia Dmitrievna – PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. Associate Professor of the Altai State Agricultural University. 98, Krasnoarmeyskiy Av., 656049 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0001-8813-0675. E-mail: edk@iwep.ru, jten@yandex.ru.

Раздел 2

ГИДРОЛОГИЯ. КЛИМАТ

Section 2

HYDROLOGY. CLIMATE

УДК 556.5.06

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ КРУПНОГО РАВНИННОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А.Т. Зиновьев¹, К.Б. Кошелев¹, С.А. Двинских²

¹Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул,

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь,

E-mail: zinoviev@iwep.ru, koshelev@iwep.ru, dvins@mail.ru

Для оценки воздействия нефтяного загрязнения водной среды при эксплуатации куста скважин построена компьютерная модель распространения нефтяного пятна на акватории крупного равнинного водохранилища в окрестности производственной площадки. Рассмотрены сценарные варианты развития аварийной ситуации при различных метеорологических условиях и выполнены их численные расчеты. Обсуждаются результаты вариантных расчетов моделируемых аварийных ситуаций. Установлено, что размеры и положение нефтяного пятна зависят не только от продолжительности разлива нефти и расхода ее сброса, но и от направления ветра. Показано, что существуют условия, при которых нефтяное пятно может попасть в основное русло водохранилища.

Ключевые слова: водохранилище; поисково-разведочные скважины; аварийная ситуация; нефтяное загрязнение; компьютерное моделирование.

DOI: 10.24412/2410-1192-2022-16702

Дата поступления: 5.10.2022

Экологические последствия аварии 29 мая 2020 г. на ТЭЦ-3 в Кайеркане (район Норильска) связаны с поступлением дизельного топлива в реку Далдыкан, правый приток реки Амбарной, впадающей в крупное озеро Пясино (площадью 735 км²), из которого

вытекает река Пясино, впадающая в Карское море [Катастрофа..., 2020; Bezmaternykh et al., 2021]. Для прогнозирования последствий подобных аварий важно применение численных методов с использованием современных математических моделей, учитывающих

физико-географические особенности загрязненной территории, характеристики гидрологической сети, батиметрию водоемов и водотоков и неоднородность состава нефтепродуктов, поступающих в водные объекты [Лепихин и др., 2009; Математическое ..., 2020]. Для моделирования могут быть использованы гидродинамические модели в двух- и трехмерной постановке, учитывающие морфометрию дна водного объекта и пространственно-временную изменчивость водных потоков [Aleksyuk et al., 2022; Зиновьев, Кошелев, 2013; Лепихин и др., 2013; Прокофьев, 2005; Храпов и др., 2011; MIKE 21; Delft3D]. Кроме того, необходимо привлекать модели переноса загрязнителей, которые учитывают неоднородность состава нефтепродуктов с учетом плотности и испаряемости отдельных фракций, их способности к деструкции и прочее [Zafirakou, 2018; Математическое ..., 2020; Keramea et al., 2021].

Наиболее распространенные в настоящее время модели транспорта нефтепродуктов рассматривают нефтепродукты как единую субстанцию [Paladino, Maliska, 1995; Cnen et al., 2007]. Использование таких моделей не решает все задачи прогнозирования аварийных ситуаций, связанных с разливом нефти, но результаты их применения существенно дополняют опыт моделирования и

прогнозирования распространения нефтепродуктов в водных средах. Применение математических методов является эффективным подходом при анализе аварий на нефтепроводах, разливах нефтепродуктов в результате крупных аварий на речных и морских судах, аварийных ситуаций на нефтехранилищах [Лепихин и др., 2009; Математическое ..., 2020; Wekre et al., 2022]. Поэтому к актуальным задачам следует отнести разработку математических моделей аварийных ситуаций при строительстве и эксплуатации скважин на акватории равнинных водохранилищ.

Целью работы является создание математической и компьютерной моделей распространения нефтяного загрязнения по акватории крупного водохранилища и выполнение сценарных расчетов разлива нефти для различных гидрометеорологических ситуаций. В качестве объекта исследования рассмотрено Камское водохранилище.

Объект исследования

В 2012 году на Камском водохранилище было открыто месторождение нефти им. В. Сухарева. Это стало крупнейшей «находкой» пермских геологов за последние годы [Месторождение..., 2022]. То, что западная часть нефтеносных залежей располагается под дном Камского водохранилища, а восточная

часть – в охранной зоне Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей, наложило определенные ограничения на проведение буровых работ: устье скважины должно находиться за пределами запасов калийных солей промышленных категорий. Для решения данного вопроса была предложена отсыпка производственной площадки на акватории Камского водохранилища, которая использовалась для бурения разведочных и эксплуатационных скважин. В связи с

этим встал вопрос о моделировании распространения нефтяного загрязнения по прилегающей акватории водохранилища при возможной аварии на проектируемом объекте при эксплуатации скважин.

Рассматриваемый участок акватории Камского водохранилища находится в пределах Березниковского промузла (расположение района строительства в верхней части водохранилища (от Березниковского моста до п. Кама) показано на рис. 1).

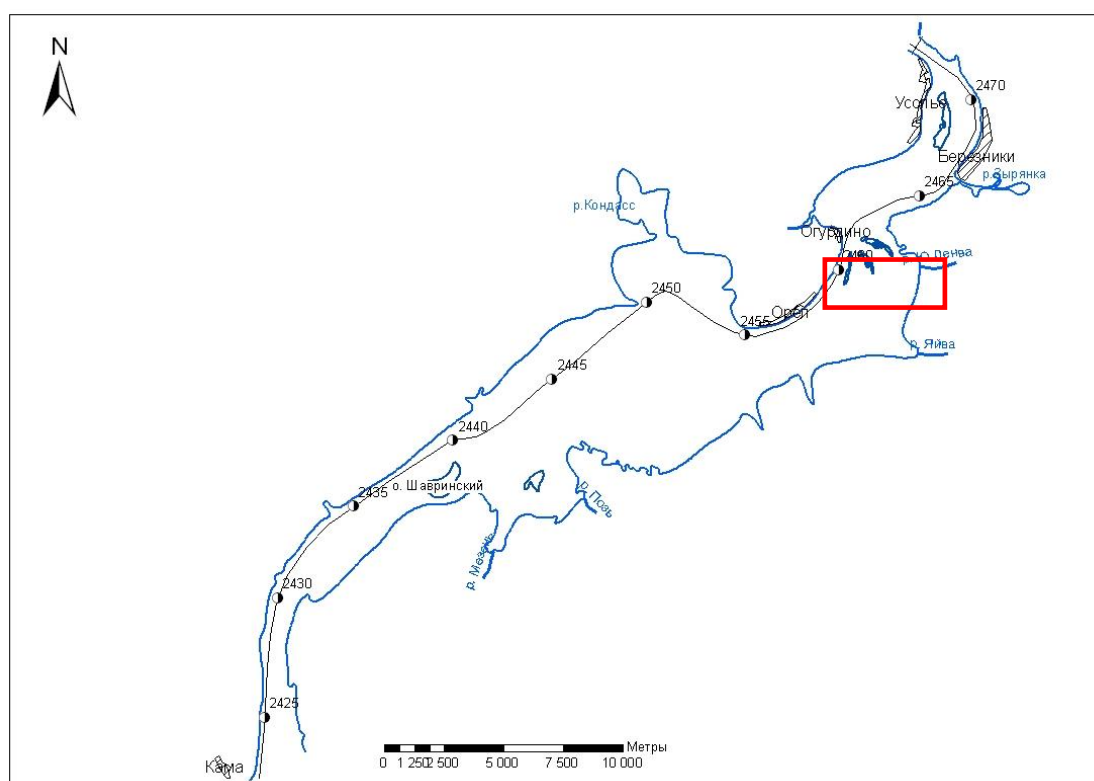


Рис. 1. Расположение района строительства;
 – район строительства

Fig. 1. Location of the developed oilfield land;
 – construction area

Особенности гидрологического режима рассматриваемого участка определяются его расположением на мелководье, обсыхающем при уровне воды 107.00 м в балтийской системе высот (БС) (зимняя и навигационная сработки), с преобладающими глубинами при нормальном подпорном уровне (НПУ) от 1.0 до 1.5 м. Участок покрыт водой в период с первой декады мая по вторую декаду сентября (4.5 месяца). Уровень воды обеспеченностью 1% составляет 110.51 м БС при глубинах от 3.0 до 3.5 м. Специфической особенностью гидрологического режима данного участка является то, что это режим переходный от речного к водохранилищному. При максимальных расходах воды обеспеченностью 1% (11 500 м³/с) участок работает в речном режиме (формируются проточные течения по всей ширине), при расходах обеспеченностью 90% (4 500 м³/с) – как водохранилище (мелководья не работают, но остаются покрытыми водой). При расходах менее 1000 м³/с (меженные периоды) затопленная пойма обсыхает и участок вновь работает как река [Двинских, Китаев, 2008; Многолетние..., 1988].

Математическая модель течения в водохранилище

Рассмотрим постановку задачи о моделировании течения на участке

водохранилища со сложной морфометрией ложа. Пусть используется декартова система координат с осями x, y, z , в которой ось z направлена вверх (рис. 2). Поверхность ложа водохранилища задается уравнением $z = \delta(x, y)$. Зависимостью функции δ от времени пренебрегается. Исходные уравнения для течения рассматриваются в области, граница которой может меняться со временем. Например, в результате повышения или сработки уровня воды. Для описания течения в крупном равнинном водохранилище применяется плановая (2DH) модель мелкой воды. Уравнения, описывающие течение в 2DH-приближении, имеют вид:

Уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial uh}{\partial x} + \frac{\partial vh}{\partial y} = 0. \quad (1)$$

Уравнения движения:

$$\frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial hu u}{\partial x} + \frac{\partial huv}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} +$$

$$\frac{\partial}{\partial x} hK \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} hK \frac{\partial u}{\partial y} - r|\vec{u}|u, \quad (2)$$

$$\frac{\partial hv}{\partial t} + \frac{\partial huv}{\partial x} + \frac{\partial hvv}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} +$$

$$\frac{\partial}{\partial x} hK \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} hK \frac{\partial v}{\partial y} - r|\vec{u}|v, \quad (3)$$

$$\text{где } |\vec{u}| = \sqrt{u^2 + v^2}, r = \frac{g}{C_{sh}^2}, C_{sh} = \frac{h^{1/6}}{n}.$$

Здесь h – глубина, u, v – скорости вдоль координат x, y соответственно, g – ускорение свободного падения, $H = h + \delta$ – уровень свободной поверхности, K – коэффициент турбулентной вязкости, C_{sh} – коэффициент Шези, n – коэффициент шероховатости дна.

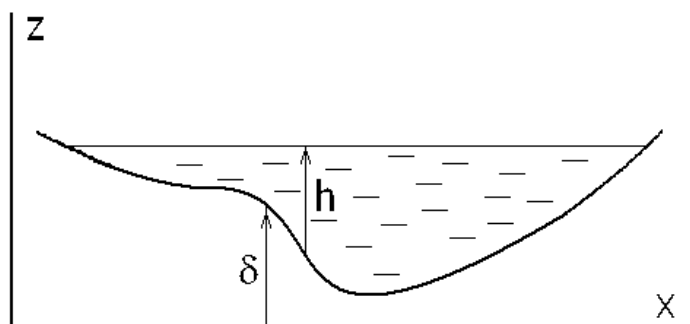


Рис. 2. Система координат и введенные обозначения

Fig. 2. Coordinate system and designations

Граничные условия ставятся на границе области Γ , на внутренней части которой выполняется условие $h > 0$. На боковых границах используются условия прилипания $u = 0, v = 0$. На входе в расчетную область задаются площадь сечения и нормальная к границе входа скорость. Касательная скорость полагается равной нулю. На выходе применяются «мягкие» граничные условия $\frac{\partial u}{\partial n} = 0, \frac{\partial v}{\partial n} = 0, \frac{\partial h}{\partial n} = 0$, где n — нормаль к выходной границе. В часто используемом случае $K = 0$ для спокойного течения на входе задается расход, на выходе — значение уровня свободной поверхности.

В начальный момент времени задаются скорости таким образом, чтобы выполнялось стационарное условие неразрывности.

Моделирование распространения нефтяного загрязнения

Для расчета распространения нефтяного загрязнения используется математическая 2DH-модель, основанная на

интегрировании уравнений массы и импульса вдоль толщины пятна. Модель учитывает растекание нефти за счет конвекции, диффузии, гравитационной силы, а также под действием напряжений, вызванных ветром и течением воды. Поверхностным натяжением нефти пренебрегается. Расчет течения воды выполняется предварительно в рамках 2DH-приближения. При разработке модели полагалось, что данный подход для описания распространения нефтяного пятна справедлив примерно в течение десяти дней после разлива. Предполагается, что вязкость нефти существенно выше вязкости воды (вертикальным движением нефтяного пятна пренебрегается). Уравнения, описывающие распространение нефти в предположении гидростатического распределения давления, приведены ниже [Paladino, Maliska, 1995]:

Уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial \bar{h}}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u} \bar{h}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v} \bar{h}}{\partial y} = 0. \quad (4)$$

Уравнения движения:

$$\frac{\partial \bar{h}\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial \bar{h}\bar{u}\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{h}\bar{u}\bar{v}}{\partial y} = -g\bar{h}\Delta \frac{\partial \bar{h}}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\bar{h}v_{oil} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\bar{h}v_{oil} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right) + \frac{C_f^{wind}U_{wind} - C_f^{water}(\bar{u}-u)}{\rho_{oil}}, \quad (5)$$

$$\frac{\partial \bar{h}\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial \bar{h}\bar{u}\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{h}\bar{v}\bar{v}}{\partial y} = -g\bar{h}\Delta \frac{\partial \bar{h}}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\bar{h}v_{oil} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\bar{h}v_{oil} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} \right) + \frac{C_f^{wind}V_{wind} - C_f^{water}(\bar{v}-v)}{\rho_{oil}}. \quad (6)$$

Здесь $\bar{h}$ – толщина нефтяной пленки на поверхности воды, $\bar{u}, \bar{v}$ – скорости нефти вдоль координат x, y соответственно, ρ_{oil} – плотность нефти, v_{oil} – вязкость нефти, C_f^{wind} и C_f^{water} – эмпирические коэффициенты, U_{wind} и V_{wind} скорости ветра вдоль координат x, y соответственно, $\Delta = \frac{\rho_{water} - \rho_{oil}}{\rho_{water}}$, u, v – рассчитанные скорости течения вдоль координат x, y соответственно.

Методика численного решения задачи о течении в водохранилище (1)–(3) детально описана в [Зиновьев, Кошелев, 2013]. Уравнения для моделирования распространения нефтяного загрязнения (4)–(6) принципиально не отличаются от системы уравнений (1)–(3). Для их численного решения также применяется методика из работы [Зиновьев, Кошелев, 2013]. На одном шаге по времени сначала находятся переменные, описывающие характеристики воды, а затем – переменные, описывающие распространение нефтяного загрязнения.

Компьютерная 2DH-модель течения в Камском водохранилище

На основе описанной выше численной гидродинамической 2DH-модели построена компьютерная модель течения для исследуемого участка Камского водохранилища в безледоставный период. Для построения компьютерной модели использована цифровая модель рельефа участка ложа верхней части Камского водохранилища: (2458–2465 км по судовому ходу (с.х.)) (рис. 3). Рис. 3 иллюстрирует сложную морфометрию Камского водохранилища в пределах расчетной области: наличие островов, чередование озеровидных расширений и суженных участков.

Для участка возможного распространения пятна нефтяного загрязнения (2458–2465 км с.х.) характерен широкий диапазон изменения глубин. Так, в пределах 2465–2462 км с.х. старое русло р. Камы приурочено к левому берегу, чем и объясняются большие глубины, достигающие 7–8 м по фарватеру.

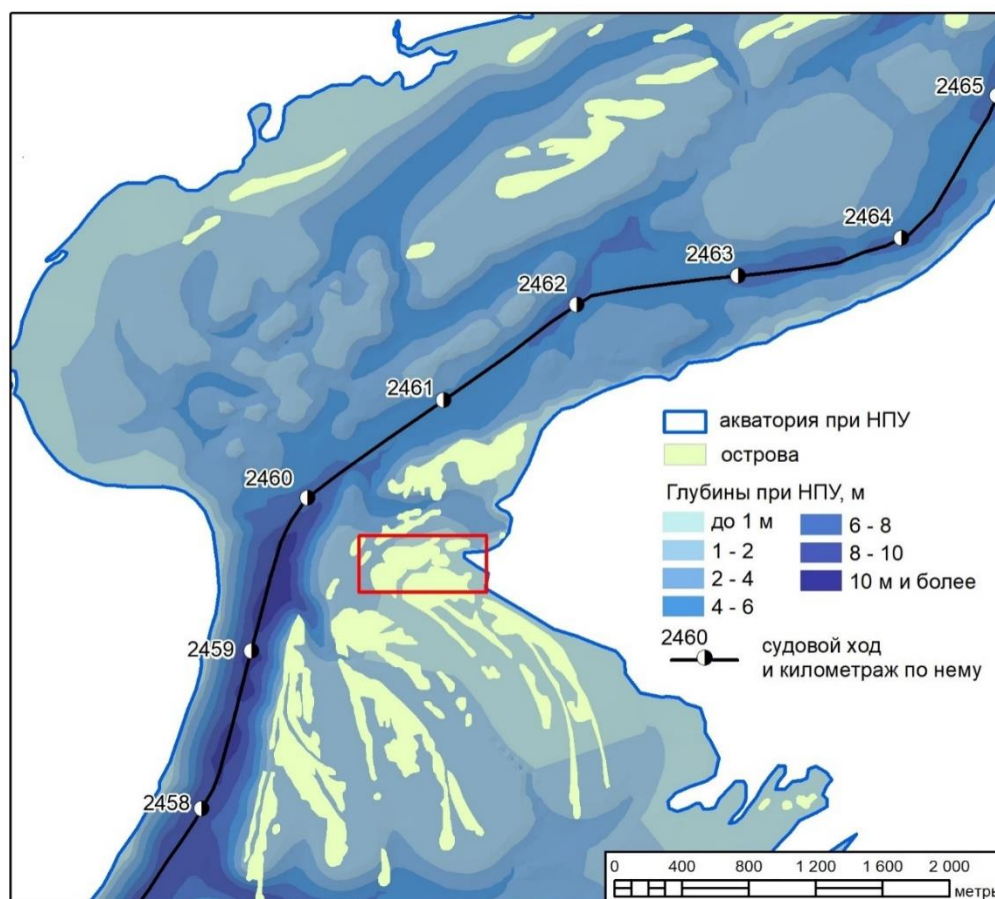


Рис. 3. Морфометрия участка ложа Камского водохранилища в пределах участка разработки Зырянского месторождения; — район строительства

Fig. 3. Morphometry of the Kama reservoir bed site within the Zyryansk oilfield; — construction area

Правобережная часть от г. Усолье до с. Огурдино преимущественно мелководная с глубинами до 2 м, водохранилище здесь принимает р. Огурдинка (2462 км с.х.). Цепочка островов близ правого берега отделяет основное старое русло р. Камы от существовавшей до заполнения водохранилища ярко выраженной протоки, глубины в которой при отметке НПУ 108.50 м БС достигают 4 м. Ширина водоема на этом участке порядка 2.2 км [Атлас, 2000; Пьянков, Калинин, 2011].

На отметке судовой хода 2461.5 км чаша водохранилища сужается до 1.5 км, а ниже образует озеровидное расширение шириной до 3.5 км; при этом старое русло прижимается к правому берегу, а у левого образуется карманообразный залив. Глубины по старому руслу увеличиваются до 11 м. Правый берег обрывистый с пляжем, в пределах 2459.3–2458.8 км с.х. обрывистый без пляжа, ниже расположены такелажный причал и причалы Камлесплава. Левобережная часть, на которой расположен исследуемый участок, —

затопленная поверхность террасы с множеством естественных островов-останцев прирусловых валов, глубины на участке не превышают 2.0 м [Атлас, 2000; Пьянков, Калинин, 2011].

Для рассматриваемого участка водохранилища построена расчетная сетка, включающая более 50000 ячеек. При построении компьютерной 2DH-модели учтены расходы воды основных притоков, впадающих в Камское водохранилище на рассматриваемом участке (таблица 1), в качестве граничных условий задавался расход воды во входном (верхнем) створе Q (м³/с); в нижнем створе задавался уровень воды H (м), принятый равным НПУ.

Данные для моделирования нефтяного загрязнения

По сценарию аварийной ситуации предполагается утечка нефти из нефтегазосборного коллектора (НГСК), соединяющего куст скважин с береговыми сооружениями. Для моделирования

аварийной ситуации полагается следующее: на технологической площадке имеются 3 скважины, для которых дебит нефти одной скважины равен 100 м³/сут и 2 скважины, для которых дебит по нефти одной скважины – 165 м³/сут. Суммарная перекачка нефти для 5 скважин равна 630 м³/сут. Предполагается, что место порыва – это участок нефтепровода между технологической площадкой и берегом водохранилища на половине подводного участка трубы.

Моделирование производится при скоростях ветра 0 и 10 м/с и при наиболее опасном направлении ветре юго-восточного (ЮВ) направления, поскольку при таких метеорологических условиях пятно загрязнения будет выноситься в акваторию Камского водохранилища и возможно возникновение неблагоприятных экологических последствий для п. Орел и п. Огурдино.

Таблица 1

Расходы воды (Q), используемые при моделировании (по данным Государственного водного кадастра и формы статистической отчетности предприятий 2ТП-водхоз)

Table 1

Water discharges (Q) used in modeling (according to the State Water Cadastre and Statistical Reporting from 2TP-vodkhoz enterprises)

р. Кама – Березники	р. Толыч	р. Зырянка	р. Яйва	р. Ю. Ленва	р. Кондас
Расход воды (Q , м ³ /с)					
850	1.588	2.03	75	0.44	7.04

Рассмотрим два варианта реализации аварийной ситуации на НГСК между технологической площадкой и берегом при порыве трубопровода:

Вариант аварийной ситуации №1. Трубопровод при порыве – утечка в течение 6 часов 25 процентов максимального объема прокачки нефти между запорными задвижками на порванном участке трубопровода. Потеря нефти при порыве – 39.4 м³, время истечения – 6 часов. При расчетах распространения нефти по акватории Камского водохранилища целесообразно рассматривать именно этот вариант аварийной ситуации.

Вариант аварийной ситуации № 2. Трубопровод при проколе – утечка 2 процента максимального объема прокачки в течение 14 дней. Общий объем потерь нефти – 176.4 м³.

С учетом метеорологических условий моделированию распространения пятна нефтяного загрязнения при аварии

на Зырянском месторождении подлежат следующие 4 сценария аварийной ситуации (таблица 2):

1) расход сброса нефти $q_{сбр} = 6.567$ м³/час, продолжительность поступления загрязняющих веществ 6 часов, скорость ветра 0 м/с;

2) расход сброса нефти $q_{сбр} = 6.567$ м³/час, продолжительность поступления загрязняющих веществ 6 часов, скорость ветра 10 м/с, направление ветра ЮВ;

3) расход сброса нефти $q_{сбр} = 0.525$ м³/час, продолжительность поступления загрязняющих веществ 14 суток, скорость ветра 0 м/с;

4) расход сброса нефти $q_{сбр} = 0.525$ м³/час, продолжительность поступления загрязняющих веществ 14 суток, скорость ветра 10 м/с, направление ветра ЮВ.

Таблица 2

Расход воды, скорость ветра, время разлива, используемые при моделировании

Table 2

Water discharge, wind speed, spill time used in modeling

Характеристика	Вариант 1		Вариант 2	
	сценарий 1	сценарий 2	сценарий 3	сценарий 4
Скорость и направление ветра V, м/с	0	10, ЮВ	0	10, ЮВ
Время разлива T, сут	0.25	0.25	14	14
Расход сброса Q, м ³ /час	6.567	6.567	0.525	0.525

Результаты и их обсуждение

Результаты гидродинамических расчетов. Используемый подход для расчета распространения пятна нефтяного загрязнения предполагает, в первую очередь, расчет поля скорости течения на участке водохранилища, где расположены скважины. На рис. 4 представлены рассчитанные линии тока и глубины на участке акватории вблизи производственной площадки.

Расчеты по компьютерной гидродинамической 2DH-модели показали, что уклон водной поверхности на рассматриваемом участке водохранилища – $1.3 \cdot 10^{-6}\%$.

В целом, падение уровня воды по длине участка с севера на юг плавное, без резкого изменения уклонов.

Расчеты поля скорости в моделируемой области показали следующее. На ее верхнем участке от Березниковского моста до места впадения р. Зырянки распределение поверхностных скоростей по ширине водохранилища в целом однородное, средняя скорость 0.20–0.25 м/с. На участке от р. Зырянка до г. Орел ярко выражена гидродинамическая ось, прижатая сначала к левому берегу, а затем в районе с. Огурдино и г. Орел к правому.

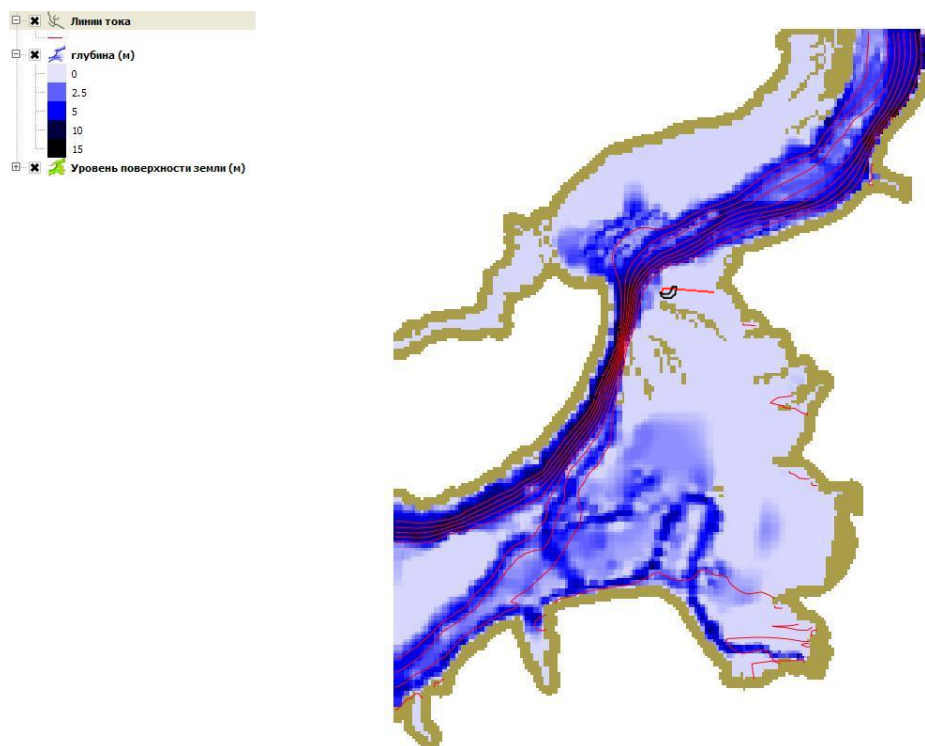


Рис.4. Рассчитанные линии тока и глубины в районе строительства;

— производственная площадка, участок скважин и нефтепровода

Fig. 4. Calculated lines of current and depths in the construction area;

— production floor space, nested wells and oil pipeline site

Срединный озеровидный участок (от Кондасского залива до места впадения р. Мезень), ширина которого варьируется от 4 до 8 км, характеризуется меньшими поверхностными скоростями течения до 0.10–0.15 м/с, что объясняется резким расширением участка и распылыванием основного скоростного потока. В нижней части моделируемого участка (ниже о. Шавринский Бор) в месте сужения водохранилища максимальные скорости постепенно возрастают до 0.20–0.25 м/с.

Таким образом, на основе плановой (2DH) гидродинамической модели построена компьютерная плановая модель течения на исследуемом участке Камского водохранилища для летнего периода при уровне водной поверхности, близком к НПУ. Данная модель используется в качестве базового «гидродинамического» блока при построении компьютерной модели распространения нефтяного загрязнения.

Результаты расчетов нефтяного загрязнения. Модельные расчеты распространения возможных зон загрязнений по акватории Камского водохранилища проводились для сценариев аварийной ситуации на Зыряновском месторождении согласно таблице 2. Рассмотрим результаты выполненных расчетов.

Сценарий 1. На рис. 5 представлена зона разлива нефтяного загрязнения при

аварийной ситуации на площадке бурения и нефтепроводе. Поскольку сценарий предусматривает безветренный режим, то распространение пятна подчиняется распределению векторного поля скоростей воды. Из-за их малости пятно фактически будет располагаться вблизи источника выброса. Таким образом, через 12 часов после начала разлива нефтяное пятно достигнет максимальных размеров (рис. 6); максимальная толщина пленки 0.1 мм будет наблюдаться у берега. Толщина пленки в пределах пятна меняется от 0.01 до 0.1 мм, концентрация – от ~80 до ~800 мг/л. Площадь нефтяного пятна составляет около 1.32 км². Положение границы нефтяного пятна определялось по толщине пленки, равной 10⁻⁹ м, что соответствует концентрации нефтепродуктов 0.008 мг/л.

Сценарий 2. Через 12 часов после начала разлива пятно загрязнения (рис. 7, 8) переместится по направлению ЮВ ветра к противоположному берегу через глубоководную зону водохранилища, где проходит основной скоростной поток. Площадь загрязнения у берега будет очень мала, но толщина пленки будет значительна. А именно, толщина пленки нефти вблизи берега чуть больше 0.5 мм (концентрация ~4000 мг/л). Площадь нефтяного пятна со значительными концентрациями нефтепродуктов составит 0.385 км².

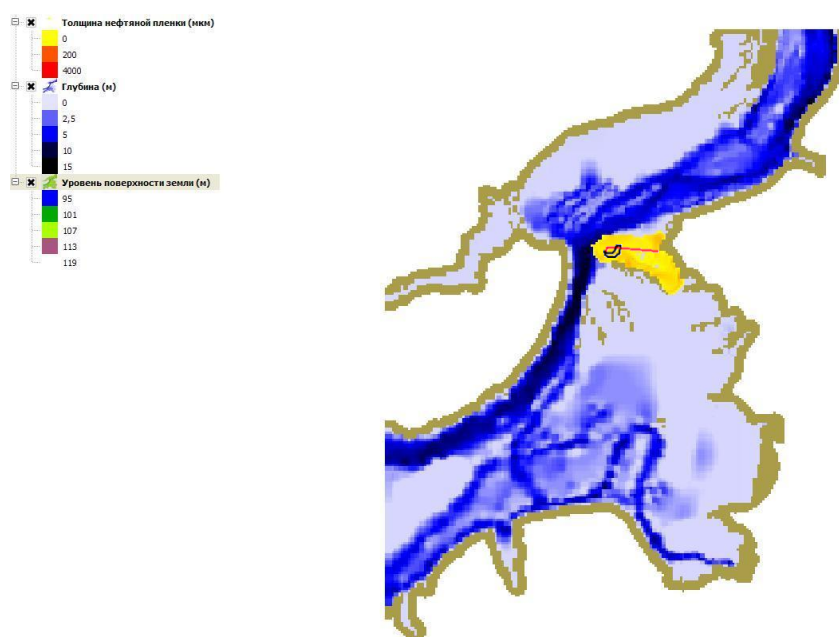


Рис.5. Распространение зоны загрязнения на расчётном участке через 12 часов после начала разлива, сценарий 1 (толщина нефтяной пленки)

Fig. 5. Spread of the contamination zone at the design site 12 hours after spill onset, scenario 1 (oil film thickness)

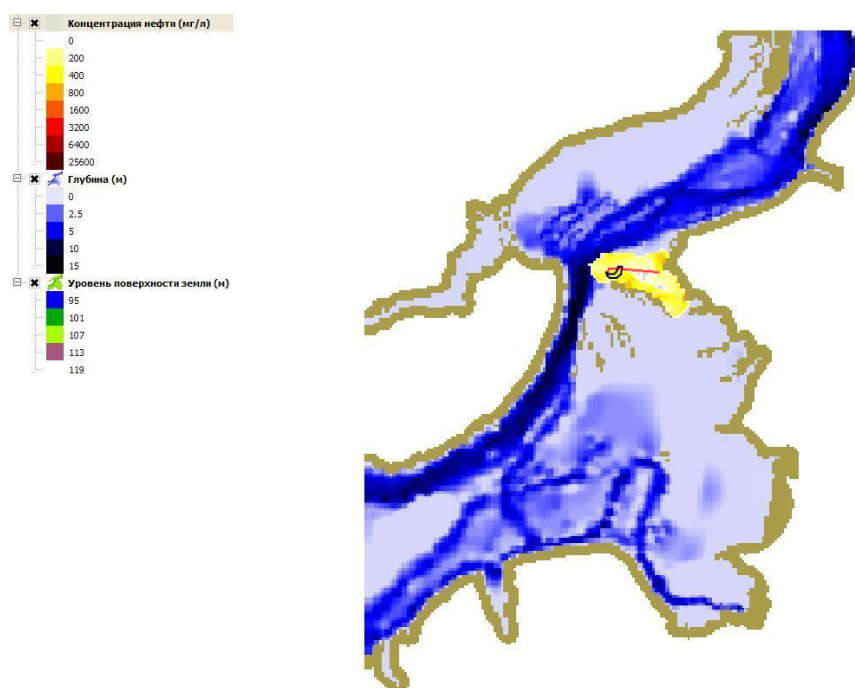


Рис. 6. Распространение зоны загрязнения на расчётном участке через 12 часов после начала разлива, сценарий 1 (концентрация нефтепродуктов)

Fig. 6. Spread of the contamination zone at the design site 12 hours spill onset, scenario 1 (concentration of petroleum products)

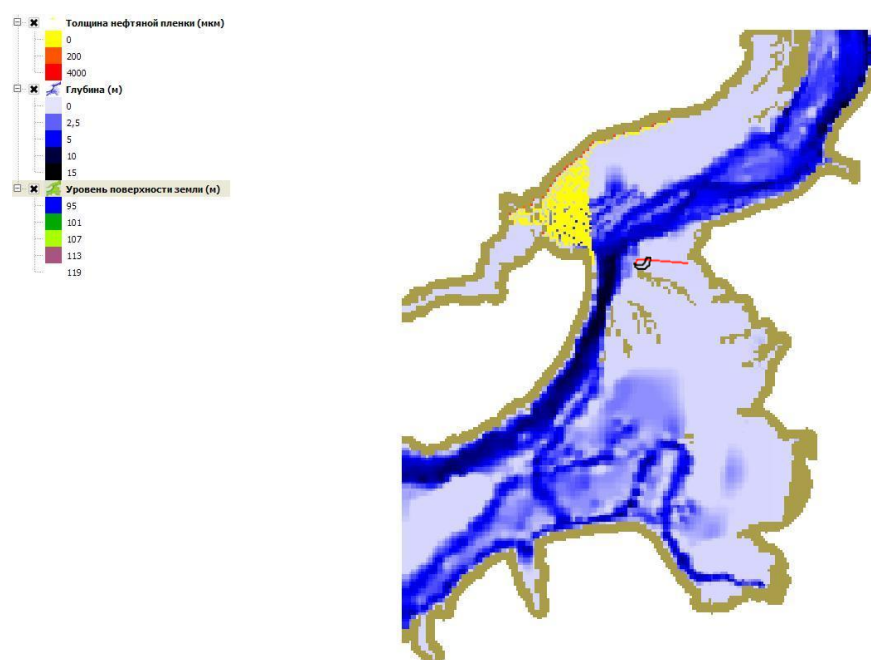


Рис. 7. Распространение зоны загрязнения на расчётном участке через 12 часов после начала разлива, сценарий 2 (толщина нефтяной пленки)

Fig. 7. Spread of contamination zone at the design site 12 hours after spill onset, scenario 2 (oil film thickness)

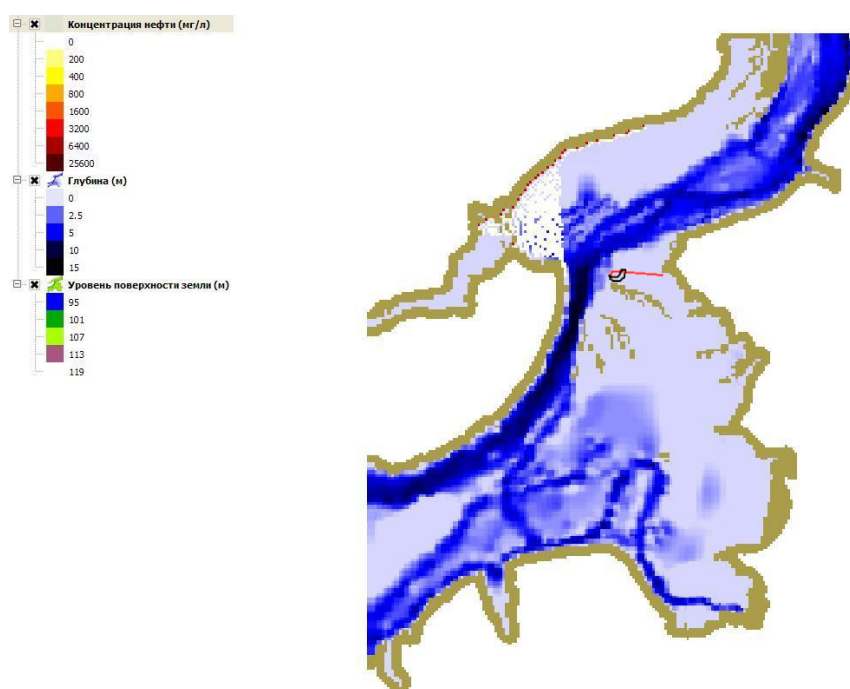


Рис. 8. Распространение зоны загрязнения на расчётном участке через 12 часов после начала разлива, сценарий 2 (концентрация нефтепродуктов)

Fig. 8. Spread of contamination zone at the design site 12 hours after spill onset, scenario 2 (concentration of petroleum products)

Сценарий 3. На рис. 9, 10 представлена зона разлива нефтяного загрязнения при аварийной ситуации на нефтепроводе. Поскольку данный сценарий предусматривает безветренный режим, то распространение пятна подчиняется распределению векторного поля скоростей течения (рис. 7). Площадь загрязнения будет самой большой из рассматриваемых сценариев и составляет примерно 17.5 км^2 . Типичные концентрации нефти будут в диапазоне 10–50 мг/л. При этом надо учитывать, что часть нефтепродуктов будет унесена течением за пределы участка изысканий.

Сценарий 4. Моделирование показало, что ветрами ЮВ направления пятно вынесется через глубоководную зону водохранилища (рис. 11, 12) к противоположному берегу аналогично сценарию 2. Площадь нефтяного загрязнения относительно невелика, близка к аналогичной площади в сценарии 2 и составляет 0.375 км^2 . Однако максимальная толщина пленки (и, соответственно, концентрации нефтепродуктов) будет примерно в 5 раз больше – 2.5 мм (концентрация нефтепродуктов – около 20000 мг/л).

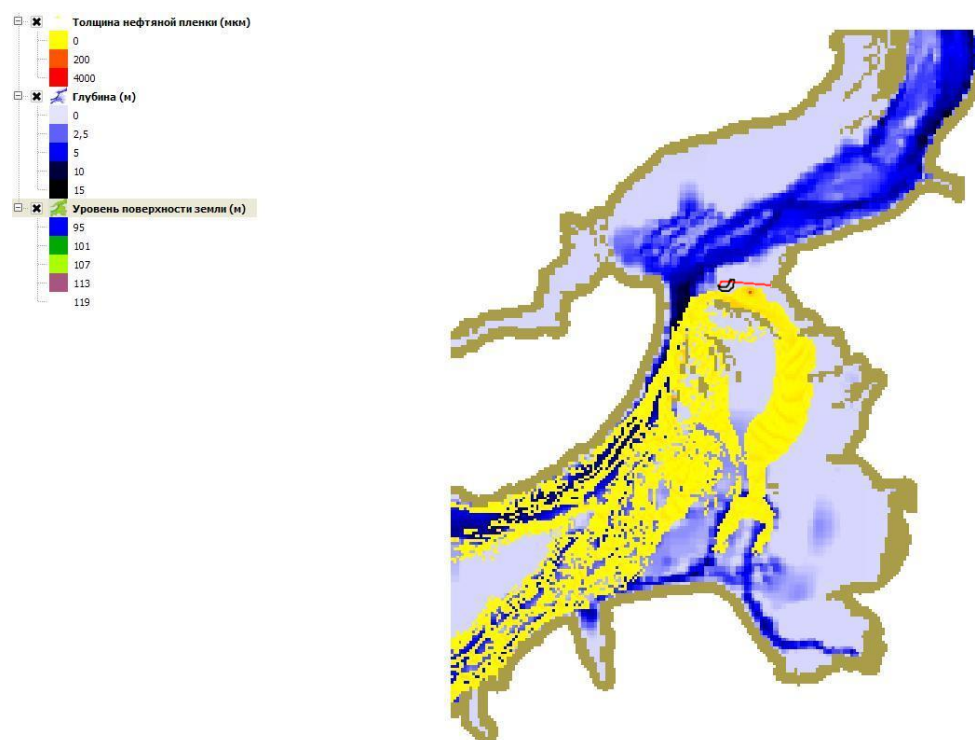


Рис. 9. Распространение зоны загрязнения на расчётном участке через 14 суток после начала разлива, сценарий 3 (толщина нефтяной пленки)

Fig. 9. Spread of contamination zone at the design site 14 days after spill onset, scenario 1 (oil film thickness)

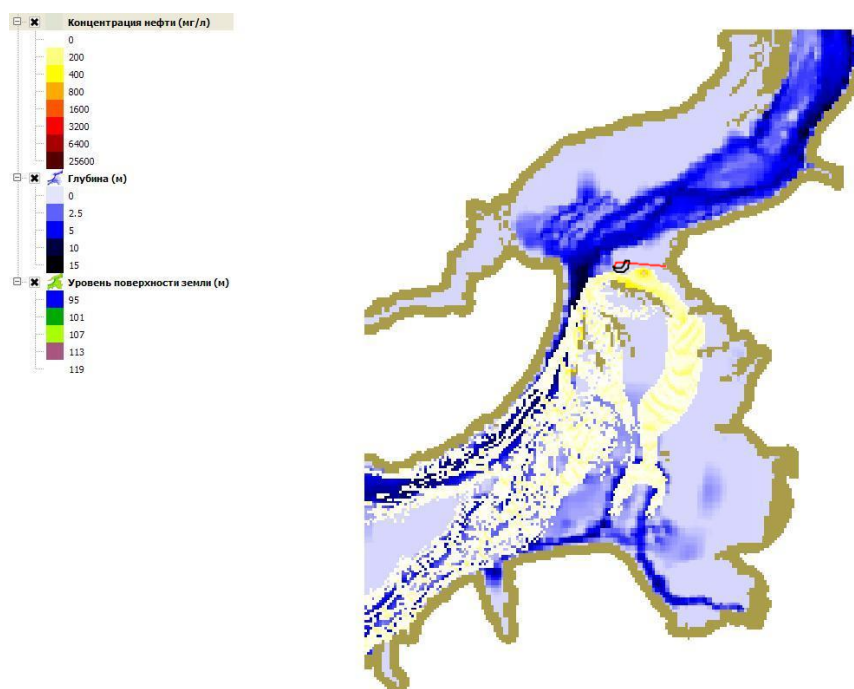


Рис. 10. Распространение зоны загрязнения на расчётном участке через 14 суток после начала разлива, сценарий 3 (концентрация нефтепродуктов)

Fig. 10. Spread of contamination zone at the design site 14 days after spill onset, scenario 3 (concentration of petroleum products)

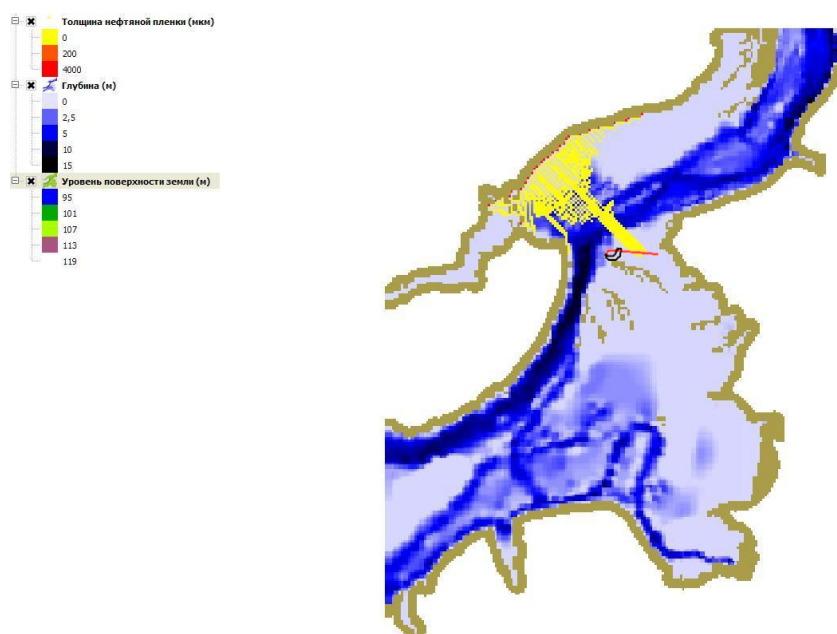


Рис. 11. Распространение зоны загрязнения на расчётном участке через 14 суток после начала разлива, сценарий 4 (толщина нефтяной пленки)

Fig. 11. Spread of contamination zone at the design site 14 days after spill onset, scenario 4 (oil film thickness)

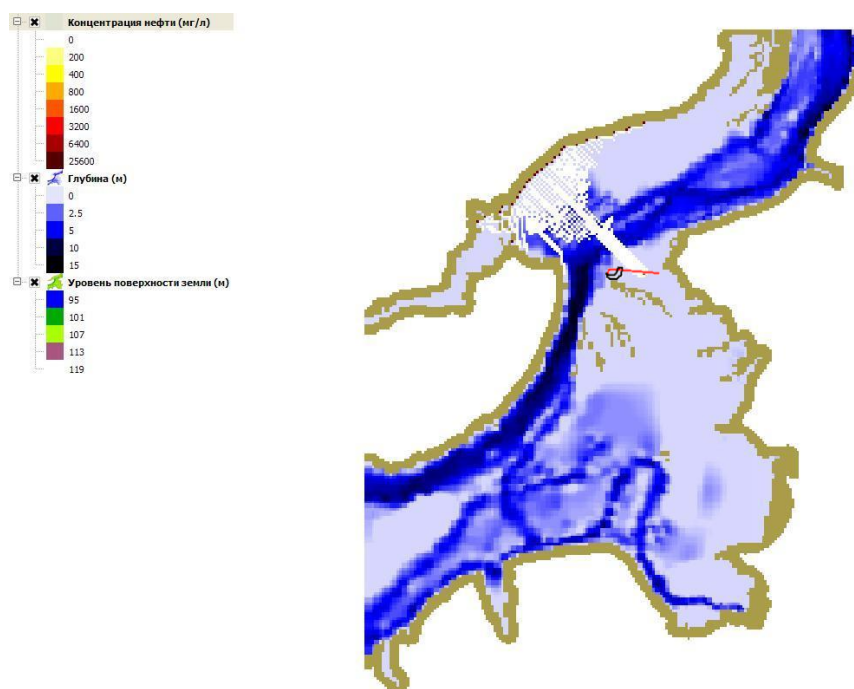


Рис. 12. Распространение зоны загрязнения на расчётном участке через 14 суток после начала разлива, сценарий 4 (концентрация нефтепродуктов)

Fig. 12. Spread of contamination zone at the design site 14 days after spill onset, scenario 4 (concentration of petroleum products)

По результатам расчетов можно заключить, что ветровые нагрузки будут оказывать преобладающее действие на динамику распространения пятна нефтяного загрязнения на мелководных участках. При ветрах ЮВ направления нефтяное пятно переносится и концентрируется у противоположного берега. Однако самое большое распространение загрязнения нефтепродуктами происходит при длительном выбросе и безветренной погоде. При выходе пятна на глубоководную часть (затопленное русло р. Камы) оно будет смываться вниз по течению на расстояния более 6 км (далее н.п. Огурдино на 5–6 км).

Заключение

В результате проведенных численных исследований дан прогноз нефтяного загрязнения Камского водохранилища при четырех сценариях аварийной ситуации. В случае аварийных разливов нефти наиболее неблагоприятные условия формируются в штилевую погоду, когда при длительном истекании нефти с малым расходом будет происходить ее вынос в основное русло. В этом случае пятно нефти будет медленно сползать по мелководному участку на юг на расстояние более 6 км; размеры нефтяного пятна на поверхности водохранилища могут достичь площади 17.5 км².

При длительных ветрах юго-восточного направления при малом истечении нефти возможен вынос пятна загрязнителя на противоположную сторону водохранилища, на мелководье.

Размеры нефтяного пятна в этом случае незначительны (0.375 км^2), а толщина пленки высокой, до 0.5 мм и более.

В случае аварийных разливов нефти при ветрах юго-восточной четверти и кратковременном интенсивном истечении нефтепродуктов также происходит вынос загрязняющих веществ на противоположную сторону водохранилища с формированием пятна относительно небольшой площади. Однако концентрация загрязняющих веществ у берега будет весьма значительной.

При штилевой погоде в случае интенсивного, но кратковременного разлива нефти пятно загрязнителя будет медленно сползать по мелководному участку на юг, площадь пятна составит 1.32 км^2 . При малых скоростях течения расположение площадки на затопленной пойме в тылу островов при кратковременном истекании нефти позволяет локализовать аварию, не допуская попадания загрязняющих веществ в русло.

Предложенный подход к оценке последствий аварии при эксплуатации скважин на акватории крупного водного объекта позволяет рассчитать размеры и положение нефтяного пятна при различных сценариях метеообстановки и принять научно обоснованные инженерные решения по устранению загрязнения.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare that they have no conflict of interest.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН (проект «Изучение механизмов природных и антропогенных изменений количества и качества водных ресурсов Сибири с использованием гидрологических моделей и информационных технологий»).

Список литературы

Атлас единой глубоководной системы европейской части РФ. Т. 9. Ч 1. Река Кама от поселка Керчевский до города Чайковский: Составлен по данным на начало навигации 2000 г. СПб.: М-во транспорта РФ, Речфлот, 2000. 1 атл. (29 с., 23 л.): текст, табл., граф., указ. (ок. 700 назв.); 34x38 см.

Двинских С.А., Китаев А.Б. Гидрология Камских водохранилищ. Пермь: ПГУ, 2008. 266 с.

Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б. Моделирование процесса затопления пойменных территорий для участков крупных рек со сложной морфометрией русла и поймы // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2013. № 6. С. 17–31.

Катастрофа в Норильске 2020: разлив нефтепродуктов [Электронный ресурс]. URL: <https://ecoportal.info/katastrofa-v-arktike-razliv-nefteproduktov-v-norilske/> (дата обращения 01.11.22).

Китаев А.Б., Клименко Д.Е., Ларченко О.В. Скоростной режим района переменного подпора Камского водохранилища и его возможные изменения в связи с созданием хозяйственного объекта // Географический вестник. 2010. № 4(15). С. 52–63.

Лепихин А.П., Мирошниченко С.А., Богомолов А.В. Особенности влияния объектов нефтедобычи на экологическое состояние озера Нюхти // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2009. № 7. С. 76–98.

Лепихин А.П., Любимова Т.П., Ляхин Ю.С., Тиунов А.А., Богомолов А.В., Перепелица Д.И., Паршакова Я.Н. Гидродинамическое моделирование реки Вятки в среднем течении: постановка задачи, результаты решения // Водное хозяйство России. 2013. № 3. С. 16–32.

Математическое моделирование распространения разлива дизельного топлива из резервуара хранения резервного топлива ТЭЦ-3 ОАО «НТЭК» 29 мая 2020 г. [Электронный ресурс]. URL: http://wwf.ru/upload/iblock/GOIN_modelirovanie-2...2020.pdf (дата обращения 27.10.22).

Месторождение им. Сухарева [Электронный ресурс]. URL: <https://a-economics.ru/news/theme-withoutheme/code-780/> (дата обращения 01.11.22).

Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Бассейн р. Камы. Т.1, Вып. 25. Гидрометеиздат, 1988. 707 с.

Прокофьев В.А. Численная плановая модель открытого потока при наличии на дне препятствий // Водные ресурсы. 2005. Т. 32, № 3. С. 282–294.

Пьянков С.В., Калинин В.Г. ГИС и математико-картографическое моделирование при исследовании водохранилищ (на примере Камских). Пермь: Изд-во Алекс-Пресс, 2011. 158 с.

Храпов С.С., Хоперсков А.В., Кузьмин Н.М., Писарев А.В., Кобелев И.А. Численная схема для моделирования динамики поверхностных вод на основе комбинированного SPH–TVD подхода // Вычислительные методы и программирование. 2011. Т. 12. С. 282–297.

Aleksyuk A.I., Malakhov M.A., Belikov V.V. The exact Riemann solver for the shallow water equations with a discontinuous bottom // Journal of Computational Physics. 2022. Vol. 450. P. 110801. doi: 10.1016/j.jcp.2021.110801

Bezmaternykh D.M., Puzanov A.V., Kotovshchikov A.V., Drobotov A.V., Tolomeev A.P. Hydrochemical Indicators of Water Quality in the Norilsk–Pyasino Lake–River System after a Diesel Fuel Spill at Norilsk Heat and Power Plant 3 in 2020 // *Contemporary Problems of Ecology*. 2021. Vol. 14, no. 4. P. 323–334. doi: 10.1134/S1995425521040028

Cnen Hai-zhou, Li Da-ming, Li Xiao Mathematical modeling of oil spill on the sea and application of modeling in Daya Bay // *Journal of Hydrodynamics*. Ser. B. 2007. Vol. 19(3). P. 282–291. doi: 10.1016/S1001-6058(07)60060-2

Delft-3D FLOW. Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments. User Manual. Version 3.15.33641, 28 April 2014. Delft The Netherlands: Deltares, 2014. 684 p.

MIKE 21C-2D river hydraulics and morphology. URL: <http://www.dhisoftware.com/Products/WaterResources/MIKE21C.aspx>.

Paladino E.E., Maliska C.R. Mathematical modeling and numerical simulation of oil spill trajectories on the sea // *Computational Fluid Dynamics Laboratory. SINMEC*. Federal University of Santa Catarina 88040-900. Florianopolis. SC. BRAZIL. 1995. P. 1–9.

Zafirakou A. Oil Spill Dispersion Forecasting Models. In *Monitoring of Marine Pollution*. IntechOpen: London, UK 2018. 20 p. doi: 10.5772/intechopen.81764

Keramea P., Spanoudaki K., Zodiatis G., Gikas G., Sylaios G. Oil Spill Modeling: A Critical Review on Current Trends, Perspectives, and Challenges // *J. Mar. Sci. Eng.* 2021. Vol. 9 (2). P. 181. doi: 10.3390/jmse9020181

Wekpe V., Whitworth M., Baily B. A Critical Review of Oil Spill Data and Spill Management in the Niger Delta Region of Nigeria // *G- J. Environ. Sci. Technol.* 2022. Vol. 10(1). P.1–13.

References

Atlas yedinoi glubokovolnoy sistemy yevropeyskoy chasti RF, Tom 9. Chast 1. R. Kama [Atlas of the Unified Deep-water system of the European part of the Russian Federation, Volume 9. Part 1, Kama River]. Rosrechflot. 2000. (In Russian).

Dvinskikh S.A., Kitaev A.B. *Gidrologiya Kamskikh vodokhranilishch* [Hydrology of the Kama reservoirs]. Perm: PGU, 2008. 266 p. (In Russian).

Zinoviev A.T., Koshelev K.B. Modelirovanie protsessa zatopleniya poymennykh territoriy dlya uchstkov krupnykh rek so slozhnoy morfometriy rusla i poymu [Modeling of flooding of floodplain territories for sections of large rivers with complex morphometry of the riverbed and floodplain] // *Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemu, tekhnologii, upravleniye* [Water management in Russia: problems, technologies, management]. 2013. Vol. 6. P. 17–31. (In Russian).

Katastrofa v Norilske 2020: razliv nefteproduktov [Disaster in Norilsk (2020): oil spill]. URL: <https://ecoportal.info/katastrofa-v-arktike-razliv-nefteproduktov-v-norilske/> (accessed: 01.11.22).

Kitaev A.B., Klimenko D.E., Larchenko O.V. Skorostnoy rezhim rayona peremennogo podpora Kamskogo vodokhranilishcha i ego vozmozhnye izmeneniya v svyazi s sozdaniem khozyaystvennogo obyektu [High-speed mode of area variable backwater of Kama water basins and its possible changes in connection with creation of economic object] // Geograficheskiy vetstnik [Geographical bulletin]. 2010. Vol. 4(15). P. 52–63. (In Russian).

Lepikhin A.P., Miroshnichenko S.A., Bogomolov A.V. Osobennosti vliyaniya obyektov neftedobychi na ekologicheskoye sostoyaniye ozera Nyukhni [Features of the influence of oil production facilities on the ecological state of Lake Nyukhti] // Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemu, tekhnologii, upravleniye [Water management in Russia: problems, technologies, management]. 2009. Vol. 7. P. 76–98. (In Russian).

Lepikhin A.P., Lyubimova T.M., Lyakhin Yu.S., Tiunov A.A., Bogomolov A.V., Perepelitsa D.I., Parshokova Ya.N. Gidrodinamicheskoye modelirovaniye reki Vyatka v srednem tekhnii: postanovka zadachi, rezultaty resheniya // Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemu, tekhnologii, upravleniye [Water management in Russia: problems, technologies, management]. 2013. Vol. 3. P. 16–32. (In Russian).

Matematicheskoye modelirovaniye rasprostraneniya razliva dizelnogo topliva iz rezervuara khraneniya rezervnogo topliva TETS-3 OAO “NTEK” 29 maya 2020 g. [Mathematical modeling of spread of diesel fuel spilled from the storage tank of reserve fuel at HES-3 "NTEK" on May 29, 2020]. URL: http://wwf.ru/upload/iblock/...GOIN_modelirovaniye-2...2020.pdf/ (accessed: 27.10.22).

Mestorozhdeniye im. Sukhareva [Sukharev Field]. URL: <https://a-economics.ru/news/theme-withouttheme/code-780/> (accessed: 01.11.22).

Mnogoletniye dannyye o regime i resursakh poverkhnostnykh vod sushi. Basseyn r. Kama [Long-term data on the regime and resources of land surface waters. Kama River basin]. Vol.1, no. 25. Gidrometeoizdat, 1988. 707 p. (In Russian).

Prokofiev V.A. Chislennaya planovaya model otkrytogo potoka pri nalichii na dne prepyatstviy [The numerical plan model of open stream at bottom obstacles] // Vodnye resursy [Water resources]. 2005. Vol. 32, no 3. P. 282–294. (In Russian).

Pyankov S.V., Kalinin V.G. GIS i matematiko-kartograficheskoye modelirovaniye pri issledovanii vodokhranilishch (na primere Kamsikh) [GIS and mathematical-cartographic modeling in the study of reservoirs (on the example of the Kama)]. Perm: Alex-Press, 2011. 158 p. (In Russian).

Khrapov S.S., Khopeskov A.V., Kuzmin N.M., Pisarev A.V., Kobelev I.A. Chislennaya shema dlya modelirovaniya dinamiki poverkhnostnykh vod na osnove kombinirovannogo

SPH-TVD podkhoda [Numerical scheme for modeling surface water dynamics based on the combined SPH–TVD approach] // Vychislitelnye metody i programmirovaniye [Computational methods and programming]. 2011. Vol. 12. P. 282–297. (In Russian).

Aleksyuk A.I., Malakhov M.A., Belikov V.V. The exact Riemann solver for the shallow water equations with a discontinuous bottom // Journal of Computational Physics. 2022. Vol. 450. P. 110801. doi: 10.1016/j.jcp.2021.110801

Bezmaternykh D.M., Puzanov A.V., Kotovshchikov A.V., Drobotov A.V., Tolomeev A.P. Hydrochemical Indicators of Water Quality in the Norilsk–Pyasino Lake–River System after a Diesel Fuel Spill at Norilsk Heat and Power Plant 3 in 2020 // Contemporary Problems of Ecology. 2021. Vol. 14, no. 4. P. 323–334. doi: 10.1134/S1995425521040028

Cnen Hai-zhou, Li Da-ming, Li Xiao Mathematical modeling of oil spill on the sea and application of modeling in Daya Bay // Journal of Hydrodynamics. Ser. B. 2007. Vol. 19(3). P. 282–291. doi: 10.1016/S1001-6058(07)60060-2

Delft-3D FLOW. Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments. User Manual. Version 3.15.33641, 28 April 2014. Delft The Netherlands: Deltares, 2014. 684 p.

MIKE 21C-2D river hydraulics and morphology. URL: <http://www.dhisoftware.com/Products/WaterResources/MIKE21C.aspx>.

Paladino E.E., Maliska C.R. Mathematical modeling and numerical simulation of oil spill trajectories on the sea // Computational Fluid Dynamics Laboratory. SINMEC. Federal University of Santa Catarina 88040-900. Florianopolis. SC. BRAZIL. 1995. P. 1–9.

Zafirakou A. Oil Spill Dispersion Forecasting Models. In Monitoring of Marine Pollution. IntechOpen: London, UK 2018. 20 p. doi: 10.5772/intechopen.81764

Keramea P., Spanoudaki K., Zodiatis G., Gikas G., Sylaios G. Oil Spill Modeling: A Critical Review on Current Trends, Perspectives, and Challenges // J. Mar. Sci. Eng. 2021. Vol. 9 (2). P. 181. doi: 10.3390/jmse9020181

Wekpe V., Whitworth M., Baily B. A Critical Review of Oil Spill Data and Spill Management in the Niger Delta Region of Nigeria // G- J. Environ. Sci. Technol. 2022. Vol. 10(1). P. 1–13.

MODELING OF OIL POLLUTION OF A LARGE PLAIN RESERVOIR

A.T. Zinoviev¹, K.B. Koshelev¹, S.A. Dvinckikh²

¹*Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul,*

²*Perm State National Research University, Perm,*

E-mail: zinoviev@iwep.ru, koshelev@iwep.ru, dvins@mail.ru

To assess oil pollution impacts on the aquatic environment when exploiting nested wells, a computer model of oil spill spread in the waters of a large plain reservoir located near the production site was built. Several scenarios of probable occurrence of emergency situations with different weather conditions were considered, their numerical calculations performed, and computation results of simulated emergency situations discussed. It has been established that the size and position of an oil slick depend not only on the duration of the oil spill and its discharge rate, but also on the direction of the wind. It is shown that there are conditions under which an oil slick can get into the main channel of the reservoir.

Key words: reservoir; exploration wells; emergency; oil pollution; computer simulation.

Received October 5, 2022

Сведения об авторах

Зиновьев Александр Тимофеевич – доктор технических наук, главный научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. ORCID: 0000-0003-4973-2803. E-mail: zinoviev@iwep.ru.

Кошелев Константин Борисович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. ORCID: 0000-0002-7124-3945. E-mail: koshelev@iwep.ru.

Двинских Светлана Александровна – доктор географических наук, профессор Пермского государственного национального исследовательского университета (ПГНИУ). Россия, 614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15. ORCID: 0000-0002-8443-8100. E-mail: dvis@mail.ru.

Information about the authors

Zinoviev Aleksandr Timofeevich – Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0003-4973-2803. E-mail: zinoviev@iwep.ru.

Koshelev Konstantin Borisovich – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0002-7124-3945. E-mail: koshelev@iwep.ru.

Dvinckikh Svetlana Aleksandrovna - Doctor of Geographical Sciences, Professor of Perm State National Research University (PSNRU). 1, Bukireva St., 614068 Perm, Russia. ORCID: 0000-0002-8443-8100. E-mail: dvins@mail.ru.

УДК 556.55

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 2019–2021 ГГ.

О.В. Кондакова, А.Т. Зиновьев

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул,

E-mail: kondakova@nsc.iwep.ru, zinoviev@iwep.ru

Рассмотрен гидрологический режим Новосибирского водохранилища в 2019–2021 гг. Установлено, что 2019 год являлся маловодным, а 2020 и 2021 гг. – средними по водности. Выполнен анализ уровня режима, рассчитаны коэффициенты внешнего водообмена по месяцам, сезонам и годам. Исследуемые характеристики имеют важное значение как для водного хозяйства, так и для экосистемы водохранилища. Отмечены особенности гидрологического режима водохранилища в рассматриваемые годы в сравнении со средними многолетними показателями за период эксплуатации.

Ключевые слова: Новосибирское водохранилище; Верхняя Обь; уровень режим; приток; сбросы; внешний водообмен.

DOI: 10.24412/2410-1192-2022-16703

Дата поступления: 23.10.2022

Новосибирское водохранилище – крупнейший искусственный водоем Западной Сибири. Площадь акватории водохранилища составляет 1070 км², площадь водосборного бассейна р. Оби в створе гидроузла – 228 000 км². Водоем расположен на территории Новосибирской области и Алтайского края. Стадийное заполнение водохранилища происходило в 1957–1959 гг.; до отметки нормального подпорного уровня (НПУ) оно впервые было наполнено в июне 1959 года. В настоящее время водные ресурсы водохранилища используются сложившимся водохозяйственным комплексом, включающим хозяйственно-питьевое

водоснабжение, энергетику, рыбное хозяйство, водный транспорт, орошение, рекреацию [Многолетняя динамика..., 2014].

Небольшой объем полезной емкости Новосибирского водохранилища позволяет осуществлять неглубокое сезонное регулирование речного стока [Васильев и др., 2000; Многолетняя динамика..., 2014]. Полный объем водохранилища составляет 8.86 км³, полезный – 4.4 км³ при среднемноголетней величине годового стока р. Обь в створе гидроузла 51 км³. В различные по водности годы отношение полезного объема водохранилища к общему притоку изменяется от 6 до 13.5%.

Сезонное регулирование стока водохранилищем обуславливает периодические, повторяющиеся от года к году колебания уровня его водной поверхности. Уровненный режим Новосибирского водохранилища в течение года характеризуется тремя типовыми фазами [Многолетняя динамика..., 2014]. Первая фаза – интенсивное повышение уровня воды в результате заполнения водохранилища стоком весеннего половодья, вторая – летняя стабилизация уровня на отметках близких к НПУ, третья – осенне-зимняя сработка до уровня мертвого объема (УМО). С характером наполнения и сработки водохранилища и с изменением его объема в течение года тесно связано внутригодовое изменение показателей внешнего водообмена [Матарзин, 2003; Китаев, 2005].

Важно то, что уровненный режим и интенсивность водообмена водохранилища оказывают существенное влияние на его экологическое состояние и обусловлены как природными, так и антропогенными факторами – колебаниями водности Верхней Оби (изменчивостью притока воды к створу ГЭС) и режимом сбросов в нижний бьеф для решения комплекса водохозяйственных задач [Васильев и др., 2000; Многолетняя динамика..., 2014].

Описание гидрологического режима Новосибирского водохранилища с

начала его наполнения по 2018 г. с различной степенью детальности за разные периоды и годы приведено в большом количестве работ, например, в [Орлова, 1968; Орлова, Широков, 1975; Гидрометеорологический режим..., 1979; Медведева, 1981; Подлипский, 1985; Васильев и др., 2000; Многолетняя динамика..., 2014; Савкин, Кондакова, 2014а, 2014б; Савкин, 2018; Савкин и др., 2018; Зиновьев и др., 2020; Савкин и др., 2020] и многих других.

Результаты анализа гидрологического режима Новосибирского водохранилища, выполненного в Институте водных и экологических проблем СО РАН ранее, показали, что после экстремально маловодных 2011 и 2012 гг. [Савкин, Кондакова, 2014а; Савкин, 2018] на Верхней Оби наблюдался многоводный период 2013–2018 гг. [Савкин и др., 2020].

Цель данной работы – описание гидрологического режима Новосибирского водохранилища в 2019–2021 гг.

Задачами работы являлись анализ данных о притоке воды к створу ГЭС и сбросах в нижний бьеф, определение водности рассматриваемых лет; расчет показателей интенсивности внешнего водообмена; анализ уровненного режима; расчет средних многолетних значений исследуемых характеристик с учетом данных за рассматриваемые годы;

выявление особенностей режима в 2019–2021 гг. в сравнении со среднемноголетним за 1960–2021 гг.

Материалы и методы

Для исследования использованы ежедневные данные о притоке воды к створу ГЭС, сбросах в нижний бьеф и среднем по водохранилищу уровне воды, приведенные в источниках открытого доступа [ГИС-портал..., Изменения уровней...].

Для расчета средних многолетних характеристик уровня режима Новосибирского водохранилища за 1960–2021 гг. использованы данные о его наполнении и сработке в 1960–1975 гг. из [Гидрометеорологический режим ..., 1979].

Коэффициенты внешнего водообмена вычислены по формуле В.Н. Штефана (как отношение полусуммы объемов притока и сбросов к объему водохранилища, соответствующему среднему уровню воды за расчетное время) [Китаев, 2005].

Результаты и обсуждение

Приток к створу ГЭС и сбросы в нижний бьеф. По величине годового притока к водохранилищу 2019 год являлся маловодным, а 2020 и 2021 гг. – средними по водности. Расходы притока к створу ГЭС составили: в 2019 г. – 1475 м³/с, в 2020 г. – 1680 м³/с, в 2021 г. – 1645 м³/с при средней многолетней величине за 1960–2021 гг. – 1620 м³/с (табл. 1).

Показатели водности в 2019–2021 гг. (отношение расходов притока и сбросов к их среднемноголетним величинам за 1960–2021 гг.) приведены в табл. 2. Продолжительность зимнего сезона принята с ноября предыдущего года по март расчетного.

Сопоставление среднемесячных расходов притока и сбросов в рассматриваемые годы со средними значениями за период эксплуатации водохранилища показано на рис. 1–2.

На фоне общей характеристики каждого конкретного года отмечены особенности внутригодового изменения водности. Так, например, в маловодном 2019 г. в мае приток к водохранилищу был на 40% ниже, а в ноябре на 35% выше средних значений за 1960–2021 гг.; в средневодном 2020 г. приток в апреле и сентябре – на 37% и 35% выше, а в июне на 31% – ниже средних. В 2021 г., среднем по водности, в мае и июне приток превысил средние многолетние показатели на 14% и 21%, а в июле–октябре был ниже средних на 10–23%.

Анализ сезонного изменения водности исследуемых лет показал, что общими чертами для 2019–2021 гг. явились повышенная водность зимнего сезона и низкая водность летнего сезона (табл. 2). Весенний период в 2019 г. был маловодным, в 2020 г. – средневодным, а в 2021 г. – многоводным. Водность осеннего сезона в 2020 г. была выше средней за многолетний период, а в 2019 и 2021 г. – ниже.

Таблица 1

Приток к Новосибирскому водохранилищу и сбросы в нижний бьеф (м³/с)

Table 1

Inflow to the Novosibirsk reservoir and outflow to the downstream (m³/s)

Год, период	Характеристика года по водности	За год	По сезонам			
			Зима (XI–III)	Весна (IV–VI)	Лето (VII–VIII)	Осень (IX–X)
Приток						
2019	маловодный	1475	498	2815	1945	1190
2020	средневодный	1680	643	3320	1995	1600
2021	средневодный	1645	549	3820	1880	977
Среднее за 1960–2021 гг.	–	1620	475	3350	2220	1260
Сбросы						
2019	маловодный	1455	766	2240	1995	1225
2020	средневодный	1680	933	2785	2025	1590
2021	средневодный	1635	863	3295	1905	966
Среднее за 1960–2021 гг.	–	1595	736	2805	2185	1310

Таблица 2

Модульные коэффициенты притока к Новосибирскому водохранилищу
и сбросов в нижний бьеф

Table 2

Modular coefficients of inflow to the Novosibirsk reservoir
and outflow to the downstream

Год	Характеристика года по водности	За год	По сезонам			
			Зима (XI–III)	Весна (IV–VI)	Лето (VII–VIII)	Осень (IX–X)
Приток						
2019	маловодный	0.91	1.05	0.84	0.88	0.94
2020	средневодный	1.04	1.35	0.99	0.90	1.27
2021	средневодный	1.02	1.15	1.14	0.85	0.77
Сбросы						
2019	маловодный	0.91	1.04	0.80	0.91	0.94
2020	средневодный	1.05	1.27	0.99	0.93	1.22
2021	средневодный	1.03	1.17	1.18	0.87	0.74

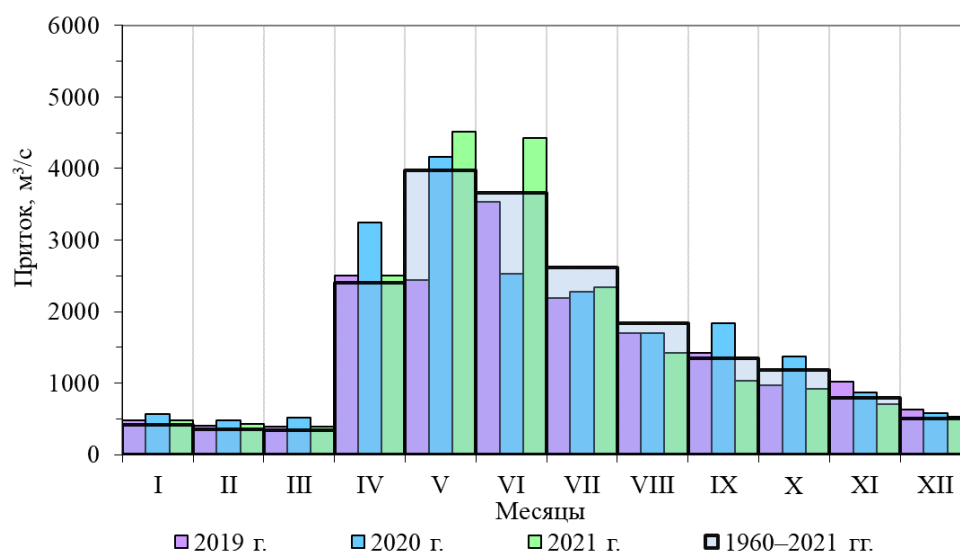


Рис. 1. Среднемесечные расходы притока воды к Новосибирскому водохранилищу в 2019–2021 гг. и средние многолетние за 1960–2021 гг.

Fig. 1. Monthly average inflow to the Novosibirsk reservoir in 2019–2021 and long-term average for 1960–2021

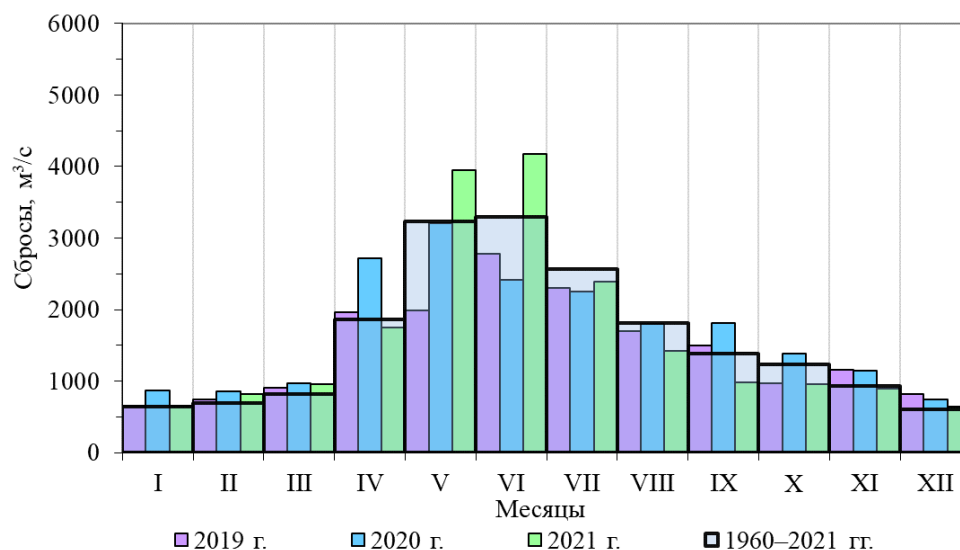


Рис. 2. Среднемесечные расходы сбросов воды из Новосибирского водохранилища в 2019–2021 гг. и средние многолетние за 1960–2021 гг.

Fig. 2. Monthly average outflow from the Novosibirsk reservoir in 2019–2021 and long-term average for 1960–2021

Уровенный режим. Отличия во внутригодовом ходе уровня Новосибирского водохранилища в отдельные годы могут быть существенны, но общий характер колебаний сохраняется. Различия в датах, интенсивности изменения уровня и длительности отдельных периодов обуславливаются не столько водностью года в целом, сколько водностью

отдельных периодов внутри года, а также зависят от режима регулирования стока [Орлова, Широков, 1975; Многолетняя динамика..., 2014].

В отдельные годы перед началом весеннего наполнения уровень воды Новосибирского водохранилища сбрасывается ниже отметки УМО, что может вызывать негативные последствия для

водного хозяйства и экосистемы водоема [Многолетняя динамика..., 2014; Савкин, 2018; Савкин и др., 2018]. В маловодные годы и сезоны дефицит водных ресурсов водохранилища усугубляется вынужденным увеличением объемов попусков по сравнению с проектными, что обусловлено посадкой уровня воды в нижнем бьефе из-за осуществлявшейся в течение длительного времени выемке песчано-гравийной смеси из карьеров в русле Оби в черте г. Новосибирска [Мальцев, Бавский, 2000; Васильев, Пичугина, 2009; Многолетняя динамика..., 2014].

Для выявления особенностей уровня режима Новосибирского водохранилища в 2019–2021 гг. проанализированы графики изменения ежедневных уровней воды, определены даты начала и окончания отдельных фаз, их продолжительность и интенсивность изменения уровня (рис. 3, табл. 3).

Весеннее наполнение водохранилища в 2019 и 2020 гг. началось несколько раньше среднемноголетнего срока (на 4 и 7 суток, соответственно), в 2021 г. – в соответствии со средней датой (14 апреля).

В 2021 г. перед началом наполнения водохранилища было сработано ниже УМО (108.5 м БС) на 20 см (до 108.30 м БС). В 2020 г. уровень воды не достиг

отметки УМО (рис. 3); его минимальное значение в апреле составило 109.0 м БС.

Период наполнения в 2019–2021 гг. отличался по продолжительности и характеру изменения интенсивности подъема уровня (рис. 3). До отметки НПУ (113.5 м БС) в рассматриваемые годы водохранилище было наполнено несколько позже средней даты (17 июня): в 2019 и 2021 гг. – на 6 и 5 сут., а в 2020 году – на 15 сут.

Для всех трех лет продолжительность поддержания уровня на отметке НПУ и выше (рис. 3, табл. 3) была существенно меньше средней за период 1960–2021 гг. (79 сут.).

В 2021 г. длительность стояния на НПУ составила всего 17 суток, что в 4.7 раз меньше средней многолетней. Более короткая продолжительность отмечена только однажды за весь период эксплуатации водохранилища – в 1963 г. (12 суток).

В 2019 и 2020 гг. особенностью уровня режима явились повторные наполнения водохранилища в сентябре и ноябре, обусловленные повышенным притоком в предшествующие периоды (рис. 3), и более позднее по сравнению со среднемноголетним начало осенне-зимней сработки.

Внешний водообмен. Под внешним водообменом водоема понимается замена вод, находящихся в нем, новыми водами, поступающими извне.

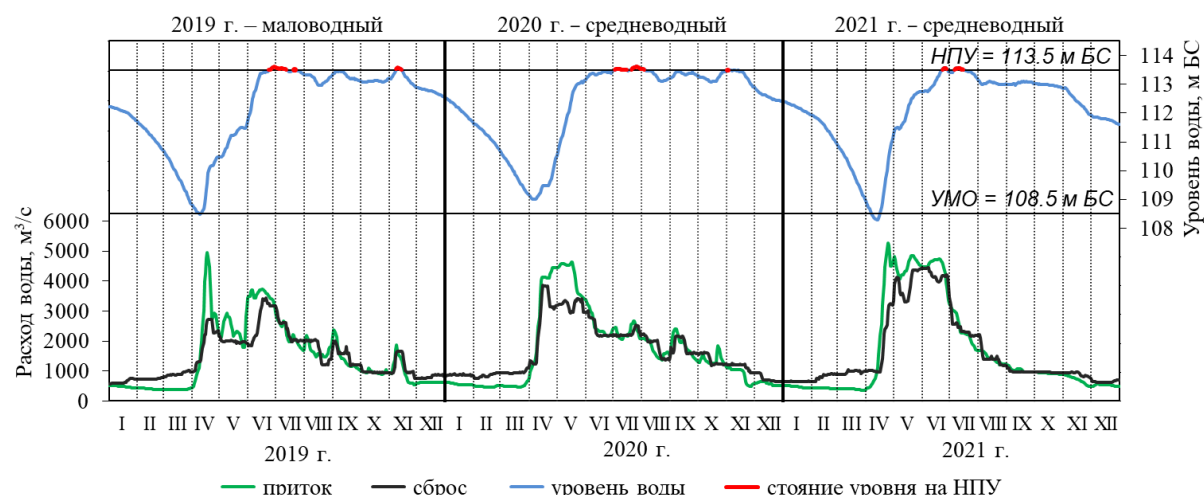


Рис. 3. Суточные значения притока, сбросов и уровня воды Новосибирского водохранилища в 2019–2021 гг.

Fig. 3. Daily values of inflow, outflow and water level of the Novosibirsk reservoir in 2019–2021

Коэффициент внешнего водообмена является условным показателем, поскольку он рассчитывается в предположении, что вся водная масса водоема замещается новой, и показывает, сколько раз она сменяется за рассматриваемый промежуток времени [Матарзин, 2003].

Новосибирское водохранилище относится к водоемам с большим водообменом [Фортунатов, 1974; Васильев и др., 2000; Многолетняя динамика..., 2014]. Среднемноголетний годовой коэффициент внешнего водообмена за 1960–2021 гг. равен 6.65.

Таблица 3

Характеристики уровня режима Новосибирского водохранилища

Table 3

Characteristics of the Novosibirsk reservoir level regime

Год, период	Дата начала наполнения водохранилища	Дата достижения НПУ	Продолжительность наполнения, сут.	Средняя интенсивность наполнения, см/сут.	Общая продолжительность стояния и превышения НПУ, сут.	Дата начала сбросов НПУ
2019	10 апреля	23 июня	74	6.8	29	15 ноября
2020	7 апреля	2 июля	86	5.2	33	13 ноября
2021	14 апреля	22 июня	69	7.5	17	16 июля
Среднее за 1960–2021 гг.	14 апреля	17 июня	64	8.7	79	14 октября

В многоводные годы смена водных масс водохранилища достигает 8.0–9.5 раз в год, в маловодные – может снижаться до 4.5–5.0. Коэффициенты водообмена в рассматриваемые годы составили: в маловодном 2019 г. – 6.18 (меньше среднего многолетнего на 7.0%), в средневодных 2020 и 2021 гг. – 6.96 и 6.98 (больше среднего на 4.7% и 5.0%, соответственно) (табл. 4).

Характер внутригодового изменения внешнего водообмена зависит от соотношения объемов притока и сбросов и объема водохранилища в течение года [Орлова, Широков, 1975; Матарзин, 2003]. В Новосибирском водохранилище наиболее интенсивно водообмен происходит в весенний период, максимальных показателей в среднем достигает в мае [Орлова, Широков, 1975; Многолетняя динамика..., 2014].

Сезонные коэффициенты водообмена водохранилища в 2019–2021 гг. и средние величины за 1960–2021 гг. приведены в табл. 4; месячные коэффициенты в сравнении со средними многолетними показаны на рис. 4.

Изменение интенсивности водообмена Новосибирского водохранилища в течение 2019–2021 гг. в целом повторяло характер колебаний водности. Таким образом, в рассматриваемые годы водообмен в зимние периоды был выше среднемноголетних показателей, а в летние периоды – ниже среднемноголетних; в весенний и осенний сезоны изменялся аналогично показателям водности (табл. 2, табл. 4). Так, например, в 2021 г. в многоводный весенний период интенсивность водообмена была выше средней величины, а в маловодный осенний период – ниже.

Таблица 4

Сезонные коэффициенты внешнего водообмена Новосибирского водохранилища

Table 4

Seasonal coefficients of external water exchange of the Novosibirsk reservoir

Год, период	Характеристика года по водности	За год	По сезонам			
			Зима (XI–III)	Весна (IV–VI)	Лето (VII–VIII)	Осень (IX–X)
2019	маловодный	6.16	1.17	2.99	1.22	0.75
2020	средневодный	6.96	1.44	3.39	1.23	0.97
2021	средневодный	6.98	1.27	4.06	1.18	0.62
Среднее за 1960–2021 гг.	–	6.65	1.11	3.49	1.32	0.78

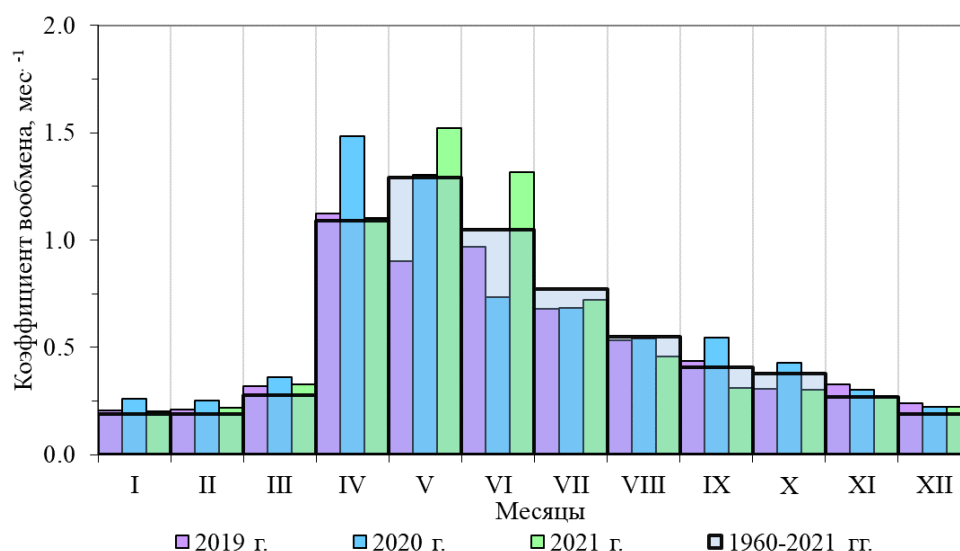


Рис. 4. Месячные коэффициенты внешнего водообмена Новосибирского водохранилища в 2019–2021 гг. и средние многолетние за 1960–2021 гг.

Fig. 4. Monthly external water exchange coefficients of the Novosibirsk reservoir in 2019–2021 and long-term averages for 1960–2021

Выводы

1. Установлено, что по величине годового притока к Новосибирскому водохранилищу 2019 г. являлся маловодным, а 2020 и 2021 гг. – средневодными. На фоне общей характеристики водности каждого конкретного года общими чертами рассматриваемых лет были повышенная водность зимних сезонов и низкая водность летних сезонов, а отличительными – многоводный осенний период в 2020 г., многоводный весенний и маловодный осенний периоды в 2021 г.

2. В качестве особенностей уровня режима водохранилища отмечены более позднее по сравнению со средне-многолетней датой наполнение водохранилища до отметки НПУ и короткая общая продолжительность поддержания

НПУ для всех трех лет (наименьшая – в 2021 г.), повторное наполнение в сентябре и ноябре в 2019 и 2020 гг., сработка уровня воды ниже УМО (на 0.2 м) в 2021 г.

3. Интенсивность внешнего водообмена водохранилища в 2019 г. (6.18 раз/год) была на 7.0% ниже, а в 2020 и 2021 гг. (6.96 и 6.98) – на 4.7% и 5.0% выше средней многолетней (6.65). Внутригодовое изменение показателей водообмена в целом соответствовало колебаниям водности в течение рассматриваемых лет.

4. Результаты, полученные в данной работе, могут быть использованы для оценки связи состояния экосистемы Новосибирского водохранилища с его гидрологическим режимом.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare that they have no conflict of interest.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН (проект «Изучение механизмов природных и антропогенных изменений количества и качества водных ресурсов Сибири с использованием гидрологических моделей и информационных технологий»).

Список литературы

Васильев О.Ф., Савкин В.М., Двуреченская С.Я., Тарасенко С.Я., Попов П.А., Хабидов А.Ш. Экологическое состояние Новосибирского водохранилища // Сибирский экологический журнал, 2000. Т. 7. № 2. С. 149–163.

Васильев О.Ф., Пичугина С.В. Гидрологические и водохозяйственные проблемы Новосибирского гидроузла // Водные проблемы крупных речных бассейнов и пути их решения: Сб. научн. трудов Всерос. конф. (6–11 июля 2009 г., Россия). Барнаул, 2009. С. 444–453.

Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Новосибирское водохранилище и озера бассейна Средней Оби. Ленинград: Гидрометеиздат, 1979. 156 с.

ГИС-портал Центра регистра и кадастра. Информационная система по водным ресурсам и водному хозяйству бассейнов рек России [Электронный ресурс]. URL: <http://gis.vodinfo.ru> (дата обращения 20.07.2022).

Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б., Марусин К.В. Влияние Новосибирского водохранилища на уровни воды реки Оби в период весеннего половодья (территория города Камень-на-Оби) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2020. № 4. С. 6–18.

Изменения уровней водохранилищ ГЭС РусГидро [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rushydro.ru/hydrology/informer/> (дата обращения 20.07.2022).

Китаев А.Б. Методы оценки внешнего водообмена водохранилищ // Географический вестник. 2005. №1–2. С. 73–81.

Мальцев В.С., Бавский С.П. Использование водных ресурсов Новосибирского водохранилища за многолетний период // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2000. № 4. С. 347–355.

Матарзин Ю.М. Гидрология водохранилищ. Пермь: ПГУ, ПСИ, ПССГК, 2003. 296 с.

Медведева Л.Н. К характеристике уровня режима Новосибирского водохранилища // Труды ЗапСибНИИ Госкомгидромета. 1981. Вып. 51. С. 58–64.

Многолетняя динамика водно-экологического режима Новосибирского водохранилища / Ред. О.Ф. Васильев. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. 393 с.

Орлова Г.А. Особенности уровня режима // Формирование береговой зоны Новосибирского водохранилища / Ред. С.Г. Бейром, В.М. Широков. Новосибирск: Наука, 1968. С. 22–30.

Орлова Г.А., Широков В.М. Особенности гидрологического режима Новосибирского водохранилища за 15-летний период эксплуатации // Природные условия Западной Сибири и переброска стока рек в Среднюю Азию. Новосибирск: Наука, 1975. С. 65–89.

Подлипский Ю.И., Садовьяк М.М. Особенности регулирования Новосибирского водохранилища // Труды ЗапСибНИИ Госкомгидромета. 1985. Вып. 70. С. 16–24.

Савкин В.М. Регулирование экстремального стока Верхней Оби Новосибирским водохранилищем // География и природные ресурсы. 2018. № 4. С. 115–121.

Савкин В.М., Двуреченская С.Я., Кондакова О.В. Грани гидрологии при современном и перспективном использовании стока Верхней Оби // Третьи Виноградовские чтения. Грани гидрологии: Матер. междунар. научн. конф. (28–31 марта 2018 г., Россия). Санкт-Петербург, 2018. С. 791–795.

Савкин В.М., Двуреченская С.Я., Кондакова О.В. Влияние Новосибирского водохранилища на формирование гидролого-гидрохимического режима Верхней Оби на зарегулированном участке // Вода и экология: проблемы и решения. 2020. №1 (81). С. 51–61.

Савкин В.М., Кондакова О.В. Уровень режим водохранилища // Многолетняя динамика водно-экологического режима Новосибирского водохранилища / Ред. О.Ф. Васильев. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014а. С. 33–39.

Савкин В.М., Кондакова О.В. Водообмен // Многолетняя динамика водно-экологического режима Новосибирского водохранилища / Ред. О.Ф. Васильев. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014б. С. 44–45.

Фортунов М.А. О проточности и водообмене водохранилищ // Труды Института биологии внутренних вод АН СССР. 1974. Вып. 26 (29). С. 111–120.

References

Vasiliev O.F., Savkin V.M., Dvurechenskaya S.Ya., Tarasenko S.Ya., Popov P.A., Khabidov A.Sh. Ehkologicheskoe sostoyanie Novosibirskogo vodokhranilishcha [Ecological state of the Novosibirsk reservoir] // Sib. ekol. zhurn. [Sib. Ecol. J.]. 2000. Vol. 7. no 2. P. 149–163. (in Russian).

Vasiliev O.F., Pichugina S.V. Gidrologicheskie i vodokhozyaistvennye problemy Novosibirskogo gidrouzla [Hydrological and water management problems of the Novosibirsk hydropower system] // Vodnye problemy krupnykh rechnykh basseinov i puti ikh resheniya: Sb. nauchn. trudov Vseros. konf. (6–11 iyul. 2009 g.) [Water problems of large river basins and ways to solve them: Proceed. All-Rus. conf. (Jul. 6–11, 2009)]. Barnaul, 2009. P. 444–453. (in Russian).

Gidrometeorologicheskii rezhim ozer i vodokhranilishch SSSR. Novosibirskoe vodokhranilishche i ozera basseina Srednei Obi [Hydrometeorological regime of lakes and reservoirs of the USSR. The Novosibirsk reservoir and lakes of the Middle Ob basin]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1979. 156 p. (in Russian).

GIS-portal Tsentra registra i kadastra. Informatsionnaya sistema po vodnym resursam i vodnomu khozyaistvu basseinov rek Rossii [The Center of register and cadastre GIS portal. Information system on water resources and water sector of the river basins of Russia]. URL: <http://gis.vodinfo.ru> (accessed: 20.07.2022).

Zinoviev A.T., Koshelev K.B., Marusin K.V. Vliyanie Novosibirskogo vodokhranilishcha na urovni vody reki Obi v period vesennego polovod'ya (territoriya goroda Kamen'-na-Obi) [The Novosibirsk reservoir influence on the Ob river water levels during spring flood periods (Kamen-na-Obi as a case study)] // Vodnoe khozyaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie [Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management]. 2020. no 4. P. 6–18. (in Russian).

Izmeneniya urovnei vodokhranilishch GES RusGidro [Changes in levels of the RusHydro HPP reservoirs]. URL: <http://www.rushydro.ru/hydrology/informer/> (accessed: 20.07.2022).

Kitaev A.B. Metody otsenki vneshnego vodoobmena vodokhranilishch [Methods for evaluating external water exchange of reservoirs] // Geograficheskii vestnik [Geographical Bulletin]. 2005. no 1–2. P. 73–81. (in Russian).

Maltsev V.S., Bavskii S.P. Ispol'zovanie vodnykh resursov Novosibirskogo vodokhranilishcha za mnogoletnii period [Use of the Novosibirsk reservoir water resources over a long-term period] // Vodnoe khozyaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie [Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management]. 2000. no 4. P. 347–355. (in Russian).

Matarzin Yu.M. Gidrologiya vodokhranilishch [Hydrology of reservoirs]. Perm': PGU, PSI, PSSGK, 2003. 296 p. (in Russian).

Medvedeva L.N. K kharakteristike urovennogo rezhima Novosibirskogo vodokhranilishcha [On the characteristic of the level regime of the Novosibirsk reservoir] // Trudy ZapSibNII Goskomgidrometa [Transactions of the ZapSibNII Goskomgidrometa]. 1981. no. 51. P. 58–64. (in Russian).

Mnogoletnyaya dinamika vodno-ekologicheskogo rezhima Novosibirskogo vodokhranilishcha [Long-term dynamics of the water-ecological regime of the Novosibirsk reservoir] / Ed. O.F. Vasiliev. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2014. 393 p. (in Russian).

Orlova G.A. Osobennosti urovennogo rezhima [Features of level regime] // Formirovanie beregovoi zony Novosibirskogo vodokhranilishcha [The Novosibirsk Reservoir bank zone formation] / Ed. S.G. Beirom, V.M. Shirokov. Novosibirsk: Nauka, 1968. P. 22–30. (in Russian).

Orlova G.A., Shirokov V.M. Osobennosti gidrologicheskogo rezhima Novosibirskogo vodokhranilishcha za 15-letnii period ehkspluatatsii [Features of the hydrological regime of the Novosibirsk reservoir over the 15-years period of operation] // Prirodnye usloviya Zapadnoi Sibiri i perebroška stoka rek v Srednyuyu Aziyu [Natural conditions of Western Siberia and the transfer of river flow to Central Asia]. Novosibirsk: Nauka, 1975. P. 65–89. (in Russian).

Podlipskii Yu.I., Sadoviyak M.M. Osobennosti regulirovaniya Novosibirskogo vodokhranilishcha [Features of the Novosibirsk reservoir regulation] // Trudy ZapSibNII Goskomgidrometa [Transactions of the ZapSibNII Goskomgidrometa]. 1985. no 70. P. 16–24. (in Russian).

Savkin V.M. Regulirovanie ehkstremal'nogo stoka Verkhnei Obi Novosibirskim vodokhranilishchem [Regulation of the extreme runoff of the Upper Ob by the Novosibirsk reservoir] // Geografiya i prirodnye resursy [Geography and natural resources]. 2018. no 4. P. 115–121. (in Russian).

Savkin V.M., Dvurechenskaya S.Ya., Kondakova O.V. Grani gidrologii pri sovremennom i perspektivnom ispol'zovanii stoka Verkhnei Obi [Hydrological aspects of present and perspective use of water resources of Upper Ob] // Tret'i Vinogradovskie chteniya. Grani gidrologii: Mater. mezhdunar. nauchn. konf. (28–31 marta 2018 g., Sankt-Peterburg) [Third Vinogradov conference. Facets of hydrology: Proceed. int. sc. conf. (March 28–31, 2018)]. Sankt-Peterburg, 2018. P. 791–795. (in Russian).

Savkin V.M., Dvurechenskaya S.Ya., Kondakova O.V. Vliyanie Novosibirskogo vodokhranilishcha na formirovanie gidrologo-gidrokhimicheskogo rezhima Verkhnei Obi na zaregulirovannom uchastke [Impact of the Novosibirsk reservoir on the formation of hydrological and hydrochemical regime of the Upper Ob river in the regulated area] // Voda i ehkologiya: problemy i resheniya [Water and Ecology: Problems and Solutions]. 2020. no 1 (81). P. 51–61. (in Russian).

Savkin V.M., Kondakova O.V. Urovennyi rezhim vodokhranilishcha [Level regime of the reservoir] // Mnogoletnyaya dinamika vodno-ehkologicheskogo rezhima Novosibirskogo vodokhranilishcha [Long-term dynamics of the water-ecological regime of the Novosibirsk reservoir] / Ed. O.F. Vasiliev. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2014a. P. 33–39. (in Russian).

Savkin V.M., Kondakova O.V. Vodoobmen [Water exchange] // Mnogoletnyaya dinamika vodno-ehkologicheskogo rezhima Novosibirskogo vodokhranilishcha [Long-term dynamics of the water-ecological regime of the Novosibirsk reservoir] / Ed. O.F. Vasiliev. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2014b. P. 44–45. (in Russian).

Fortunatov M.A. O protochnosti i vodoobmene vodokhranilishch [On flowage and water exchange of reservoirs] // Trudy Instituta biologii vnutrennikh vod AN SSSR [Transactions of the Institute for Biology of Inland Waters of Academy of sciences of USSR]. 1974. no. 26 (29). P. 111–120. (in Russian).

FEATURES OF HYDROLOGICAL REGIME OF THE NOVOSIBIRSK RESERVOIR IN 2019–2021

O.V. Kondakova, A.T. Zinoviev

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul,

E-mail: kondakova@nsc.iwep.ru, zinoviev@iwep.ru

The paper deals with hydrological regime of the Novosibirsk reservoir in 2019–2021. The year 2019 was found to be low water, and the years 2020 and 2021 – medium water ones. We analyzed water level regime of the reservoir and calculated coefficients of external water exchange for months, seasons and years. The studied parameters of hydrological regime are important both for the reservoir ecosystem and water sector. The peculiarities of hydrological regime for 2019–2021 as compared with long-term average characteristics for the whole period of the reservoir operation were revealed.

Key words: Novosibirsk reservoir; Upper Ob; water level regime; inflow; outflow; external water exchange.

Received October 23, 2022

Сведения об авторах

Кондакова Ольга Владимировна – младший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. ORCID: 0000-0003-0774-577X. E-mail: kondakova@nsc.iwep.ru.

Зиновьев Александр Тимофеевич – доктор технических наук, главный научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. ORCID: 0000-0003-4973-2803. E-mail: zinoviev@iwep.ru.

Information about the authors

Kondakova Olga Vladimirovna – Junior Researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0003-0774-577X. E-mail: kondakova@nsc.iwep.ru.

Zinoviev Alexander Timofeevich – Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0003-4973-2803. E-mail: zinoviev@iwep.ru.

УДК 556.161

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА РЕКИ ЧАРЫШ (АЛТАЙСКИЙ КРАЙ)

А.В. Кудишин, О.В. Ловцкая, С.Ю. Самойлова, А.Б. Голубева

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул,

E-mail: kudishin@iwep.ru, lov@iwep.ru, bastet@iwep.ru, pticagolub@mail.ru

Представлена компьютерная модель формирования стока на водосборе р. Чарыш. В модели учитывается пространственная неоднородность процессов формирования стока и используется детализация описания процессов трансформации стока по вертикали (поверхностный, подповерхностный и грунтовый сток). Используются два источника данных для определения количества осадков на водосборе: данные метеостанций и набор данных Persiann-CDR. Проведен анализ использованных в расчетах стока указанных моделей пространственного распределения осадков. Выявлено, что данные метеостанции Усть-Кан дают сильно заниженные значения слоя осадков для зимы 2009 года, недостаточные для формирования наблюдаемого талого стока. Выполнена верификация модели формирования стока на водосборе р. Чарыш для условий 2009 года с использованием двух моделей осадков.

Ключевые слова: гидрология; модели формирования стока; бассейн р. Чарыш; распределение осадков; Persiann-CDR.

DOI: 10.24412/2410-1192-2022-16704

Дата поступления: 1.11.2022

Создание и апробация методик краткосрочного прогнозирования уровня воды р. Обь в верхнем ее течении является важной научной задачей, результаты решения которой востребованы региональными службами МЧС для мониторинга развития ситуации во время паводков и дождевых паводков. Одним из направлений решения таких задач является разработка детерминированных пространственно-распределенных моде-

лей формирования стока, достаточно детально описывающих физические процессы на водосборе. Материал данной статьи содержит некоторые результаты по разработке и совершенствованию методов математического моделирования формирования стока в речных системах и адаптации разработанных математических моделей к условиям бассейна реки Обь.

В качестве объекта исследования выбран бассейн р. Чарыш.

В верхнем течении Чарыш протекает по горной местности, в нижнем течении выходит на равнину. Питание реки смешанное с преобладанием снегового. Поверхностный сток в верховьях формируется за счет талых вод – 49%, дождевых осадков – 30% и грунтовых вод – 21% [Ресурсы..., 1962].

Половодье многопиковое, растянутое (с апреля по июль) за счет таяния снега сначала на равнине, позднее в горах на разных высотах. Эти особенности позволяют комплексно проводить апробацию разрабатываемых моделей водосбора.

Материалы и методы

Компьютерная модель стока для бассейна р. Чарыш создана на основе разрабатываемой в ИВЭП СО РАН [Зиновьев и др., 2017; Кудишин, 2019] модели талого и дождевого стока. Модель использует в качестве расчетных элементов элементарные водосборы. Связь речных участков (и, соответственно, водосборов) друг с другом определяется в виде графа. В модели используются законы сохранения массы, учитывается пространственная неоднородность процессов формирования стока и детализация процессов трансформации стока по вертикали (поверхностный, подповерхностный и грунтовый сток). Подобный тип моделей реализован в большинстве современных систем

(ECOMAG [Motovilov, 1999], HEC-HMS [Hydrologic..., 2016] и др.), моделирующих процессы формирования стока. Детализация процессов трансформации стока по вертикали представлена на рисунке 1.

Расчетная область в плане определяется границей водосбора, рассчитанной по гидрологически корректной цифровой модели рельефа (ЦМР). Пространственное разрешение цифровой модели территории, используемой в ходе цифрового моделирования, определяется площадью рассматриваемого водосбора и детализацией имеющихся данных. В настоящей работе использована ЦМР, построенная по топографическим картам масштаба 1:100000.

На основе ЦМР выполнена схематизация речного бассейна в соответствии с требованиями расчетной гидрологической модели. Результатом схематизации является структурное деление территории на связанные элементарные водосборы (элементы расчетной области) и древовидный граф речной сети. Вычислены гидрологические параметры, определяющие формирование поверхностного стока (длина и уклон водотока, площадь и уклон подбассейна) [Пьянков, Шихов, 2017; HEC-GeoHMS..., 2013]. Расчетная область бассейна р. Чарыш показана на рисунке 2.

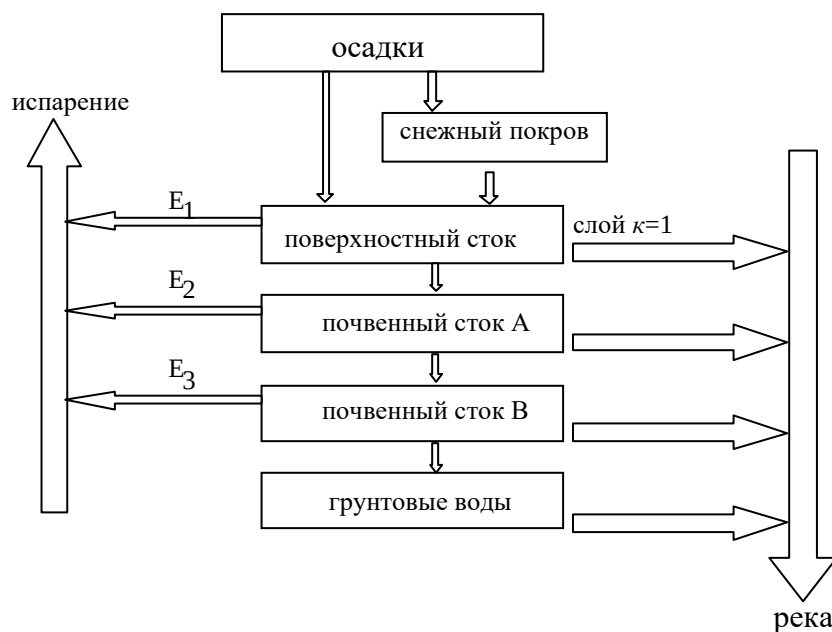


Рис. 1. Процесс трансформации стока по вертикали

Fig. 1. Vertical transformation of runoff

Моделирование гидрологических процессов на каждом элементарном водосборе выполняется для четырех уровней: поверхностный сток, верхний слой почвы (горизонт А), подстилающий более глубокий слой (горизонт В) и грунтовые воды. В холодный период учитывается снежный покров (рис.1).

Необходимые для расчета физические параметры бассейна р. Чарыш определяются на основе глобальных или региональных баз картографических данных (типы, механический состав и водно-физические характеристики почв, типы и характеристики растительности и ландшафтов). Для определения механических свойств почвы использована глобальная почвенная базы данных Harmonized World Soil Database (HWSD) [Harmonized..., 2012]. Почвенная база данных HWSD – это растровая база

данных с разрешением 30'', содержащая более 15000 единиц почвенного картирования и набор атрибутивных данных в формате MS Access. Для каждого почвенного контура в атрибутивной таблице содержится информация о параметрах для каждого типа почв (горизонтов А и В): доля (%) гравия, песка, глины, пыли и органического вещества, объемная плотность, мощность горизонта почвы, текстурный и гранулометрический класс и другие физико-химические показатели. На рисунке 3 приведена почвенная карта бассейна р. Чарыш, подготовленная по данным HWSD. Для легенды карты используется показатель Topsoil USDA Texture Classification – текстурный класс верхнего слоя почвы (0–30 см) по классификации USDA (Департамент сельского хозяйства США) [Harmonized..., 2012].

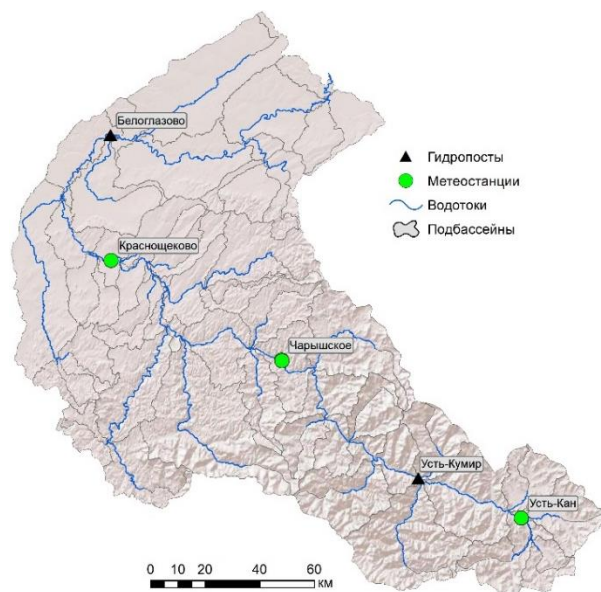


Рис. 2. Расчетные элементы водосборного бассейна р. Чарыш

Fig. 2. Estimate elements of the Charysh basin

В [Мотовилов и др., 2018, с. 59] отмечается, что подобного типа модели «наиболее чувствительны к изменению 6-ти параметров, среди которых вертикальный и горизонтальный коэффициенты фильтрации для типов почв, температурный коэффициент стаивания снега, мощность верхнего активного

почвенного слоя и максимальное поверхностное задержание для типов растительности, а также коэффициент испарения. Из этих шести параметров наиболее широкий диапазон изменения значений имеют коэффициенты фильтрации почв, и их необходимо особенно тщательно калибровать».

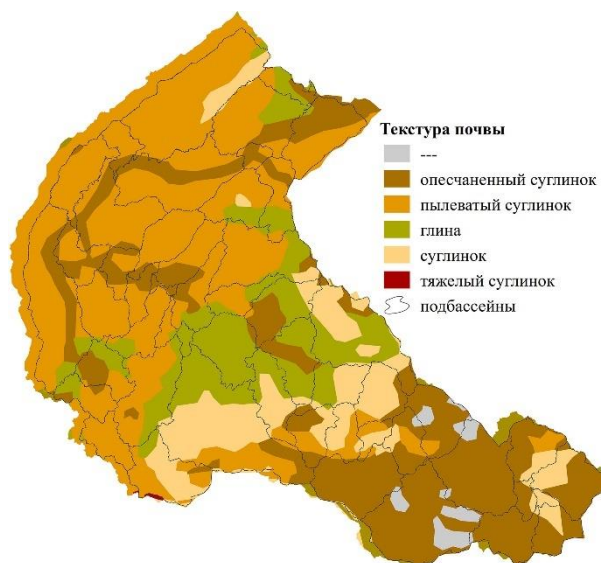


Рис. 3. Характеристики почв бассейна р. Чарыш

Примечание: Классы гранулометрического состава почв (текстура) указаны по [Мировая..., 2017]

Fig. 3. Soil characteristics of the Charysh basin

Note: Soil granulometric composition (texture) classes of are indicated by [World Reference ..., 2017]

Характеристики растительности и ландшафтов, необходимые для оценки параметров, определены на основе ландшафтной карты и карты растительности Алтайского края [Филимонов и др., 2021]. Поскольку растительность, ландшафт и почва являются взаимозависимыми факторами, разработан алгоритм и программное обеспечение, позволяющие строить в рамках выделенного бассейна области с уникальными комбинациями растительности, ландшафта и почвы. Такой подход позволяет точнее определять ряд гидрологических и физических характеристик (инфильтрация, затененность, влагоемкость), необходимых для гидрологических моделей водосбора.

Количество осадков, выпадающих на водосбор, – важнейший фактор формирования стока. Он оказывает существенное влияние на качество прогнозов объема стока, расходов и уровней воды в реках.

При условии достаточной плотности сети метеостанций оценка количества и пространственного распределения осадков может быть получена путем пространственной интерполяции [Пьянков, Шихов, 2017]. Интерполяция сумм осадков по данным наблюдательной сети (при условии ее достаточной густоты) показывает хорошие результаты для равнинных бассейнов [Аполлов и др., 1974; Пьянков, Шихов, 2017; Гусев и др.,

2019]. Расчет полей осадков в горных районах осложняется вертикальной зональностью ландшафтно-климатических условий. Для оценки сумм осадков в горных районах традиционно в гидрологических исследованиях используются методы интерполяции на основе вертикальных градиентов (зависимость сумм осадков от абсолютной высоты) [Пьянков, Шихов, 2017; Бураков, Гордеев, 2017, Георгиевский, Шаночкин, 1987]. Использование этого метода для бассейна р. Чарыш ограничено недостаточностью сети наблюдений на склонах хребтов и водоразделах – в областях, где формируется основной объем стока. Метеорологическая станция Усть-Кан не является репрезентативной для высокогорной части бассейна, т.к. расположена в межгорной котловине. По данным исследований на Алтае [Винокуров и др., 2008], сумма осадков дна котловины и ее горного обрамления может отличаться в несколько раз.

Тем не менее, для проверки возможности использования такого подхода создана база метеорологических данных наблюдений по метеостанциям Краснощеково, Чарышское, Усть-Кан. Зоны влияния метеостанций определены на основе равноудаленности центра расчетного элемента от метеостанции и показаны на рисунке 4.

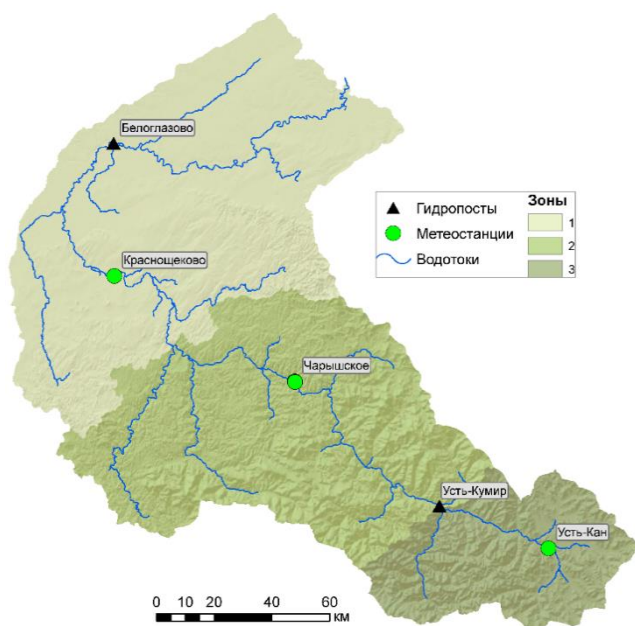


Рис.4. Зоны влияния используемого набора метеостанций (Краснощечково, Чарышское, Усть-Кан)
 Fig. 4. Zones of weather stations influence (Krasnoshchekovo, Charyshskoye, Ust-Kan)

Поскольку область расчета ограничена створом гидропоста р. Чарыш – с. Белоглазово, на равнинной части водосбора р. Чарыш учитывались только данные метеостанции Краснощечково.

В качестве альтернативного источника данных о количестве осадков, выпавших на водосбор, в работе использован набор данных PERSIANN-CDR [Nguyen и др., 2019]. PERSIANN-CDR (Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks – Climate Data Record) обеспечивает оценки суточных осадков на сетке $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ для полосы 60°N – 60°S за период с 1.01.1983 г. по настоящее время.

На основе математической модели, предложенной в [Зиновьев и др., 2017; Кудишин, 2019], подготовленной пространственной информации и

гидрометеорологических данных построена компьютерная модель формирования стока на водосборе реки Чарыш.

Верификация и калибровка моделей формирования поверхностного стока проведена по данным наблюдений по гидропостам реки Чарыш: с. Белоглазово, с. Чарышское, с. Усть-Кумир, включающим ежедневные уровни и расходы.

Результаты и обсуждение

Верификация модели формирования стока на водосборе р. Чарыш выполнена для условий 2009 года с использованием двух моделей распределения осадков. В период формирования талого стока выявлено значительное отклонение рассчитанных гидрографов от наблюдаемых на гидропостах. На рисунке 5 представлены гидрографы для г/п Белоглазово.

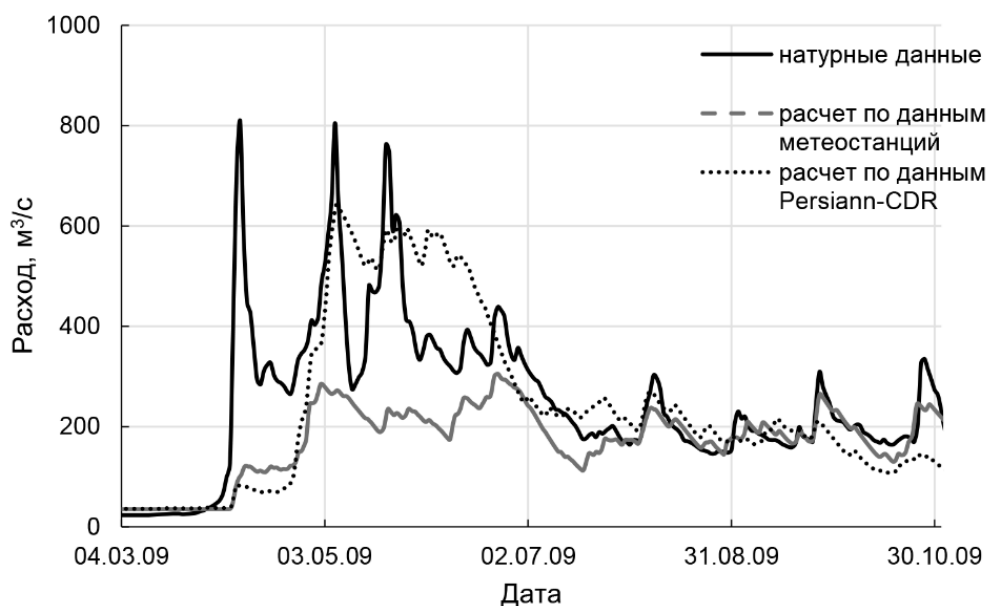


Рис. 5. Результаты расчета формирования стока на водосборе р. Чарыш за 2009 г. (г/п Белоглазово)
Fig.5. Calculation results of runoff formation throughout the Charysh basin for 2009 (gauge Beloglazovo)

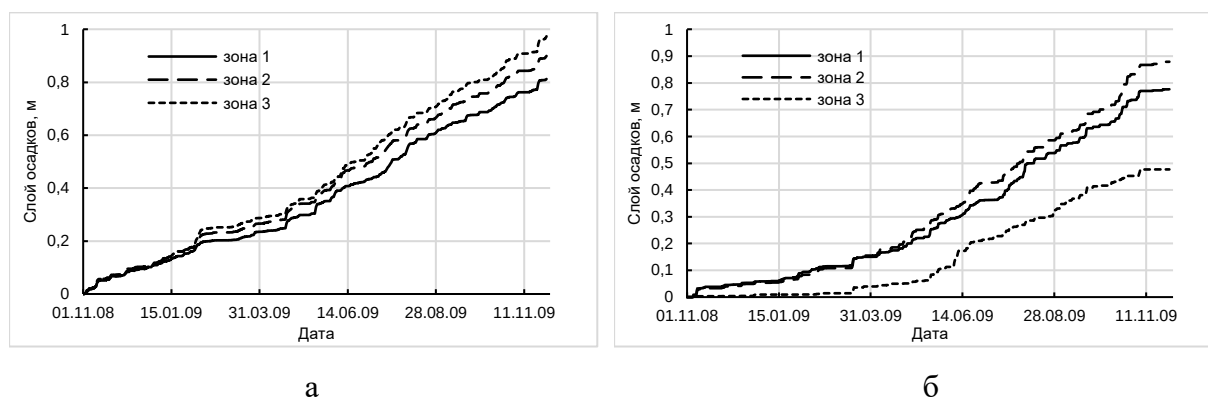


Рис. 6. Интегральные кривые осадков для выделенных зон: а – слой осадков по данным Persiann-CDR, б – слой осадков, рассчитанный по данным метеостанций
Fig. 6. Precipitation mass curves for selected zones: а – precipitation depth according to the Persiann CDR data, б – precipitation depth calculated from the weather station data

Очевидны существенные различия для применяемых моделей осадков: данные Persiann-CDR показывают более высокие значения расходов воды по сравнению с данными метеостанций.

Слои осадков (удельные объемы), рассчитанные по каждому из источников метеоданных, также имеют существенное различие.

На рисунке 6 показаны интегральные кривые осадков (слой осадков за заданный период), вычисленные по данным Persiann-CDR (рис. 6а) и по данным метеостанций (рис. 6б). Слой осадков рассчитан для трех водосборных областей (рис. 4): 1 – водосбор между гидропостами Белоглазово и Чарышское (преимущественно равнинная зона); 2 – Чарышское и Усть-

Кумир (предгорья); 3 – водосбор г/п Усть-Кумир (горная часть).

В целом, модель Persiann-CDR для всех зон дает близкие значения слоя осадков, данные метеостанций дают близкие значения слоя осадков для зон 1 и 2. Наибольшая разница между моделями осадков выявлена для водосбора г/п Усть-Кумир в зимний период. Как и предполагалось, данные метеостанции Усть-Кан дают сильно заниженные значения слоя осадков, недостаточные для формирования наблюдаемого талого стока. По данным инструментальных исследований связи снеготаяния и талого стока, коэффициенты стока (отношение слоя стока к сумме осадков, выпавших на территорию водосбора) для рек среднегорной и высокогорной зоны Алтая составляют порядка 0.65 – 0.9 [Комлев, 1966, Снежно-водно-ледниковые...,

1986], в зависимости от расположения бассейна, геолого-геоморфологических условий, состава почвогрунтов и характера растительности. Коэффициенты стока в горах, как правило, увеличиваются с увеличением абсолютной высоты и изменяются из года в год, по сравнению с равнинными бассейнами, незначительно [Георгиевский, Шаночкин, 1987].

Рисунок 7 показывает, что слой осадков (по данным метеостанции Усть-Кан) на момент начала снеготаяния (1 декада апреля, область резкого роста слоя стока) составляет всего 4 см (коэффициент стока больше единицы) и не может формировать наблюдаемый талый сток. При этом слой осадков по модели Persiann-CDR на момент начала снеготаяния составляет 29 см и лучше соответствует наблюдаемым объемам талого стока.

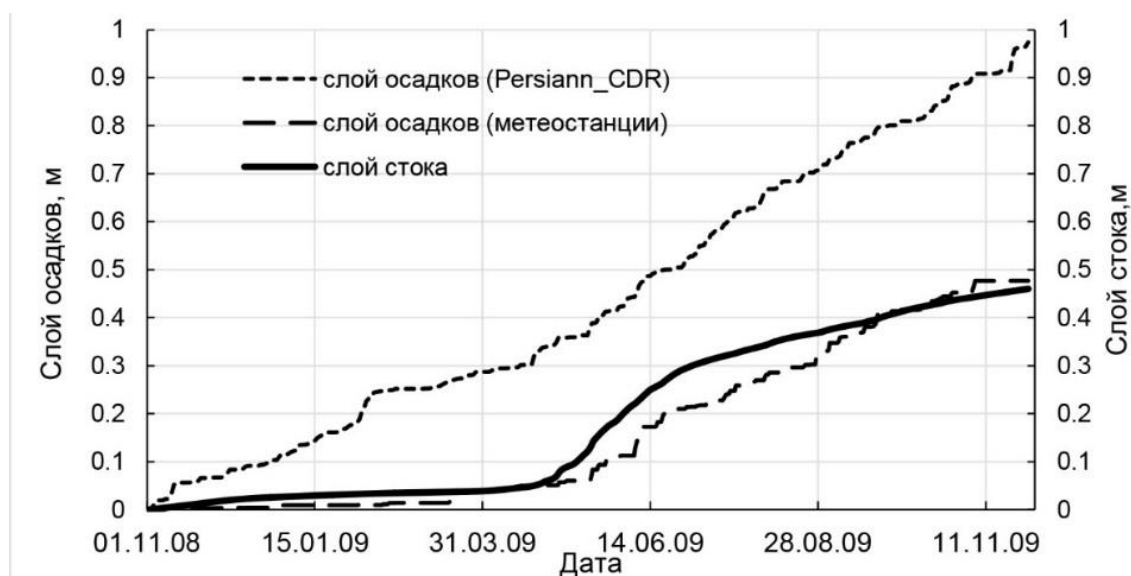


Рис. 7. Интегральные кривые осадков и стока в зоне 3
Fig. 7. Discharge and precipitation mass curves in zone 3

Различие рассчитанных и наблюдаемых гидрографов для г/п Усть-Кумир (рис. 8) в целом соответствует различиям (рис. 7), обусловленным применением той или иной модели осадков. Для зоны 3 данные Persiann-CDR позволяют получить лучшие результаты для

периода формирования талого стока, для летне-осеннего периода предпочтительнее использовать данные метеостанции Усть-Кан.

В целом, модель формирования стока в этой зоне показала неудовлетворительные результаты.

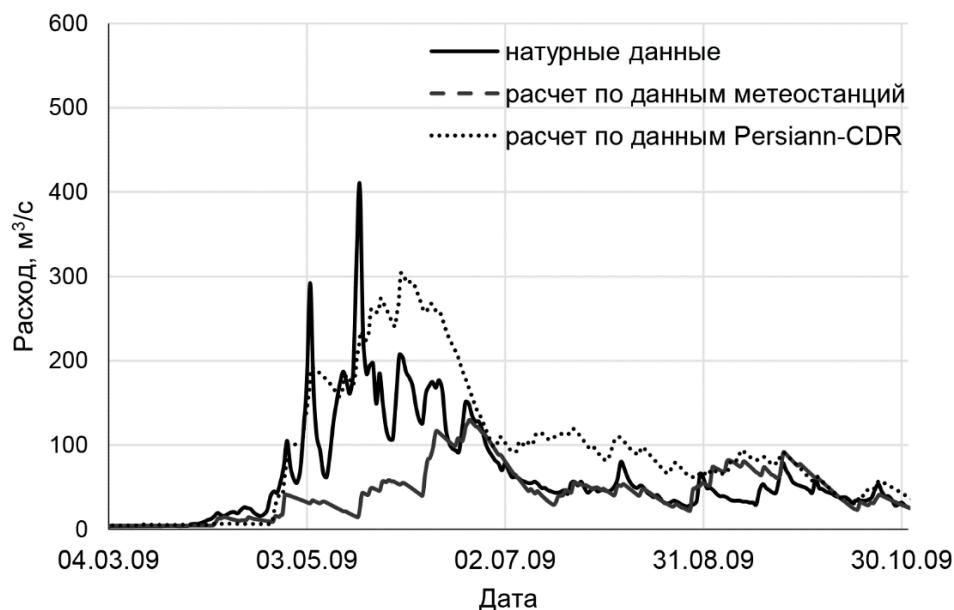


Рис. 8. Гидрографы для г/п Усть-Кумир
Fig. 8. Hydrographs for gauge Ust-Kumir

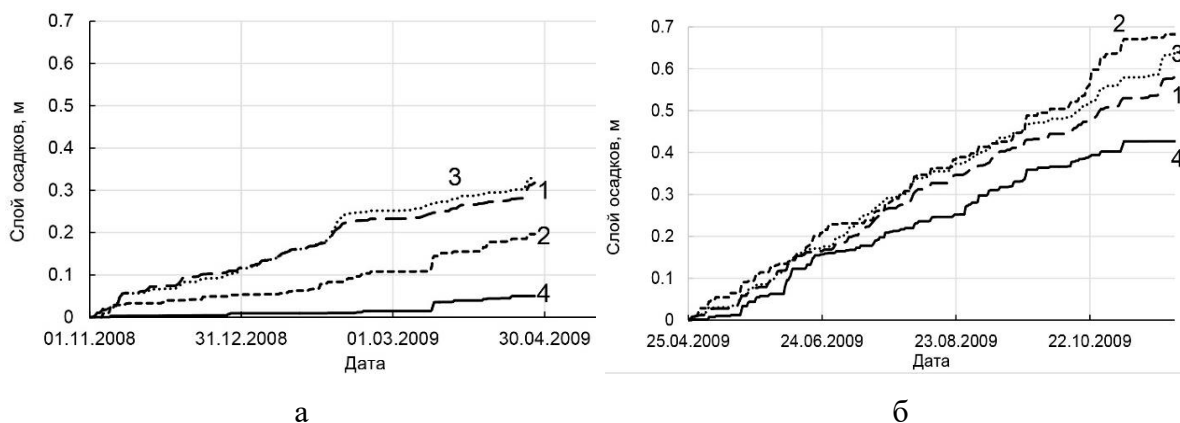


Рис. 9. Интегральные кривые осадков для 2 и 3 зон: а – зимне-летний период; б – летний период.

1 – слой осадков Persiann-CDR (зона 2); 2 – слой осадков по метеостанции (зона 2);

3 – слой осадков Persiann-CDR (зона 3); 4 – слой осадков по метеостанции (зона 3)

Fig. 9. Precipitation depth for zones 2 and 3: а – winter-summer period; б – summer period.

1 – Persiann-CDR precipitation depth (zone 2); 2 – precipitation depth according to the weather station (zone 2); 3 – Persiann-CDR precipitation depth (zone 3); 4 – precipitation depth according to the weather station (zone 3)

Следует отметить, что в рассматриваемый период набор данных Persiann-CDR для первой и второй зоны зимой дает завышенные значения осадков по сравнению данными метеостанций, летом – занижает. Для зоны три проявляется противоположная тенденция. Этот факт иллюстрируется рисунками 9а, б. Поскольку зоны один и два качественно и количественно дают достаточно близкие результаты, первая зона на рисунках 9а и 9б не представлена.

Для проверки работоспособности модели в остальных областях водосбора р. Чарыш участок водосбора г/п Усть-Кумир (третья зона) исключен из расчета. В качестве граничного условия для

новой расчетной области (г/п Белоглазово – г/п Усть-Кумир) использовались натурные данные по расходу для г/п Усть-Кумир. Результаты расчета гидрографа для г/п Белоглазово по этой схеме представлены на рисунке 10 и показывают лучшее совпадение расчетных и наблюдаемых гидрографов. Существенные различия наблюдаются для апреля, что косвенно указывает на использование в модели водосбора заниженных значений теплообмена «снег – атмосфера» и, соответственно, заниженной интенсивности снеготаяния. Это может быть обусловлено недостаточным учетом свойств ландшафта (затенение растительностью, наклон поверхности).

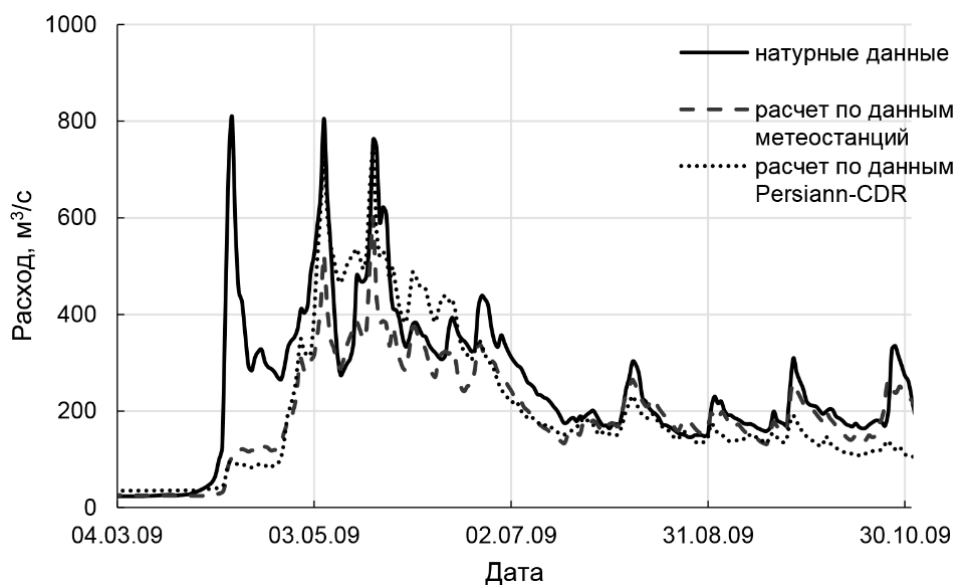


Рис. 10. Результаты расчета гидрографа в г/п Белоглазово для водосбора от г/п Белоглазово до г/п Усть-Кумир

Fig. 10. Results of hydrograph calculation at gauge Beloglazovo for the catchment area from gauge Beloglazovo to gauge Ust-Kumir

Выводы

Проведенный анализ показал, что по значениям осадков метеорологическая станция Усть-Кан не является репрезентативной для высокогорной части бассейна в зимний период, по крайней мере, для условий 2009 года. Данные метеостанции Усть-Кан дают заниженные значения слоя осадков, недостаточные для формирования наблюдаемого талого стока. Таким образом, в условиях сложного рельефа существующая весьма разреженная наблюдательная сеть не позволяет получить объективную картину пространственно-временного распределения осадков, и ее данные могут

использоваться только как точки верификации метеорологических моделей.

Набор данных Persiann-CDR зимой дает существенно большие значения слоя осадков по сравнению с данными метеостанций, а летом для равнинных участков водосбора несколько ниже.

Выбор модели осадков оказывает значительное влияние на результаты моделирования стока. Для задач моделирования в условиях 2009 года данные Persiann-CDR являются более предпочтительными. В целом, проведенные расчеты по представленной компьютерной модели формирования стока на водосборе р. Чарыш подтвердили ее работоспособность.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of Interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН (проект «Изучение механизмов природных и антропогенных изменений количества и качества водных ресурсов Сибири с использованием гидрологических моделей и информационных технологий»).

Список литературы

Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. М.: Гидрометеиздат, 1974. 422 с.

Бураков Д.А. Гордеев И.Н. Оценка предвесенних снегозапасов в бассейнах Красноярского и Саяно-Шушенского водохранилищ // География и природные ресурсы. 2013. № 1. С. 72–78.

Винокуров Ю.И., Галахов В.П., Самойлова С.Ю. и др. Опыт использования ледников для оценки современного увлажнения (Чуйская котловина, Юго-Восточный Алтай) // Проблемы региональной экологии. 2008. № 6. С. 58–62.

Георгиевский Ю.М., Шаночкин С.В. Прогнозы стока горных рек. Л.: Изд. ЛПИ, 1987. 55 с.

Гусев Е.М., Насонова О.Н., Шурхно Е.А., Джоган Л.Я., Айзель Г.В. Физико-математическое моделирование многолетней динамики составляющих водного баланса и снегозапасов в Обь-Иртышском речном бассейне // Водные ресурсы. 2019. Т. 46, №4. С. 347–358. doi: 10.31857/S0321-0596464347-358

Зиновьев А.Т., Кудишин А.В., Коломейцев А.А., Ловцкая О.В., Филимонов В.Ю. Модель формирования талого стока на малых водосборах на примере реки Лосиха (Алтайский край) // Известия АО РГО. 2017. №3(46). С. 74–79.

Комлев А.М., Титова Ю.В. Формирование стока в бассейне р. Катунь. Новосибирск: Наука, 1966. 155 с.

Кудишин А.В. Модель формирования дождевого стока на примере реки Майма (Алтайский край) // Известия АО РГО. 2019. №4(55). С. 77–81. doi: 10.24411/2410-1192-2019-15508

Мировая реферативная база почвенных ресурсов 2014. Испр. и доп. ФАО и МГУ, 2017. 203 с.

Мотовилов Ю.Г., Гельфан А.Н. Модели формирования стока в задачах гидрологии речных бассейнов. М.: Изд. Российской академии наук, 2018. 300 с. doi: 10.31857/S9785907036222000001

Пьянков С.В., Шихов А.Н. Геоинформационное обеспечение моделирования гидрологических процессов и явлений. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2017. 148 с.

Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель. Вып. VI. Равнинные районы Алтайского края и южная часть Новосибирской области / Ред. В.А. Урываева. Л.: Гидрометеиздат, 1962. 977 с.

Снежно-водно-ледниковые ресурсы бассейна Верхней Оби и прогнозы стока весеннего половодья. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1986. 254 с.

Филимонов В.Ю., Ловцкая О.В., Голубева А.Б. Компьютерное моделирование дождевого стока в бассейне реки Чарыш с использованием программного комплекса НЕС-HMS // Известия АО РГО. 2021. №1(60). С. 45–57. doi: 10.24412/2410-1192-2021-16004

Harmonized World Soil Database (version 1.2). FAO, Rome, Italy and IIASA, Laxenburg, Austria, 2012. [Электронный ресурс]. URL: <https://webarchive.iiasa.ac.at/Research/LUC/External-World-soil-database/HTML> (дата обращения: 22.07.2022).

HEC-GeoHMS Geospatial Hydrologic Modeling Extension User's Manual Version 10.1 Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA. U.S. ArmyCorpsOfEngineers. 2013. [Электронный ресурс]. URL: https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-geohms/documentation/HEC-GeoHMS_Users_Manual_10.1.pdf (дата обращения: 22.07.2022).

Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) User Guide: Version 4.2. Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA. U.S. Army Corps of Engineers. 2016 [Электронный ресурс]. URL: https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/documentation/HEC-HMS_Users_Manual_4.2.pdf (дата обращения: 22.07.2022).

Motovilov Yu.G., Gottschalk L., Engeland K., Belokurov A. ECOMAG a regional model of the hydrological cycle. Application to the NOPEX area. Institute Report Series no. 105. Department of Geophysics, University of Oslo, 1999. 88 с.

Nguyen P., Shearer E., Tran H., Ombadi M., Hayatbini N., Palacios T., Huynh P., Braithwaite D., Updegraff G., Hsu K., Kuligowski B., Logan W., Sorooshian S. The CHRS Data Portal, an easily accessible public repository for PERSIANN global satellite precipitation data. Sci Data. 2019. Jan. 6:180296. doi: 10.1038/sdata.2018.296

References

Apollov B.A., Kalinin G.P., Komarov V.D. Kurs gidrologicheskikh prognozov [A course of hydrological forecasts]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1974. 422 p. (In Russian).

Burakov D.A., Gordeev I.N. Otsenka predvesennikh snegozapasov v basseynakh Krasnoyarskogo i Sayano-Shushenskogo vodokhranilishch [Assessment of pre-spring snow reserves in the basins of Krasnoyarsk and Sayano-Shushensk reservoirs]. Geography and natural resources. 2013. no. 1. P. 72–78. (In Russian).

Vinokurov Yu.I., Galakhov V.P., Samoilova S.Yu. and et al. Opy't ispol'zovaniya lednikov dlya ocenki sovremennogo uvlazhneniya (Chujskaya kotlovina, Yugo-Vostochny'j Altaj) [Experience in using glaciers to assess modern moistening (Chuyskaya hollow, South-Eastern Altai)] // Problems of regional ecology. 2008. no. 6. P. 58–62. (In Russian).

Georgiyevsky, Yu.M., Shanochkin, S.V. Prognozy stoka gornyx rek [Flow forecasts of mountain rivers]. Leningrad: LPI, 1987. 55 p. (In Russian).

Gusev E.M., Nasonova O.N., Shurkhno E.A. et al. Physically Based Modeling of the Long-Term Dynamics of Water Balance and Snow Water Storage Components in the Ob–Irtys River Basin // Water Resources. 2019. no. 4(46). P. 493–503. doi: 10.1134/S0097807819040109

Zinoviev A.T., Kudishin A.V., Kolomeizev A.A., Lovtskaya O.V., Filimonov V.Y. Model' formirovaniya talogo stoka na maly`x vodosborax na primere reki Losixa (Altajskij kraj) [Model of snowmelt runoff formation in small catchments (Losikha river as a case study, Altai Region)] // *Izvestiya AO RGO [Bulletin AB RGS]*. 2017. no. 3 (46). P. 74–79. (In Russian).

Komlev A.M., Titova Yu.V. Formirovanie stoka v bassejne r. Katuni [Formation of runoff in the basin of the Katun river]. Novosibirsk: Nauka, 1966, 155 p. (In Russian).

Kudishin A.V. Model' formirovaniya dozhdevogo stoka na primere reki Majma (Altajskij kraj) [Model of forming rainfall runoff on the example of the Mayma river] // *Izvestiya AO RGO [Bulletin AB RGS]*. 2019. no. 4(55). P. 77–81. doi: 10.24411/2410-1192-2019-15508 (In Russian).

Mirovaya referativnaya baza pochvenny`x resursov 2014 [World Reference Base of Soil Resources 2014]. Corrected and supplemented. FAO and Moscow State University, 2017. 203 p. (In Russian).

Motovilov Yu.G., Gelfan A.N. Modeli formirovaniya stoka v zadachax gidrologii rechny`x bassejnov [Models of Runoff Formation in Hydrology of River Basins]. M.: Ed. Russian Academy of Sciences, 2018. 300 p. (In Russian). doi: 10.31857/S9785907036222000001

Pyankov S.V., Shikhov A.N. Geoinformacionnoe obespechenie modelirovaniya gidrologicheskikh processov i yavlenij [Geoinformation support for modeling hydrological processes and phenomena]. Perm': PGNIU Publ., 2017. 148 p. (In Russian).

Resursy poverkhnostnykh vod raionov osvoeniya tselinnykh i zaleznykh zemel'. Vypusk VI. Ravninnye raiony Altaiskogo kraja i yuzhnaya chast' Novosibirskoi oblasti. [Surface water resources in the areas of virgin and fallow lands development. Issue VI. Plain regions of Altai Krai and the southern part of Novosibirsk oblast]. / Ed. V.A. Uryvayev. Moscow: Gidrometeoizdat, 1962. 977 p. (In Russian).

Snezhno-vodno-lednikovye resursy basseyna Verkhney Obi i prognozy stoka vesennego polovodya [Snow-water-glacial resources of the Upper Ob basin and forecasts of spring flood runoff]. / Ed. D.A. Burakov. Tomsk: TSU Publ. House, 1986. 254 p. (In Russian).

Filimonov V.Yu., Lovtskaya O.V., Golubeva A.B. Komp'yuternoe modelirovanie dozhdevogo stoka v bassejne reki Chary`sh s ispol`zovaniem programmnoy kompleksa HEC-HMS [HEC-HMS based simulation of runoff in Charysh river basin] // *Izvestiya AO RGO [Bulletin AB RGS]*. 2021. no. 1(60). P. 45–57. (In Russian). doi: 10.24412/2410-1192-2021-16004

Harmonized World Soil Database (version 1.2). FAO, Rome, Italy and IIASA, Laxenburg, Austria. 2012. URL: <https://webarchive.iiasa.ac.at/Research/LUC/External-World-soil-database/HTML>. (accessed: 22.07.2022).

HEC-GeoHMS Geospatial Hydrologic Modeling Extension User's Manual Version 10.1 Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA. U.S. ArmyCorpsOfEngineers. 2013. URL: https://www.hec.usace.-army.mil/software/hec-geohms/documentation/HEC-GeoHMS_Users_Manual_10.1.pdf. (accessed: 22.07.2022).

Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) User Guide: Version 4.2. Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA. U.S. Army Corps of Engineers. 2016. URL: https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/documentation/HEC-HMS_Users_Manual_4.2.pdf. (accessed: 22.07.2022).

Motovilov Yu.G., Gottschalk L., Engeland K., Belokurov A. ECOMAG a regional model of the hydrological cycle. Application to the NOPEX area. Institute Report Series no. 105. Department of Geophysics, University of Oslo, 1999. 88 p.

Nguyen P., Shearer E., Tran H., Ombadi M., Hayatbini N., Palacios T., Huynh P., Braithwaite D., Updegraff G., Hsu K., Kuligowski B., Logan W., Sorooshian S. The CHRS Data Portal, an easily accessible public repository for PERSIANN global satellite precipitation data. Sci Data. 2019. Jan. 8. 6:180296. doi: 10.1038/sdata.2018.296

MODEL OF RUNOFF FORMATION ON THE CHARYSH RIVER (ALTAI KRAI)

A.V. Kudishin, O.V. Lovtskaya, S.Yu. Samoilova, A.B. Golubeva

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul

E-mail: kudishin@iwep.ru, lov@iwep.ru, bastet@iwep.ru, pticagolub@mail.ru

The paper presents a computer model of runoff formation in the Charysh catchment, which is a part of the Upper Ob basin. The model takes account of spatial heterogeneity of runoff formation processes and offers the detailed vertical description of runoff transformation (surface, subsurface and ground runoff). To estimate precipitation amount in the watershed, we employ two data sources, i.e., the data from weather stations and the Persiann-CDR dataset. The models of spatial distribution of precipitation used in runoff calculations are analyzed. It appears that the Ust-Kan weather station provides greatly underestimated data on precipitation depth for the winter of 2009, which are insufficient for the formation of the observed melt

runoff. The model of runoff formation in the Charysh basin was verified for 2009 conditions based on the use of two precipitation models.

Keywords: hydrology; runoff formation models; Charysh river basin; distribution of precipitation; Persiann-CDR.

Received November 1, 2022

Сведения об авторах

Кудишин Алексей Васильевич – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. ORCID 0000-0002-5613-5778. E-mail: kudishin@iwep.ru.

Ловцкая Ольга Вольфовна – старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. ORCID 0000-0002-3942-1350. E-mail: lov@iwep.ru.

Самойлова Светлана Юрьевна – кандидат географических наук, научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. ORCID 0000-0002-3365-0048. E-mail: bastet@iwep.ru.

Голубева Анастасия Борисовна – младший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. E-mail: pticagolub@mail.ru.

Information about the authors

Kudishin Aleksey Vasil'evich – PhD in Physics and Mathematics, Senior researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID 0000-0002-5613-5778. E-mail: kudishin@iwep.ru

Lovtskaya Olga Vol'fovna – Senior researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID 0000-0002-3942-1350. E-mail: lov@iwep.ru

Samoilova Svetlana Yurievna – PhD in Geography, Researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID 0000-0002-3365-0048. E-mail: bastet@iwep.ru.

Golubeva Anastasia Borisovna – Junior researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. E-mail: pticagolub@mail.ru.

УДК 627.152.122

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ И РУСЛОВОЙ РЕЖИМ РЕКИ ОБЬ ПЛАНИРУЕМОГО КРУПНОГО ИЗЪЯТИЯ АЛЛЮВИЯ ИЗ ЕЁ РУСЛА НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА БАРНАУЛА

К.В. Марусин, А.В. Дьяченко, А.А. Коломейцев

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, E-mail: kat@iwer.ru

Методами математического моделирования выполнена оценка влияния на гидравлический и русловой режим реки Обь планируемого изъятия русловых наносов (разработки руслового карьера) в объеме 143.14 тыс. м³ для создания искусственного земельного участка. Компьютерная модель течения, транспорта наносов и русловых деформаций строилась на базе программного комплекса Delft3D в двухмерной (осредненной по глубине) постановке. Моделирование выполнялось для характерных гидрологических ситуаций половодья и межени в естественных условиях и при наличии планируемого карьера. Показано, что разработка карьера на гидравлический и русловой режим реки, в частности на условия судоходства, существенного влияния не окажет. Вместе с тем, некоторые локальные негативные эффекты вполне возможны.

Ключевые слова: русловой карьер; компьютерное моделирование; Delft3D, Обь; Барнаул.

DOI: 10.24412/2410-1192-2022-16705
Дата поступления: 29.09.2022

В последнее десятилетие непосредственно прилегающие к реке Обь территории в исторической части города Барнаула активно застраиваются высотными жилыми комплексами. Вот и в ноябре 2022 г. на общественное обсуждение был представлен очередной проект такого рода [Оповещение..., 2022].

Проект предусматривает создание искусственного земельного участка площадью 2 га в акватории затона (залива) Барнаульская курья, более известного

жителям города под названием Ковш, для строительства multifunctional жилого комплекса из трёх многоэтажных жилых домов со встроенно-пристроенными объектами [Проектная документация..., 2022]. Иными словами, предлагается полностью засыпать южную оконечность Ковша (рис. 1).

Необходимый грунт будет изыматься из русла реки Обь. Для этих целей на близлежащей левобережной отмели организуется карьер площадью 10.9 га

(рис. 1). Общий объем выемки грунта – 143.14 тыс. м³. Высотная отметка дна разработки – 0.11 м над нулем гидрологического поста Барнаул Росгидромета [Проектная документация..., 2022].

Хорошо известно, что устройство русловых карьеров может привести к существенным изменениям гидравлического и руслового режима реки, как на участке расположения карьера, так и на значительном расстоянии вверх и вниз от него. К таким изменениям относятся: понижение уровней воды, увеличение уклонов водной поверхности, рост скоростей течения потока, нарушение баланса наносов и снижение отметок дна, активизация русловых процессов и т.д.

Это, в свою очередь, оказывает негативное воздействие на хозяйственную деятельность, в частности, может привести к ухудшению судоходных условий на соответствующем участке внутренних водных путей [СТО ФГБУ «ГГИ» 52.08.31-2012; Гладков и др., 2005].

Как показывают результаты наблюдений, планируемая выемка грунта, как по амплитудам изменений рельефа русла, так и по объемам изымаемого аллювия, вполне сопоставима с естественными русловыми переформированиями, постоянно протекающими на реке в районе города [Марусин и др., 2017; Марусин и др., 2018; Зиновьев и др., 2022].

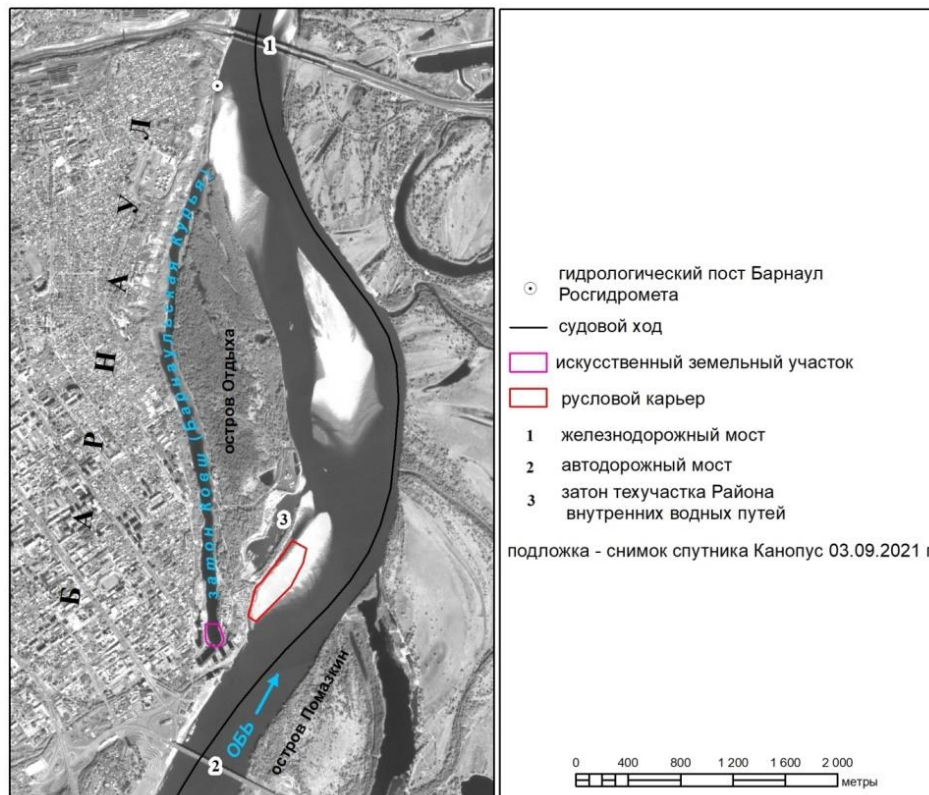


Рис. 1. Местоположение проектируемого искусственного земельного участка и руслового карьера
Fig. 1. The locations of the artificial land area and the riverbed sand quarry designed

Следовательно, ощутимое воздействие на русловой поток от данного мероприятия вполне возможно.

Цель настоящей работы состоит в оценке влияния, которое окажет предусмотренное вышеупомянутым проектом изъятие аллювия из русла реки Обь на её гидравлический и русловой режим. Следует отметить, что, по нашему мнению, в опубликованной проектной документации данный вопрос практически не затронут.

Объект и метод исследований

Рассматривается участок русла реки Обь в городе Барнауле между новым

автодорожным и железнодорожным мостами. Правый берег реки на участке – пойменный, левый берег представлен коренным склоном долины реки и искусственными сооружения (набережными, дамбами и т.п.). Как уже говорилось, планируемый карьер расположен на примыкающей к левому берегу обширной аккумулятивной русловой форме, затапливаемой в период половодья (рис. 2).

Поверхность этой формы имеет, в среднем, высотную отметку 2.31 м над нулем гидрологического поста Барнаул.

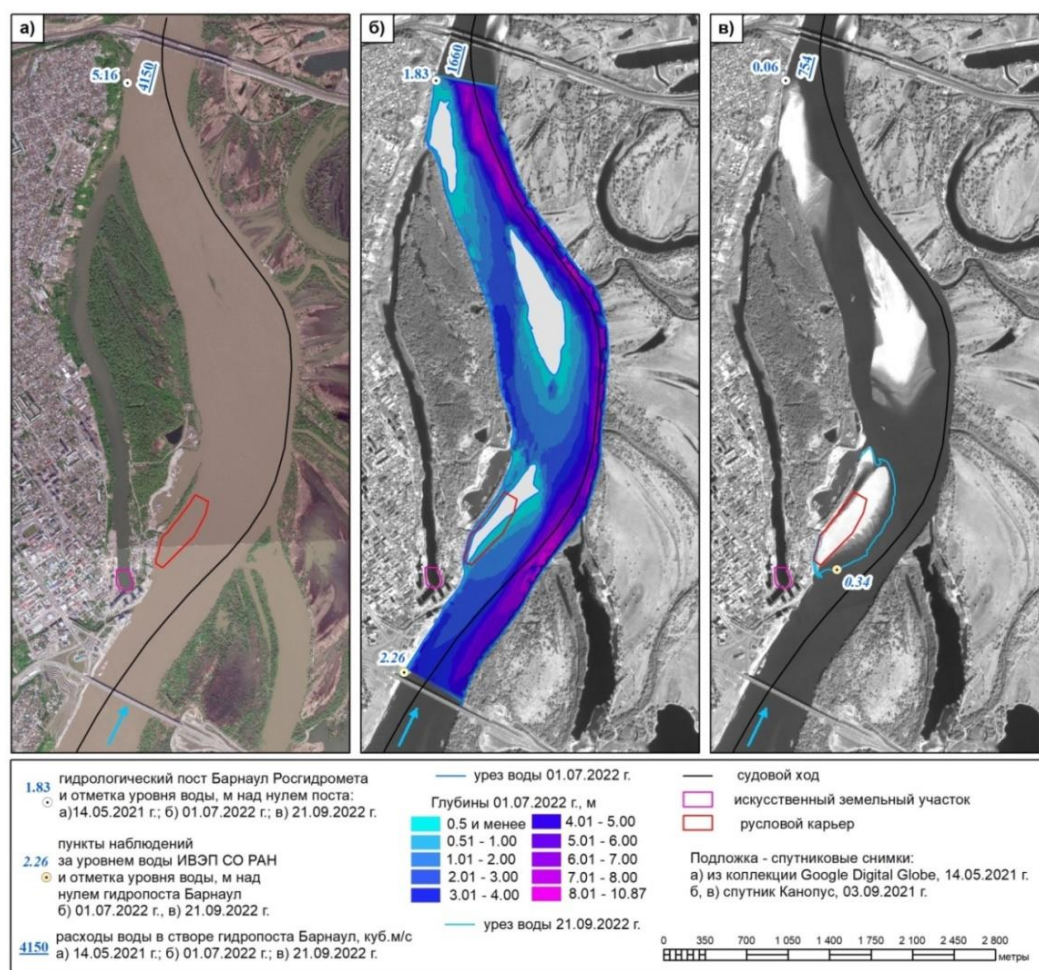


Рис. 2. Исследуемый участок русла р. Обь в различных гидрологических ситуациях
Fig. 2. The study site view in various hydrological conditions

В результате извлечения всего предусмотренного объема материала и достижения проектной отметки глубины разработки карьера в теле данной формы образуется выемка глубиной более 2 м.

Поставленная задача решалась методами компьютерного (математического) моделирования. Для одних и тех же гидрологических ситуаций (при одних и тех же значениях уровня и расхода воды на гидрологическом посту Барнаул) моделировалось движение речного потока и транспорт русловых наносов в естественных условиях и при наличии планируемого карьера (модифицированные условия). Затем результаты расчетов сравнивались между собой.

Моделирование выполнялось с применением программного комплекса Delft3D. В рамках этого комплекса для описания гидро- и морфодинамических процессов в речном русле использована математическая модель на основе уравнений турбулентного движения несжимаемой жидкости в гидростатическом приближении, осредненных по глубине потока, совместно с плановой моделью транспорта русловых наносов. Коэффициенты турбулентного обмена рассчитываются по двухпараметрической (k - ϵ)-модели турбулентности [Delft-3D FLOW, 2014; Зиновьев и др., 2017]. Расходы взвешенных и влекомых наносов определялись по формулам Ван Рейна

1984 г. [Van Rijn, 1993]. Данный комплекс уже прошел достаточную апробацию при компьютерном моделировании гидродинамики, транспорта наносов и русловых деформаций на различных участках реки Обь в районе г. Барнаула [Зиновьев и др., 2021; Zinoviev, 2021; Зиновьев и др., 2022]. Задача решалась на пространственной сетке со средними размерами ячейки в плане 10x10 м.

Рассматривались две характерные гидрологические ситуации: половодье и межень. Данные об уровнях и расходах воды по гидрологическому посту Барнаул Росгидромета взяты из [Информационная система..., 2022].

Для ситуации половодья на гидрологическом посту Барнаул принят расход воды 4060 м³/с, уровень воды – 5.05 м над нулем поста. Эти значения реально наблюдались на посту 11–12 мая 2021 г. Как показывают наши многолетние наблюдения, при таких условиях речной поток остается в бровках берегов и не выходит на пойму (см. рис. 2а). Проводить моделирование для более высоких расходов воды, приводящих к затоплению поймы, не представлялось возможным ввиду отсутствия необходимых данных о рельефе пойменного массива. Следует отметить, что период 2017–2022 гг. не отличался мощными и длительными половодьями, максимум расхода воды не превышал 4650 м³/с, затопление поймы в

районе г. Барнаула наблюдалось лишь кратковременно и на небольшую глубину. В пик половодья 2022 года (01 июня) расход воды на посту Барнаул был равен 3140 м³/с, а уровень воды – 4.04 м над нулем поста.

Для меженной ситуации приняты: расход воды – 1060 м³/с, уровень воды – 0.71 м над нулем поста Барнаул. Эти значения реально наблюдались на посту 03 сентября 2021 (см. рис. 1, 2в). Заметим, что принятое значение отметки уровня воды лишь на 1 см отличается от официально установленного проектного значения (0.7 м) на опорном посту (пост Барнаул) для рассматриваемого участка внутреннего водного пути [Карта реки Обь, 2004].

Проект предполагает добычу материала из карьера плавучими земснарядами с последующей транспортировкой его на создаваемый участок по пульпопроводу. Здесь же, для упрощения задачи, будем полагать, что изъятие всего необходимого объема наносов из карьера производится одномоментно и с осушенной отмели, например, осенью при низких уровнях воды (см. рис. 2в). Кроме того, такой вариант представляется нам более «жестким» с точки зрения воздействия на русло.

Общая протяженность области моделирования по руслу реки составляет 5.5 км.

Цифровая модель рельефа русла в области моделирования строилась на основе собственной русловой съемки, выполненной 29 июня – 01 июля 2022 г., и данных обследования территории в окрестности планируемого карьера, проведенного 21 сентября 2022 г. В цифровой модели входы в затон техучастка района водных путей, затон Ковш и затон у острова Помазкин искусственно перекрывались ввиду отсутствия данных о рельефе дна в них (см. рис. 1). Данные о характеристиках русловых наносов взяты из [Марусин и др., 2022].

Результаты и обсуждение

В условиях модельной межени карьер, хотя и будет затоплен водой, но он оказывается, фактически, изолирован от основного речного потока (см. рис. 2в), и, поэтому не способен значимо повлиять на его параметры. Результаты расчетов, представленные на рис. 3, вполне подтверждают этот вывод. Отметим, что абсолютные величины разностей значений до 0.01 (м, м/с) включительно лежат в пределах возможной погрешности расчетов.

В условиях половодья влияние карьера на уровни воды и глубины значимо проявляется лишь локально, в его окрестности (рис. 4). В то же время поле скорости течения претерпевает более существенные изменения. Вдоль левого

берега, непосредственно выше и ниже карьера, наблюдается хорошо известный из литературы [СТО ФГБУ «ГГИ» 52.08.31-2012; Гладков и др., 2005] эффект увеличения скорости течения по сравнению с ее значениями в естественных условиях. Следует отметить, что зона этого эффекта распространяется вниз по реке на расстояние более полутора километров. В тоже время у правого берега имеет место незначительное, но заметное снижение скорости.

Известно, что транспорт русловых наносов и обусловленные им русловые деформации определяются главным образом основными параметрами руслового потока: его скоростями, глубинами и уклонами водной поверхности [Гришанин, 1990].

Рассмотрим, каким образом отмеченные выше изменения этих параметров могут сказаться на русловом режиме реки. На рис. 5 представлены результаты моделирования транспорта наносов и русловых деформаций для условий модельного половодья (расход воды 4060 м³/с) продолжительностью 28 дней.

Если рассматривать отличия в значениях итоговых изменений дна в пределах ± 20 см как незначительные, то можно полагать, что наличие карьера в целом на русловой режим реки в пределах рассматриваемого участка не скажется. Вместе с тем, в модифицированных

условиях (при наличии карьера) заметно возрастает размыв дна у подножия оградительной дамбы затона техучастка, а также весьма существенно усиливается аккумуляция наносов на входе в этот затон (рис. 5в). Кроме того, даже в условиях достаточно мощного и длительного половодья полного восстановления изъятых материалов за один сезон, как это утверждается в проекте, не происходит (рис. 5б).

Заключение

Полученные результаты позволяют нам заключить, что предусмотренное проектом изъятие аллювия из русла реки Обь на её гидравлический и русловой режим, и в частности, на условия судоходства, существенного влияния не окажет.

Вместе с тем, локальные негативные эффекты от данного мероприятия, а именно, возрастание размыва дна у подножия оградительной дамбы затона технического участка и усиление отложения наносов на входе в этот затон, вполне возможны.

Следует подчеркнуть, что все полученные результаты носят предварительный, оценочный характер в силу принятых упрощающих предположений. Однако мы надеемся, что они окажутся полезными для дальнейшей разработки проекта.

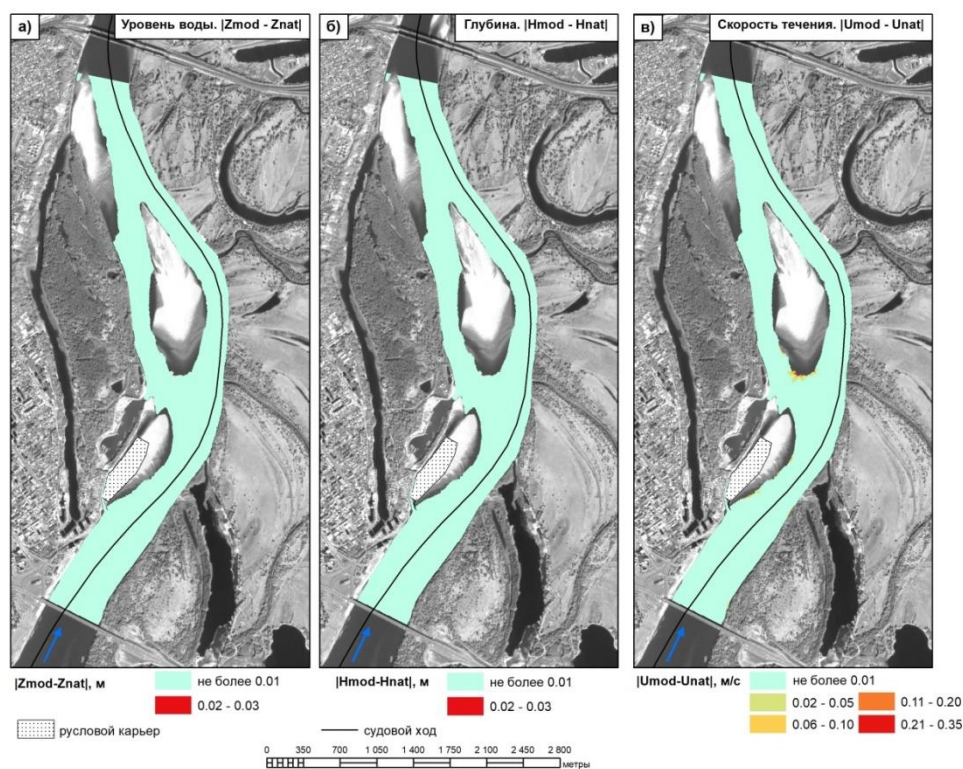


Рис. 3. Абсолютные разности значений основных параметров речного потока в естественных (*nat*) и модифицированных (*mod*) условиях в ситуации модельной межени. Z – уровень воды, H – глубина, U – осредненная по глубине скорость течения

Fig. 3. Absolute difference of the flow parameter values between the artificial (*mod*) and natural (*nat*) situation in the low water conditions. Z – water level, H – depth, U – depth averaged flow velocity

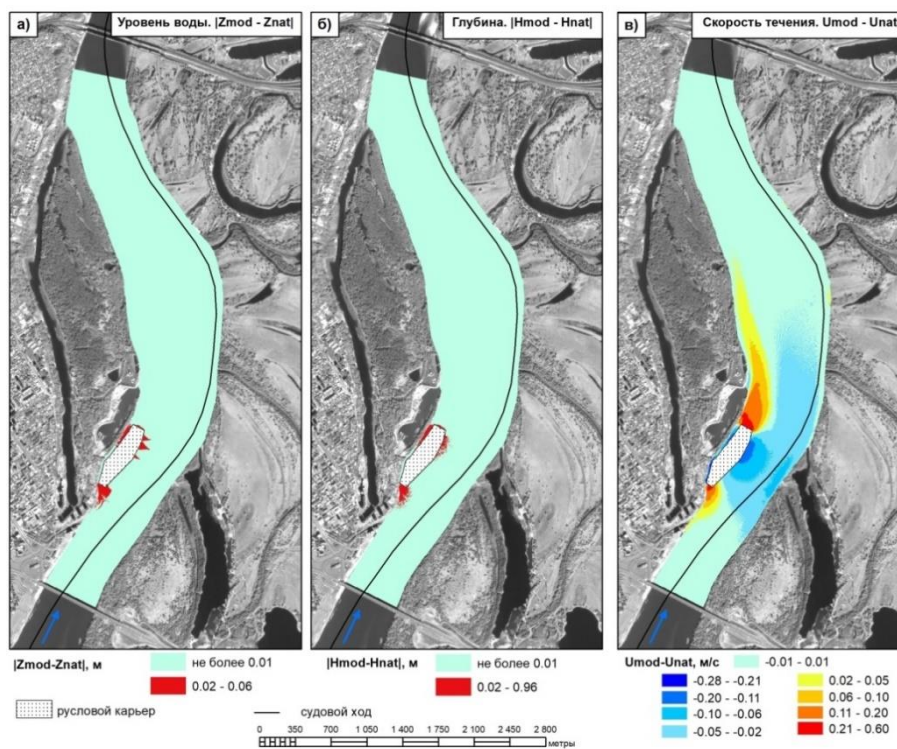


Рис. 4. Разности значений основных параметров речного потока в модифицированных (*mod*) и естественных (*nat*) условиях в ситуации модельного половодья. Z – уровень воды, H – глубина, U – осредненная по глубине скорость течения

Fig. 4. Difference of the flow parameter values between the artificial (*mod*) and natural (*nat*) situation in the flood conditions. Z – water level, H – depth, U – depth averaged flow velocity

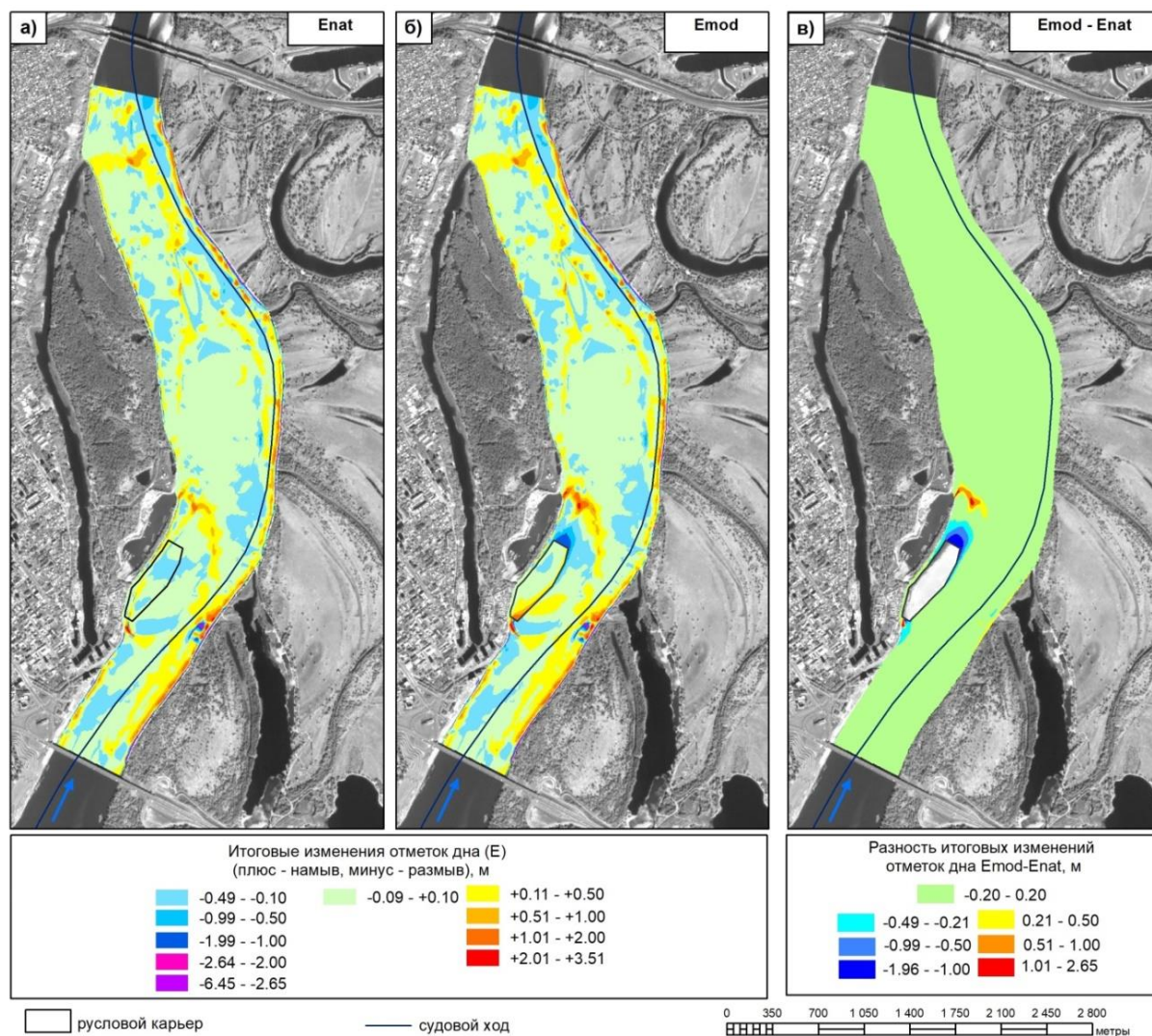


Рис. 5. Итоговые изменения вертикальных отметок дна (размыв\намыв) после прохождения модельного половодья продолжительностью 28 дней в естественных (а) и модифицированных условиях (б) и разность этих изменений (в)

Fig. 5. The final bed elevation change (accumulation \ erosion) over the flood modeling period of 28 days and the difference of those changes between the artificial (*mod*) and natural (*nat*) situation: а) the bed elevation change in the natural situation; б) the bed elevation change in the artificial situation; в) the difference of those changes between the artificial (*mod*) and natural (*nat*) situation

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare that they have no conflict of interest.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН (проект «Изучение механизмов природных и антропогенных изменений количества и качества водных ресурсов Сибири с использованием гидрологических моделей и информационных технологий»).

Список литературы

Гладков Г.Л., Журавлев М.В., Соколов Ю.П. Оценка воздействия на окружающую среду инженерных мероприятий на судоходных реках: Учебное пособие для вузов. СПб, Изд-во А. Кардакова, 2005. 241 с.

Гришанин К.В. Основы динамики русловых потоков: Учебник для институтов водн. трансп. М. Транспорт, 1990. 320 с.

Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б., Марусин К.В., Кошелева Е.Д. Математическое моделирование руслового потока для прогнозов влияния строительства в поймах на гидрологический режим крупных рек (на примере реки Обь) // Водное хозяйство России. 2017. № 2. С. 54–72. doi: 10.35567/1999-4508-2017-2-5

Зиновьев А.Т., Дьяченко А.В., Кошелев К.Б., Марусин К.В. Моделирование и наблюдения русловых процессов на реках Сибири на примере реки Обь у города Барнаула // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2021 Т. 4, № 1. С. 126–136. doi: 0.33764/2618-981X-2021-4-1-126-136

Зиновьев А.Т., Вагнер А.А., Дьяченко А.В., Коломейцев А.А., Марусин К.В. Натурные наблюдения и компьютерное моделирование морфодинамики русла реки Обь в районе Барнаульского водозабора №2 // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2022. №6. С. 26–44. doi: 10.35567/19994508_2022_6_2

Информационная система по водным ресурсам и водному хозяйству бассейнов рек России. ГИС-портал Центра регистра и кадастра [Электронный ресурс]. URL: <http://gis.vodinfo.ru> (дата обращения 02.08.2022).

Карта реки Обь от истока до Барнаула с приустьевыми участками рек Бия и Катунь. Обское государственное управление водных путей и судоходства. РосРечфлот. Новосибирск: ФГУП «Новосибирская картографическая фабрика», 2004. 44 с.

Марусин К.В., Дьяченко А.В., Коломейцев А.А., Вагнер А.А. Современная динамика русла реки Обь в районе Барнаульского водозабора № 1 по данным натурных наблюдений // Известия АО РГО. 2017. № 4(47). С. 52–61.

Марусин К.В., Дьяченко А.В., Коломейцев А.А., Вагнер А.А. Современное состояние и динамика излучины реки Обь в районе Барнаульского водозабора № 2 // Известия АО РГО. 2018. №4 (51). С. 63–71. doi: 10.24411/2410-1192-2018-10005

Марусин К.В., Дьяченко А.В., Коломейцев А.А., Вагнер А.А. Гранулометрический состав русловых наносов реки Обь на территории города Барнаула // Известия АО РГО. 2022. №1(64). С. 45–65. doi: 10.24412/2410-1192-2022-16403

Оповещение о начале проведения общественных обсуждений проектной документации по объекту: «Создание искусственного земельного участка. Участок акватории р. Обь (левый берег) в границах города Барнаула Алтайского края. Планируемое местоположение город Барнаул в границах улиц Промышленная, д.4-6, ул. Дамба Берега Оби, д.1-18, ул. Приречная, 1» [Электронный ресурс]. URL: <https://ksar.barnaul-adm.ru/uploads/files/2022/11/08/opoveshchenie-po-obshchestvennym-obsuzhdeniyam-1667875013.zip> (дата обращения 25.08.2022).

Проектная документация по объекту экологической экспертизы: «Создание искусственного земельного участка. Участок акватории р. Обь (левый берег) в границах города Барнаула Алтайского края. Планируемое местоположение город Барнаул в границах улиц Промышленная, д.4-6, ул. Дамба Берега Оби, д.1-18, ул. Приречная, 1.». [Электронный ресурс]. URL: https://ksar.barnaul-adm.ru/uploads/files/2022/11/02/uchastok_akvatorii_ob_1667357496.zip (дата обращения 25.08.2022).

СТО ФГБУ «ГГИ» 52.08.31-2012. Добыча нерудных строительных материалов в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров. СПб.: Изд-во «Глобус», 2012. 140 с.

Delft-3D FLOW. Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments. User Manual. Version 3.15.33641, 28 April 2014. Delft, The Netherlands: Deltares, 2014. 684 p.

Van Rijn L.C. Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas. Aqua Publications. The Netherlands, 1993. 689 p.

Zinoviev A.T., Dyachenko A.V., Koshelev K.B., Marusin K.V. Modeling of channel processes in large rivers with the use of field data // Eurasian Journal of mathematical and computer applications. Vol. 9, Iss. 1 (2021). P. 87–102. doi: 10.32523/2306-6172-2021-9-1-87-102

References

Gladkov G.L., Zhuravlev M.V., Sokolov Yu.P. Ocenka vozdejstviya na okruzhayushchuyu sredu inzhenerny`x meropriyatij na sudoxodny`x rekax: Uchebnoe posobie dlya vuzov [Environmental impact assessment of engineering activity on navigable rivers. A Textbook]. SPb, Izd-vo A. Kardakova, 2005. 241 p. (in Russian).

Grishanin K.V. Osnovy dinamiki ruslovyh potokov: Uchebnik dlja institutov vodn. transp. [Principles of the fluvial channel dynamics. A Textbook]. Moscow: Transport, 1990. 320 p. (in Russian).

Zinov`ev A.T., Koshelev K.B., Marusin K.V., Kosheleva E.D. Matematicheskoe modelirovanie ruslovogo potoka dlya prognozov vliyaniya stroitel'stva v pojmax na gidrologicheskij rezhim krupny`x rek (na primere reki Ob`) // *Vodnoe khozyajstvo Rossii*. 2017. № 2. S. 54–72. doi: 10.35567/1999-4508-2017-2-5 (in Russian).

Zinov'ev A.T., D'yachenko A.V., Koshelev K.B., Marusin K.V. Modelirovanie i nabljudeniya ruslovyh processov na rekah Sibiri na primere reki Ob' u goroda Barnaula [Modeling and field observations of channel processes of the Siberian rivers Ob river at Barnaul city site as a case study] // *Interjekspo GEO-Sibir' [InterExpo GEO-Sibir]*. 2021. Vol. 4, no 1. P. 126–136. doi: 10.33764/2618-981X-2021-4-1-126-136 (in Russian).

Zinov`ev A.T., Vagner A.A., D`yachenko A.V., Kolomejcev A.A., Marusin K.V. Naturny`e nablyudeniya i komp`yuternoe modelirovanie morfodinamiki rusla reki Ob` v rajone Barnaul'skogo vodozabora №2 [Field study and computer modeling of the Ob River channel morphodynamics to ensure the Barnaul water intake operability in the medium-term future] // *Vodnoe khozyajstvo Rossii: problemy`, tehnologii, upravlenie*. 2022. №6. P. 26-44. doi: 10.35567/19994508_2022_6_2 (in Russian).

Informacionnaja sistema po vodnym resursam i vodnomu hozjajstvu bassejnov rek Rossii // GIS-portal Centra registra i kadastra [Federal center of cadaster. The Information System of Water Resources]. URL: <http://gis.vodinfo.ru> (accessed: 02.08.2022).

Karta reki Ob` ot istoka do Barnaula s priust`evy`mi uchastkami rek Biya i Katun` [The Ob River Waterway Chart. Ob State Administration of Waterways and Navigation. Russian river fleet]. Obskoe gosudarstvennoe upravlenie vodny`x putej i sudoxodstva, Novosibirsk: FGUP «Novosibirskaya kartograficheskaya fabrika», 2004. 44 p. (in Russian).

Marusin K.V., D'yachenko A.V., Kolomejcev A.A., Vagner A.A. Sovremennaja dinamika rusla reki Ob' v rajone Barnaul'skogo vodozabora №1 po dannym naturnyh nabljudenij [Field study of Ob river morphodynamics at municipal water intake No1 of Barnaul city] // *Izvestiya AO RGO [Bulletin AB RGS]*. 2017. no. 4(47). P. 52–61. (in Russian).

Marusin K.V., D`yachenko A.V., Kolomejcev A.A., Vagner A.A. Sovremennoe sostoyanie i dinamika izluchiny` reki Ob` v rajone Barnaul'skogo vodozabora № 2 [Modern morphodynamics of the Ob river meander at municipal water intake No2 of Barnaul city] // *Izvestiya AO RGO [Bulletin AB RGS]*. 2018. no. 4(51). P. 63–71. doi: 10.24411/2410-1192-2018-10005 (in Russian).

Marusin K.V., D`yachenko A.V., Kolomejcev A.A., Vagner A.A. Granulometricheskij sostav ruslovy`x nanosov reki Ob` na territorii goroda Barnaula [Sediment size characteristics

in the Ob river at Barnaul city]// *Izvestiya AO RGO [Bulletin AB RGS]*. 2022. no. 1(64). P. 45–65. doi: 10.24412/2410-1192-2022-16403 (in Russian).

Opoveshhenie o nachale provedeniya obshchestvennykh obsuzhdenij proektnoj dokumentacii po ob`ektu: «Sozdanie iskusstvennogo zemel'nogo uchastka. Uchastok akvatorii r. Ob` (levyj bereg) v granicax goroda Barnaula Altajskogo kraja. Planiruемое mesto-polozhenie gorod Barnaul v granicax ulicz Promy`shlennaya, d.4-6, ul. Damba Berega Obi, d.1-18, ul. Prirechnaya, 1». URL: https://ksar.barnaul-adm.ru/uploads/files/2022/11/08/opoveshchenie-po-obshchestvennym-obsuzhdeniyam_1667-875013.zip (accessed: 25.08.2022).

Proektnaya dokumentaciya po ob`ektu e`kologicheskoy e`kspertizy: «Sozdanie iskusstvennogo zemel'nogo uchastka. Uchastok akvatorii r. Ob` (levyj bereg) v granicax goroda Barnaula Altajskogo kraja. Planiruемое mesto-polozhenie gorod Barnaul v granicax ulicz Promy`shlennaya, d.4-6, ul. Damba Berega Obi, d.1-18, ul. Prirechnaya, 1» URL: https://ksar.barnaul-adm.ru/uploads/files/2022/11/02/uchastok_akvatorii_ob_16673-57496.zip (accessed: 25.08.2022).

STO FGBU «GGI» 52.08.31-2012. Doby`cha nerudnykh stroitel`nykh materialov v vodnykh ob`ektax. Uchet ruslovogo processa i rekomendacii po proektirovaniyu i e`kspluatacii ruslovykh kar`erov [Extraction of non-metallic building materials in water bodies. Consideration of the channel process and recommendations for the design and operation of channel quarries]. SPB.: Izd-vo «Globus», 2012. 140 p. (in Russian).

Delft-3D FLOW. Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments. User Manual. Version 3.15.33641, 28 April 2014. Delft, The Netherlands: Deltares, 2014. 684 p.

Van Rijn L.C. Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas. Aqua Publications. The Netherlands, 1993. 689 p.

Zinoviev A.T., Dyachenko A.V., Koshelev K.B., Marusin K.V. Modeling of channel processes in large rivers with the use of field data // *Eurasian Journal of mathematical and computer applications*. Vol. 9, Iss. 1 (2021). P. 87–102. doi: 10.32523/2306-6172-2021-9-1-87-102

ESTIMATION OF THE SEDIMENT MINING PROJECT IMPACT ON THE OB RIVER FLOW AND MORPHODYNAMICS AT BARNAUL CITY

K.V. Marusin, A.V. Dyachenko, A.A. Kolomeytsev

Institute for Water and Environmental Problems of the SB RAS, Barnaul, E-mail: kat@iwep.ru

The sediment mining project from the Ob river channel quarry is considered. The total mining volume is 143.14 thousand m³. The possible project impact on the river flow, sediment transport and bed deformation is evaluated by means of computer modelling. The computer simulation is implemented by means of Delft3D program suite. 2D (depth averaged) approach is used. The typical flood and low water situations are modelled for the natural conditions and for the conditions of the project completed. It is shown that this sediment mining project will not have a significant impact on the natural river channel regime, in particular on the navigation conditions. However, some local negative effects are quite possible.

Key words: river channel quarry; sediment mining; computer modeling; Delft3D; Ob river; Barnaul city.

Received September 29, 2022

Сведения об авторах

Марусин Константин Валерьевич – научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. ORCID: 0000-0003-1565-8326. E-mail: kat@iwep.ru.

Дьяченко Александр Владимирович – научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. ORCID: 0000-0003-4178-8415. E-mail: dychenko@iwep.ru.

Коломейцев Андрей Алексеевич – ведущий инженер Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. ORCID: 0000-0002-3526-4394. E-mail: kolomeycev@iwep.ru.

Information about the authors

Marusin Konstantin Valer'evich – researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0003-1565-8326. E-mail: kat@iwep.ru.

D'yachenko Aleksandr Vladimirovich – researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0003-4178-8415. E-mail: dychenko@iwep.ru.

Kolomejcev Andrej Alekseevich – senior engineer of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0002-3526-4394. E-mail: kolomeycev@iwep.ru.

Раздел 2

ЭКОЛОГИЯ. ФЛОРА. ФАУНА

Section 2

ECOLOGY. FLORA. FAUNA

УДК 631.4

ТИТАН, ВАНАДИЙ И ХРОМ В ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО АЛТАЯ

А.В. Пузанов, Т.А. Рождественская, С.Н. Балыкин, А.В. Салтыков

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул,

E-mail: puzanov@iwep.ru, rtamara@iwep.ru, snbalykin@yandex.ru, saltykovav@yandex.ru

В статье оценивается геохимическая роль лесных почв Северо-Восточного Алтая, как очень важного звена в миграции титана, ванадия и хрома, и их дальнейшего поступления в речную сеть. Для этого в течение многих лет проводились исследования серых лесных, дерново-подзолистых и бурых лесных почв на территории водосборных бассейнов рек Лебедь, Тондошка, Пыжа, Иогач, Майма и Иша. Исследуемые микроэлементы были определены количественным плазменно-спектральным методом в Институте почвоведения и агрохимии СО РАН. В результате проведенной аналитической работы выяснилось, что титан и ванадий инертны к почвенным процессам под лесной растительностью, т. к. их содержание по всему почвенному профилю существенно не изменяется и не отличается от первоначального уровня, характерного для почвообразующих пород, которые были представлены бурыми бескарбонатными глинами и суглинками. В отличие от этих микроэлементов хром более подвижен, но только в бурых лесных почвах, где хорошо прослеживается его выщелачивание.

Ключевые слова: титан; ванадий; хром; лесные почвы; Северо-Восточный Алтай; оподзоливание; выщелачивание.

DOI: 10.24412/2410-1192-2022-16706

Дата поступления: 15.11.2022

Почвы играют важную роль в миграции микроэлементов. Она особенно заметна в лесных экосистемах, где происходит более глубокое разрушение минералов в процессе почвообразования и

выщелачивание многих микроэлементов в почвенный раствор и их дальнейший переход в пищевую цепь. Попадая в живые организмы, они участвуют в таких важнейших биохимических процессах,

как дыхание, фотосинтез, кроветворение, белковый, углеводный и жировой обмен веществ. Полное отсутствие микроэлементов в их питании так же, как и избыток, вызывает заболевания и гибель от болезней, связанных с резким нарушением обмена веществ [Мальгин, 1978; Протасова и др., 1992; Агроэкология, 2000; Добровольский, 2003; Анисимова и др., 2009]. В организме человека титан обнаружен в головном мозге, почках, селезёнке и печени; ванадий – в головном мозге; хром – в гипофизе, почках, селезёнке и печени [Абдурахманов, Зайцев, 2004]. Кроме этого, ванадий участвует в фотосинтезе и фиксации молекулярного азота растениями [Arnon, 1953; Школьник, 1968], а хром – входит в состав протеолитического фермента трипсина и способен заменить алюминий в системе янтарная дегидрогеназа – цитохром C, которая является главным механизмом в окислении янтарной кислоты в теле млекопитающих [Школьник, Макарова, 1957]. Выявление районов с оптимальным, недостаточным или избыточным содержанием этих микроэлементов в почве дает возможность регулировать уровень их содержания для получения полноценной сельскохозяйственной продукции и исключения эндемических заболеваний животных и человека [Мальгин, 1978; Протасова и др., 1992].

Материалы и методы

Лесные почвы в Северо-Восточном Алтае занимают почти всю площадь и представлены тремя типами: серые лесные, дерново-подзолистые и бурые лесные. В отличие от других почв Северо-Восточного Алтая они имеют мощный профиль, сформированный в результате длительного почвообразования, с хорошо выраженными гумусовым и иллювиальными горизонтами. Мощность гумусового горизонта может достигать 60 см, даже под сомкнутым пихтовым древостоем. Он имеет обычно от бурой с сероватым оттенком (бурые лесные почвы) до серой с бурым оттенком (серые лесные почвы) окраску, комковатую или творожисто-комковатую структуру, легко- или среднесуглинистый гранулометрический состав и относительно рыхлое сложение. Иллювиальный горизонт в лесных почвах отличается бурой или жёлто-бурой окраской, комковато-ореховатой, ореховатой или призматической структурой, среднесуглинистым или тяжелосуглинистым гранулометрическим составом и большой плотностью по сравнению с другими почвенными горизонтами. Также он богат гумусовыми, железистыми и глинистыми плёнками и затёками по граням почвенных агрегатов. Кроме этих горизонтов в дерново-подзолистых почвах выделяется

подзолистый горизонт, который отличается более светлой белесоватой окраской, комковатой или комковато-плитчатой структурой и легкосуглинистым гранулометрическим составом. Его мощность колеблется в пределах от 26 до 66 см.

Мелкозем в исследуемых почвах характеризуется высоким содержанием гумусовых соединений, даже в дерново-подзолистых, где их количество в гумусовом горизонте достигает почти 7%. Впрочем, с глубиной этот показатель интенсивно снижается, особенно в элювиальном горизонте дерново-подзолистых почв (на 73%) и на границе гумусового и иллювиального горизонтов в серых лесных и бурых лесных почвах (на 52%). От бурых бескарбонатных суглинков и глин эти почвы наследуют суглинистый гранулометрический состав, в котором с глубиной наблюдается увеличение содержания фракций физической глины на 36%. В результате в иллювиальном горизонте дерново-подзолистых почв удельная масса тонкодисперсных частиц может даже превышать их содержание в почвообразующей породе на 8%. Кислотно-щелочные условия в рассматриваемых почвах отличаются относительным постоянством. Тем не менее, можно отметить небольшое увеличение значений pH с глубиной (бурые лесные – с 5.3 до 5.9, дерново-подзолистые – с 5.5 до 7.2 и серые лесные – с 5.6 до 6.5), что

указывает на растительное происхождение актуальной кислотности. Особенно это подтверждается в дерново-подзолистых почвах, где вследствие увеличения кислого растительного опада происходит небольшой скачок актуальной кислотности до pH 5.2 в элювиальном горизонте.

Ёмкость поглощения зависит от содержания гумусовых соединений и тонкодисперсных частиц, в состав которых входят минералы монтмориллонитовой группы, поэтому в профиле всех исследуемых почв наблюдается два максимума её значений – в гумусовом горизонте, где происходит накопление первых, и в иллювиальном, где отмечается высокое содержание вторых. Сильнее это явление наблюдается в дерново-подзолистых почвах, слабее – в бурых лесных почвах. Тем не менее, максимальные значения ёмкости поглощения достигают в иллювиальном горизонте серых лесных почв (до 33.7 мг-экв/100 г), а наименьшие – в элювиальном горизонте дерново-подзолистых почв (13.9 мг-экв/100 г).

Экспедиционные маршруты для исследования лесных почв Северо-Восточного Алтая охватывали бассейны рр. Лебедь, Тондошка, Пыжа, Иогач, Майма и Иша. Почвенные разрезы закладывали на наиболее представительных участках с типичными для данной местности

лесной растительностью, рельефом и почвообразующими породами. Почвенные пробы отбирали из срединной части каждого генетического горизонта, высушивали до воздушно-сухого состояния и подготавливали для аналитических работ, которые проводили в лаборатории биогеохимии Института водных и экологических проблем СО РАН. Определение общего содержания гумусовых веществ в исследуемых почвах проводили по методу Тюрина [ГОСТ 23740-79] в модификации Никитина, гранулометрического состава – пипеточным методом по Качинскому [ГОСТ 12536-79], актуальной кислотности – потенциометрическим методом [ГОСТ 26423-85], емкости поглощения – по методу Бобко-Аскинази в модификации Грабарова с окончанием по Айдиняну. Определение валового содержания титана, ванадия и хрома в почвенных образцах проводилось в Институте почвоведения и агрохимии СО РАН количественным плазменно-спектральным методом.

Результаты и обсуждение

Удельная масса титана в исследуемых почвах изменяется от 4267 (на границе с почвообразующей породой в серых лесных почвах) до 5867 (средняя часть иллювиального горизонта бурых лесных почв) мг/кг, и почти не отличается от земной коры (4500 мг/кг

[Алексеев, 2000]) и почв Земли (4600 мг/кг [Виноградов, 1957]). Также следует отметить относительно высокие среднеарифметические ошибки (6–39% от удельной массы титана в мелкозёме), которые указывают на большие колебания абсолютных значений его содержания в каждом почвенном горизонте (таблица).

В бурых лесных почвах прослеживается слабое выщелачивание титана, о чём свидетельствует снижение его содержания на границе гумусового и иллювиального горизонтов. Однако, за счёт биологического поглощения и сорбции глинистыми минералами происходит незначительное накопление титана в гумусовом (коэффициент распределения = 1.07) и иллювиальном (коэффициент распределения = 1.22) горизонтах соответственно. По мере развития подзолистого процесса картина внутрипочвенного распределения титана в дерново-подзолистых почвах несколько искажается. Также наблюдаются два максимума – в гумусовом и иллювиальном горизонтах, но если в первом содержание титана сопоставимо с одноимённым горизонтом в бурых лесных почвах, то во втором – ниже, чем в предыдущих почвах.

На этапе формирования серых лесных почв, действие подзолистого процесса прекращается, и происходит восстановление внутрипочвенного распределения титана характерного для бурых лесных почв.

Таблица

Внутрипрофильное распределение титана, ванадия и хрома в исследуемых почвах

Table

Intra-profile distribution of titanium, vanadium and chromium in the studied soils

Горизонт	Титан		Ванадий		Хром	
	С	КР	С	КР	С	КР
Бурые лесные почвы						
A	5135 ±1547	1.07	117.6 ±24.6	0.85	155.9 ±82.4	0.78
AB	4300 ±800	0.89	113.3 ±19.1	0.82	104.7 ±9.1	0.52
B1	5640 ±1232	1.17	117.4 ±16.6	0.85	98.3 ±7.6	0.49
B2	5867 ±1256	1.22	114.3 ±17.7	0.83	138.0 ±62.0	0.69
B3	5500 ±800	1.14	150.0 ±40.0	1.08	140.0 ±5.0	0.70
BC	4814 ±1551	1.00	138.3 ±31.7	1.00	199.5 ±10.5	1.00
Дерново-подзолистые почвы						
A1	5100 ±1089	1.09	87.9 ±6.7	0.88	105.3 ±29.8	1.00
A1A2	5200 ±800	1.11	86.0 ±9.3	0.86	114.8 ±48.2	1.09
A2	4663 ±753	1.00	89.6 ±9.5	0.89	108.2 ±33.4	1.03
A2B1	5200 ±900	1.11	99.8 ±13.8	0.99	113.0 ±44.7	1.07
B1	5043 ±1392	1.08	109.7 ±12.9	1.09	128.2 ±37.4	1.21
B2	5060 ±1952	1.08	113.6 ±10.9	1.13	119.5 ±30.5	1.13
B3	5550 ±360	1.19	116.3 ±8.1	1.16	145.7 ±39.1	1.38
BC	4669 ±686	1.00	100.3 ±9.0	1.00	105.7 ±21.7	1.00
Серые лесные почвы						
A	4622 ±1290	1.08	102.0 ±22.5	0.73	86.6 ±28.7	0.71
AB	4417 ±1150	1.04	108.3 ±18.9	0.78	85.0 ±15.8	0.70
B1	4575 ±950	1.07	129.3 ±21.6	0.93	105.3 ±31.6	0.86
B2	4622 ±1225	1.08	133.7 ±22.5	0.96	96.0 ±14.5	0.79
B3	5250 ±833	1.23	136.1 ±20.4	0.98	91.0 ±4.8	0.74
BC	4267 ±1272	1.00	139.5 ±29.4	1.00	122.2 ±36.2	1.00

Примечание: С – содержание (мг/кг), КР – коэффициент распределения.

Отличием является более низкое содержание титана в мелкозёме, что объясняется его низкой изначальной концентрацией (4266±1272 мг/кг).

Сравнивая рассматриваемые почвы, можно сказать, что выщелачивание

титана происходит исключительно в бурых лесных почвах (коэффициент распределения = 0.89) и в пределах ошибки, интенсивность биологического накопления в гумусовом горизонте во всех почвах одинаково (коэффициент рас-

пределения = 1.07, 1.09 и 1.08 соответственно), обогащение иллювиального горизонта максимально в серых лесных и бурых лесных почвах (коэффициент распределения = 1.23 и 1.22 соответственно).

Удельная масса ванадия в исследуемых почвах сравнима с его содержанием в земной коре (90 мг/кг [Алексеев, 2000]) и в 8–15 раз больше, чем в среднем в почвах Земли (10 мг/кг [Виноградов, 1957]), и варьирует в пределах от 86.0 ± 9.3 (на границе гумусового и элювиального горизонтов дерново-подзолистых почв) до 150.0 ± 40.0 (нижняя часть иллювиального горизонта в бурых лесных почвах) мг/кг. Для него характерна относительно не большая среднеарифметическая ошибка (8–27% от удельной массы ванадия в мелкозёме), вследствие слабых колебаний абсолютных значений внутри каждого почвенного горизонта.

Интенсивное увеличение содержания ванадия происходит в нижней части иллювиального горизонта бурых лесных почв: если ещё в средней части этого горизонта значение его удельной массы равно 114.3 ± 17.7 мг/кг, то в нижней увеличивается до 150.0 ± 40.0 мг/кг. Такой скачок связан с резким снижением пористости почвенной массы, что приводит к торможению миграции тонкодисперсных частиц, а вместе с ними и ванадия. Тем не менее, уже на границе с

почвообразующей породой его содержание снижается до 138.3 ± 31.7 мг/кг.

В дерново-подзолистых почвах такого скачка не наблюдается и внутрипрофильное распределение ванадия представляет собой постепенное увеличение его содержания с глубиной до иллювиального горизонта (116.3 ± 8.1 мг/кг), а ниже снижается до 100.3 ± 9.0 мг/кг (на границе иллювиального горизонта и почвообразующей породы).

В серых лесных почвах содержание ванадия на 16% больше, чем в дерново-подзолистых и сопоставимо с бурыми лесными почвами. По характеру внутрипочвенного распределения ванадия серые лесные почвы существенно не отличаются от предыдущих.

Таким образом, распределение ванадия в исследуемых почвах отличается его выщелачиванием из верхней части профиля в нижнюю, за исключением серых лесных почв, где этому процессу подвержена вся почвенная толща.

Удельная масса хрома в мелкозёме исследуемых почв изменяется в пределах от 85.0 ± 15.8 (на границе гумусового и иллювиального горизонтов в серых лесных почвах) до 199.5 ± 10.5 (на границе с почвообразующей породой в бурых лесных почвах) мг/кг. Таким образом, нижний предел соответствует его концентрации в земной коре (83 мг/кг [Алексеев, 2000]), а верхний –

среднему содержанию в педосфере (200 мг/кг [Виноградов, 1957]). Колебания абсолютных значений сильно варьируют в зависимости от почвенного горизонта, о чём свидетельствует среднеарифметическая ошибка (4–53% от удельной массы хрома в мелкозёме).

В бурых лесных почвах хром подвержен выщелачиванию на протяжении всего их профиля, особенно это заметно на границе гумусового и иллювиального горизонтов. В гумусовом горизонте, в следствие биологического поглощения, происходит увеличение коэффициента распределения с 0.52 до 0.78. Такая же ситуация наблюдается в иллювиальном горизонте и на его границе с почвообразующей породой, но уже по причине сорбционной и механической аккумуляции хрома в составе мигрирующих веществ и в несколько больших количествах. Таким образом, хром имеет два максимума во внутрипрофильном распределении – в гумусовом горизонте и на границе с почвообразующей породой.

Дерново-подзолистые почвы отличаются от предыдущих отсутствием накопления хрома в гумусовом горизонте (коэффициент распределения = 1.00) и достаточно интенсивной аккумуляцией в иллювиальном, особенно в его нижней части (коэффициент рас-

пределения = 1.38). В целом же внутрипрофильное распределение хрома достаточно равномерно и любые изменения его содержания в мелкозёме находятся в пределах среднеарифметической ошибки.

В серых лесных почвах какие-либо выраженные признаки аккумуляции хрома не наблюдаются – коэффициент распределения варьирует от 0.70 (на границе гумусового горизонта) до 0.86 (верхняя часть иллювиального горизонта). Таким образом, как и в предыдущих почвах, внутрипрофильное распределение хрома происходит в пределах среднеарифметической ошибки.

Выводы

Подводя итог вышеизложенному, можно сделать вывод, что титан и ванадий инертны к почвенным процессам под лесной растительностью, т. к. их содержание по всему почвенному профилю существенно не изменяется и не отличается от первоначального уровня, характерного для почвообразующих пород, которые были представлены бурыми бескарбонатными глинами и суглинками. В отличие от этих микроэлементов хром более подвижен, но только в бурых лесных почвах, где хорошо прослеживается его выщелачивание.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН (проект «Оценка эколого-биогеохимической обстановки в речных бассейнах Сибири в условиях изменения климата и антропогенного воздействия»).

Список литературы

Абдурахманов Г.М., Зайцев И.В. Экологические особенности содержания микроэлементов в организме животных и человека. М.: Наука, 2004. 280 с.

Агроэкология / Ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. М.: Колос, 2000. 536 с.

Алексеев В.А. Экологическая геохимия. М.: Логос, 2000. 627 с.

Анисимова Л.Н., Анисимов В.С., Круглов С.В. Исследование кинетики корневого поглощения катионов Со (II), Zn и Ni из растворов с использованием радиоактивных изотопов // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. Томск: ТПУ, 2009. С. 51–55.

Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. М.: АН СССР, 1957. 259 с.

ГОСТ 12536-79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. М.: Издательство стандартов, 1979. 16 с.

ГОСТ 23740-79. Грунты. Методы лабораторного определения содержания органических веществ. М.: Государственный строительный комитет СССР, 1979. 23 с.

ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки. М.: Стандартиформ, 2011. 4 с.

Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М.: Академия, 2003. 400 с.

Мальгин М.А. Биогеохимия микроэлементов в Горном Алтае. Новосибирск: Наука, 1978. 272 с.

Протасова Н.А., Щербаков А.П., Копаева М.Т. Редкие и рассеянные элементы в почвах Центрального Черноземья. Воронеж: ВГУ, 1992. 168 с.

Школьник М.Я. Изучение физиологической роли микроэлементов // Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Улан-Удэ: БКИ, 1968. С. 92–109.

Школьник М.Я., Макарова Н.А. Микроэлементы в сельском хозяйстве. М.-Л.: АН СССР, 1957. 292 с.

Arnon D. Vanadium as an essential element for green plant // Nature. 1953. 172. P. 1039.

References

Abdurahmanov G.M., Zajcev I.V. *Ekologicheskie osobennosti sodержaniya mikroelementov v organizme zhivotnyh i cheloveka* [Ecological features of the content of trace elements in the body of animals and humans]. M.: Nauka, 2004. 280 p. (in Russian).

Agroekologiya [Agroecology] / Ed. V.A. Chernikova, A.I. Chekeresa. M.: Kolos, 2000. 536 p. (in Russian).

Alekseenko V.A. *Ekologicheskaya geohimiya* [Ecological geochemistry]. M.: Logos, 2000. 627 p. (in Russian).

Anisimova L.N., Anisimov V.S., Kruglov S.V. *Issledovanie kinetiki kornevogo pogloshcheniya kationov Co (II), Zn i Ni iz rastvorov s ispol'zovaniem radioaktivnyh izotopov* [Investigation of the kinetics of root absorption of Co (II), Zn and Ni cations from solutions using radioactive isotopes] // *Radioaktivnost' i radioaktivnye elementy v srede obitaniya cheloveka* [Radioactivity and radioactive elements in the human environment]. Tomsk: TPU, 2009. P. 51–55. (in Russian).

Vinogradov A.P. *Geohimiya redkih i rasseyannyh elementov v pochvah* [Geochemistry of rare and scattered elements in soils]. M.: AN SSSR, 1957. 259 p. (in Russian).

GOST 12536-79. *Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya granulometricheskogo (zernovogo) i mikroagregatnogo sostava*. M.: Izdatel'stvo standartov, 1979. 16 p. (in Russian).

GOST 23740-79. *Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya sodержaniya organicheskikh veshchestv*. M.: Gosudarstvennyj stroitel'nyj komitet SSSR, 1979. 23 p. (in Russian).

GOST 26423-85. *Pochvy. Metody opredeleniya udel'noj elektricheskoy provodimosti, pH i plotnogo ostatka vodnoj vytyazhki*. M.: Standartinform, 2011. 4 p. (in Russian).

Dobrovol'skij V.V. *Osnovy biogeohimii* [Fundamentals of biogeochemistry]. M.: Akademiya, 2003. 400 p. (in Russian).

Mal'gin M.A. *Biogeohimiya mikroelementov v Gornom Altae* [Biogeochemistry of trace elements in the Altai Mountains]. Novosibirsk: Nauka, 1978. 272 p. (in Russian).

Protasova N.A., Shcherbakov A.P., Kopaeva M.T. *Redkie i rasseyannye elementy v pochvah Central'nogo Chernozem'ya* [Rare and scattered elements in the soils of the Central Chernozem region]. Voronezh: VGU, 1992. 168 p. (in Russian).

Shkol'nik M.Ya. *Izuchenie fiziologicheskoy roli mikroelementov* [Study of the physiological role of trace elements] // *Mikroelementy v sel'skom hozyajstve i medicine* [Trace elements in agriculture and medicine]. Ulan-Ude: BKI, 1968. P. 92–109. (in Russian).

Shkol'nik M.Ya., Makarova N.A. Mikroelementy v sel'skom hozyajstve [Trace elements in agriculture]. M.–L.: AN SSSR, 1957. 292 p. (in Russian).

Arnon D. Vanadium as an essential element for green plant // Nature. 1953. 172. P. 1039.

TITANIUM, VANADIUM AND CHROMIUM IN FOREST SOILS OF NORTH-EASTERN ALTAI

A.V. Puzanov, T.A. Rozhdestvenskay, S.N. Balykin, A.V. Saltykov

Institute of Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul,

E-mail: puzanov@iwep.ru, rtamara@iwep.ru, snbalykin@yandex.ru, saltykovav@yandex.ru

The article assesses the geochemical role of forest soils of the North-Eastern Altai as a very important link in the migration of titanium, vanadium and chromium, and their further flow into rivers. For this purpose, studies of gray forest, sod-podzolic and brown forest soils have been carried out for many years in the catchment areas of the Swan, Tondoshka, Pyzha, Iogach, Maima and Isha rivers. The studied trace elements were determined by quantitative plasma-spectral method at the Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS. As a result of the analytical work carried out, it turned out that titanium and vanadium are inert to soil processes under forest vegetation, because their content varies within the error and does not differ from the initial level characteristic of soil-forming rocks, which were represented by brown carbonate-free clays and loams. Unlike these trace elements, chromium is more mobile, but only in brown forest soils, where its leaching is well traced.

Keywords: titanium; vanadium; chromium; forest soils; North-Eastern Altai; podzolization; leaching.

Received November 15, 2022

Сведения об авторах

Пузанов Александр Васильевич – доктор биологических наук, профессор, директор Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. ORCID: 0000-0002-1340-486X. E-mail: puzanov@iwep.ru.

Рождественская Тамара Анатольевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. ORCID: 0000-0001-8487-2495. E-mail: rtamara@iwep.ru.

Балыкин Сергей Николаевич – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. ORCID: 0000-0001-5598-0470. E-mail: balykins@rambler.ru.

Салтыков Алексей Владимирович – научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. ORCID: 0000-0003-1515-3061. E-mail: saltykov@iwep.ru.

Information about the authors

Puzanov Alexander Vasil`evich - Dr Sc. in Biology, Professor, Director of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0002-1340-486X. E-mail: puzanov@iwep.ru.

Rozhdestvenskaya Tamara Anatol`evna – PhD in Biology, Researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0001-8487-2495. E-mail: rtamara@iwep.ru.

Balykin Sergey Nikolaevich – PhD in Biology, Researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0001-5598-0470. E-mail: balykins@rambler.ru.

Saltykov Alexey Vladimirovich – Researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0003-1515-3061. E-mail: saltykov@iwep.ru.

НАШИ ЮБИЛЯРЫ ♦ OUR ANNIVERSARIES

ЕВГЕНИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ ПАРАМОНОВ (1937-2019):

К 85-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ



14 ноября 2022 года Евгению Григорьевичу Парамонову, доктору сельскохозяйственных наук, профессору, главному научному сотруднику Института водных и экологических проблем (ИВЭП) СО РАН исполнилось бы 85 лет.

Евгений Григорьевич родился в селе Сухоречка Бузулукского района Оренбургской области. После окончания средней школы обучался в Бузулукском лесхоз-техникуме по специальности «лесное хозяйство» и приобрел квалификацию «техник-лесовод». С 1957 по 1962 гг. прошел обучение на лесохозяйственном факультете Поволжского лесотехнического института (в настоящее время – Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл). Здесь ему была присвоена квалификация инженера лесного хозяйства.

Трудовую деятельность начинал в Алтайском управлении лесного хозяйства, где он проработал долгие годы и прошел путь от лесничего Чарышского лесхоза до главного лесничего Боровлянского леспромхоза и заместителя директора по лесному хозяйству главного лесничего объединения «Бийскпромлесхоз». Именно с лесами Алтая связана и практическая, и научно-исследовательская деятельность Е.Г. Парамонова.

В 1964 году Евгений Григорьевич поступил в заочную аспирантуру при Поволжском государственном технологическом университете, а в 1973 году защитил кандидатскую диссертацию по специальности 06.03.03. «Лесоводство» на тему «Влияние подсочки сосняков на их естественное возобновление (по исследованию в Верхне-Обском массиве Алтайского края)». В тот же год был назначен на должность директора Озерского опытно-показательного леспромхоза, а уже в 1975 году переведен в аппарат Управления лесами и назначен директором Алтайского филиала Центра НОТ Министерства лесного хозяйства РСФСР, где проработал до 1985 года.

К этому времени Е.Г. Парамонов как творческий исследователь и опытный практик понимал, что проблемы лесного хозяйства необходимо решать только научно обоснованными методами, поэтому в 1985 г. он прошел по конкурсу на должность заведующего лабораторией Института леса и древесины Академии наук СССР. В этот период окончательно определились его научные интересы – полесозащитное лесоразведение в степных условиях, охрана лесов от пожаров, выращивание и рациональное использование хвойных пород деревьев, в том числе кедра, лиственницы, пихты, возобновление сосновых насаждений на гарях, искусственное лесовосстановление, повышение продуктивности лесов, проблемы опустынивания территорий.

В 1989 году по совокупности работ по специальности «Лесоведение и лесоводство, лесные пожары и борьба с ними» он получил аттестат старшего научного сотрудника. А в 1994 году защитил докторскую диссертацию по этой же специальности на тему «Лесоводственное обоснование дифференцированной системы ведения хозяйства в горных кедровниках Алтая». С 1992 по 2001 гг. работал начальником отдела охраны лесов в Управлении лесами Алтайского края, с 2001 по 2019 гг. – в должности главного научного сотрудника ИВЭП СО РАН.

Свою исследовательскую деятельность в Институте Е.Г. Парамонов определил исходя из практических задач развития лесного хозяйства на Алтае, в первую очередь это:

- оптимизация способов восстановления темнохвойных древесных пород на вырубках и гарях в горных условиях и светлохвойных пород в ленточных борах Алтайского края;
- установление наиболее целесообразного ассортимента древесно-кустарниковых пород при степном лесоразведении с учетом почвенного плодородия и глубины залегания грунтовых вод для создания долговечных и высокопродуктивных защитных лесных насаждений в целях повышения плодородия почвенного покрова;
- оценка жизнеспособности лесополос как основного водорегулирующего фактора в степных условиях юга Западной Сибири.

В результате выполнения научно-исследовательских работ им были разработаны и внедрены рекомендации по созданию защитных лесных насаждений в Алтайском крае (2006), технические указания по восстановлению светлохвойных пород в Верхне-Обском массиве (2011), которые стали нормативным документом для работников лесного хозяйства края. Под непосредственным руководством проф. Парамонова Е.Г. проведена инвентаризация защитных лесных насаждений на сельскохозяйственных угодьях муниципальных образований Алтайского края, показавшая низкую степень сохранности лесополос и необходимость их безотлагательного обновления. Осуществлена оценка

оптимальной площади полезащитных лесных насаждений, которая для стабилизации процесса деградации почв должна составлять не менее 140–150 тыс. га.

Одновременно с научно-практической работой Евгений Григорьевич всегда уделял значительное внимание педагогической деятельности. Он являлся профессором кафедры природопользования и геоэкологии Алтайского государственного университета, читал лекции по лесоводству студентам кафедры лесного хозяйства Алтайского государственного аграрного университета (АГАУ). Получил известность как автор и соавтор учебных пособий «Основы лесоведения», «Техногенные системы и экологический риск», «Основы агролесомелиорации», «Древесно-кустарниковые породы», «Основы лесоводства и лесопаркового хозяйства», «Современные проблемы экологии и природопользования» и др.

Под его руководством подготовлено и защищено 10 кандидатских и 3 докторских диссертации, 60 дипломных работ. В 2007 году Е.Г. Парамонов получил ученое звание профессора. Он автор более 300 печатных работ, в том числе 45 монографий. Долгое время являлся членом диссертационного совета при ИВЭП СО РАН.

Евгений Григорьевич Парамонов – крупный российский ученый-лесовод, специалист в области лесного хозяйства, лесопользования и восстановления лесных ресурсов. В 1997 году ему было присвоено Почетное звание «Заслуженный лесовод Российской Федерации». За многолетний труд Евгений Григорьевич был награжден Знаками «20 лет безупречной службы в государственной лесоохроне РФ» и «За сбережение и приумножение лесных богатств России», Медалью «За заслуги в труде». В 2017 году он был удостоен премии губернатора Алтайского края в области лесного хозяйства и лесной промышленности имени В.С. Вашкевича в номинации «За разработку и внедрение инновационных технологий, направленных на воспроизводство лесов».

В честь 85-летия Евгения Григорьевича Парамонова в Институте водных и экологических проблем СО РАН прошел научно-практический семинар, посвященный его научному наследию с участием представителей лесохозяйственных структур региона (<http://iwep.ru/institute/news/1597/>), и состоялась презентация монографии «Регулирование водности реки Алей за счет увеличения лесистости бассейна».

*И.Д. Рыбкина,
д.г.н., доц., ведущий научный сотрудник
зав. лабораторией ИВЭП СО РАН*

УСЛОВИЯ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ ♦ PUBLICATION TERMS

Журнал «Известия Алтайского отделения Русского географического общества» (далее «Известия АО РГО») публикует научные и научно-популярные статьи, посвященные географическим, геологическим, экологическим, фаунистическим и флористическим исследованиям, естественно-географическому образованию, краеведению, а также отражающие деятельность Русского географического общества. Авторы представляют статьи на русском языке, тщательно отредактированные. Прием авторских материалов и сообщений производится через информационную систему <http://journal.rgo-altay.ru/>.

Периодичность издания «Известий АО РГО» – четыре раза в год.

Поступившие в журнал статьи проходят научное рецензирование. В журнале «Известия АО РГО» установлено анонимное рецензирование (автору/авторам не раскрываются личные данные рецензента). Поступившие от авторов научные статьи проходят первичный контроль на комплектность и правильность оформления в соответствии с Правилами направления статей. Первичная экспертная оценка научной статьи осуществляется главным редактором (заместителем главного редактора) или выпускающим редактором. Главный редактор (заместитель главного редактора или выпускающий редактор) определяет по статье рецензента члена редакционного совета, курирующего соответствующее направление (научную дисциплину). Рецензенты (как входящие в состав редакционного совета, так и внешние) должны являться признанными специалистами по тематике рецензируемой статьи и иметь в течение последних 5 лет публикации по тематике рецензируемой статьи. Отзыв рецензента состоит из ответов на типовые вопросы анкеты и может содержать дополнительные расширенные комментарии. Кроме того, рецензент может вносить замечания и правки в текст рукописи. Авторам высылается электронная версия анкеты и комментарии рецензентов. Доработанный экземпляр автор должен вернуть в редакцию вместе с первоначальным экземпляром и ответом на все вопросы рецензента не позднее чем через 1 месяц после получения рецензии. Если статья рекомендована к публикации, она проходит редакционную подготовку: техническое редактирование, корректуру. Окончательный вариант статьи, подготовленной к публикации, согласовывается с автором (авторами). После выхода тиража каждому автору (соавтору), статья которого вошла в очередной номер, редакция высылает электронный экземпляр журнала.

Содержание номеров Известий АО РГО, аннотации и полнотекстовые электронные варианты статей, а также другая полезная информация, включая настоящие Правила, доступны на сайтах – <http://journal.rgo-altay.ru/>.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы обязаны сообщать о любых имеющихся или потенциально возможных конфликтах интересов. Конфликтом интересов может считаться любая ситуация, способная повлиять на автора рукописи и привести к сокрытию, искажению данных, или изменению их трактовки.

О наличии или отсутствии конфликта интересов у одного или нескольких авторов сообщается в заявлении о подаче статьи к публикации. Выявленное редакцией сокрытие потенциальных и явных конфликтов интересов со стороны авторов может стать причиной отказа в рассмотрении и публикации рукописи.

Информация о конфликтах интересов или их отсутствии должна быть приведена в статье после «Выводов» в разделе «Конфликт интересов/ Conflict of interest» на русском и английском языках. Если конфликт интересов отсутствует, нужно указать: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПЛАГИАТ И ВТОРИЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Перед направлением статьи необходимо проверить ее на наличие заимствований. Общий объем текстового сходства не должен превышать 30% (уникальность должна быть более 70%).

Проверить статью на оригинальность можно при помощи сервисов <https://www.antiplagiat.ru/> (для русскоязычных текстов) и <http://www.plagiarism.org/> (для англоязычных текстов). Редакция оставляет за собой право проверки поступивших рукописей на плагиат.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ, НАПРАВЛЯЕМЫХ НА ПУБЛИКАЦИЮ В ЖУРНАЛ «ИЗВЕСТИЯ АЛТАЙСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА»

№	Требование	Описание
1	Язык публикации	русский;
2	Перевод на английский и транслитерация	- название статьи (перевод), - ФИО авторов (транслитерация в системе translit.ru), - название организаций (перевод), - аннотация (перевод – «Abstract»), - ключевые слова (перевод – «Keywords»), - конфликт интересов (перевод – «Conflict of interest»), - литература («References»); ФИО авторов в транслитерации; название статьи в переводе; название российского журнала в транслитерации и в переводе в квадратных скобках; в конце в скобках для русскоязычных статей указывается (in Russian) (см. примеры оформления списка литературы)
3	К публикации принимаются	научные статьи, посвященные географическим, геологическим, экологическим, фаунистическим и флористическим исследованиям, естественно-географическому образованию, краеведению, а также отражающие деятельность Русского географического общества.
4	Оформление рукописей	Объем статьи (вместе со списком литературы, таблицами и рисунками) должен составлять до 30 тыс. печатных знаков (включая пробелы) для оригинальных статей, до 40 тыс. печатных знаков (включая пробелы) для обзорных статей. Статья оформляется шрифтом Times New Roman, кегель 12, междустрочный интервал 1,5. Выравнивание по обоим краям. Размер полей страницы – 2,5 см со всех сторон, отступ для абзаца – 0,7 см. Страницы статьи должны быть пронумерованы только для печатной версии, для электронного варианта – без нумерации страниц. Материал, представляемый на публикацию, должен быть проверен на орфографию и грамматику. Автоматический перенос слов использовать нельзя. Вся текстовая часть статьи должна быть записана в 1 файле (титальный лист, аннотация, ключевые слова, текст статьи, таблицы, рисунки, список литературы, сведения об авторах). Файл с текстом статьи должен быть назван по фамилии первого автора статьи (Иванов-текст.docx). Латинские названия и таксономию животных и растений

		выверять по: https://www.gbif.org . Названия таксонов рода и вида печатаются курсивом. Для флористических, фаунистических и таксономических работ при первом упоминании в тексте и таблицах приводится русское название вида (если такое название имеется) и полностью – латинское, с автором и желательно с годом, например: водяной ослик (<i>Asellus aquaticus</i> (L. 1758)). В дальнейшем можно употреблять только русское название или сокращенное латинское без фамилии автора и года опубликования. Все вводимые автором буквенные обозначения и аббревиатуры должны быть расшифрованы в тексте при их первом упоминании (но не в заголовке статьи или в резюме). Единицы физических величин приводятся по Международной системе СИ. В десятичных дробях употребляется точка: 0.54. Необходимо различать тире (как знак препинания) «–» и дефис (как часть слова) «-». Знак минуса обозначается с помощью дефиса, например, -5°C. Знаки процента, промилле и градусов указывается без отрыва от числа, например, 15%. Прочие размерности отделяются от чисел, например, 10 кг, 100 экз. и т.д.
5	Оформление титула статьи (заголовок, авторы, организации)	На первой странице оформляется титул статьи: 1) индекс статьи по Универсальной десятичной классификации (УДК), на первой странице, в левом верхнем углу; 2) название статьи (прописными буквами, полужирным шрифтом, выравнивание – по центру), должно кратко, но максимально точно отражать затронутую проблему; 3) инициалы и фамилии авторов (по центру); 4) полное название организации – места работы каждого автора в именительном падеже на русском языке, курсивом, по центру. Если авторов несколько и работают они в разных учреждениях, следует отметить арабскими цифрами соответствие фамилий авторов учреждениям, в которых они работают; если все авторы статьи работают в одном учреждении, можно не указывать место работы каждого автора отдельно; 5) e-mail для каждого автора. Титул оформляется на русском и английском языках.
6	Аннотация и ключевые слова	Аннотация к статье является основным источником информации, она должна создавать полное представление о содержании статьи. Аннотация должна быть написана единым текстом без разделения на абзацы, курсивом, выравнивание – по ширине, иметь объем не менее 600 знаков. Отдельной строкой приводится перечень ключевых слов (не менее 5). Ключевые слова перечисляются через точку с запятой, в конце перечисления ставится точка. Аннотация и ключевые слова должны быть представлены как на русском, так и на английском языках.
7	Структура статьи	Оригинальная статья должна быть структурирована по следующим разделам: - актуальность проблемы; - цель исследования;

		- материалы и методы; - результаты и обсуждение (отдельным разделом, приводится сопоставление результатов собственных исследований с литературными данными с указанием ссылок на источники) - выводы или заключение. Для статей, представляющих собой <u>обзоры литературы</u>, также должны быть выделены разделы.
8	Требования к рисункам	Рисунки размещаются в тексте статьи, непосредственно после ссылки на них в тексте. Каждый рисунок должен быть четким и читаемым с расширением TIFF (*.TIF) или JPG, с разрешением 300 dpi и выше. Подпись приводится после рисунка и должна содержать порядковый номер рисунка (при его наличии) и его название. В тексте статьи каждый рисунок должен сопровождаться ссылкой (рис. 1, рис. 2, и т.д.). Аббревиатуры расшифровываются в подрисуночных подписях, детали на рисунках следует обозначать цифрами или буквами, значение которых также приводится в подписях. Названия рисунков дублируются на английском языке.
9	Требования к таблицам	Таблицы должны содержать только необходимые данные и представлять собой обобщенные и статистически обработанные материалы. Диаграммы и графики не должны дублировать таблицы. Таблицы размещаются в тексте статьи в непосредственной близости от ссылки на них в тексте. Над таблицей справа необходимо обозначить номер таблицы (если таблица одна, номер не указывается, а пишется слово «Таблица»), ниже по центру дается ее название. Сокращения слов в таблицах не допускаются. Все цифры в таблицах должны соответствовать цифрам в тексте. Все сокращения, использованные в таблице, поясняются в Примечании, расположенном под ней. Названия таблиц дублируются на английском языке. Таблица оформляется шрифтом Times New Roman, кегель 10. В тексте статьи каждая таблица должна сопровождаться ссылкой (табл. 1, табл. 2, и т.д.).
10	Требования к формулам	Математические формулы следует представлять в виде редактируемого текста, а не в виде изображений. После каждой формулы должна приводиться расшифровка буквенных обозначений.
11	Требования к списку литературы	Библиографические ссылки в тексте статьи оформляются в квадратных скобках, указывается фамилия/ии автора/ов и год издания, например: ТЕКСТ, ТЕКСТ, ТЕКСТ [Иванов, 1996]. В случае дословной цитаты, указывается также номер страницы приведенной цитаты, т.е. «ТЕКСТ, ТЕКСТ, ТЕКСТ ...» [Иванов, Петров, 1999, с. 5]. Если авторов 3 и более, указывается первый автор и др. [Иванов и др., 1996]. Если фамилия автора используется в тексте: ТЕКСТ, ТЕКСТ, ТЕКСТ ... по данным И. И. Иванова [1996] или ... И.И. Иванова с соавт. [1996]. Если источник не имеет авторов: ТЕКСТ, ТЕКСТ, ТЕКСТ

	[Методика..., 2005] или в тексте – ... «Методика отбора проб...» [2005]. Список литературы оформляется в алфавитном порядке по фамилиям авторов и в хронологическом порядке – работы одного автора. Пристатейные ссылки и списки пристатейной литературы следует оформлять по ГОСТ Р 7.0.5-2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления (http://www.bookchamber.ru/GOST_P_7.0.5.-2008). Список работ представляется в алфавитном порядке. Все ссылки даются на языке оригинала (названия на японском, китайском и других языках, использующих нелатинский шрифт, пишутся в русской транскрипции). Сначала приводится список работ на русском языке и на языках с кириллическим алфавитом, а затем – работы на языках с латинским алфавитом. После статьи приводятся сразу два списка литературы. Один на русском языке «Список литературы», второй список «References» полностью формируется на английском языке. Он приводится отдельным списком, повторяя все позиции основного списка литературы. Описания русскоязычных работ указываются в латинской транслитерации, рядом в квадратных скобках помещается их перевод на английский язык. Выходные данные приводятся на английском языке (допускается транслитерация названия издательства). При наличии переводной версии источника можно указать его библиографическое описание вместо транслитерированного. Библиографические описания прочих работ приводятся на языке оригинала. Для составления списка рекомендуется использование бесплатных онлайн-сервисов транслитерации, вариант BSI.
--	---

Примеры оформления:

УДК 556.535:004.9(571)

ЛАНДШАФТЫ БАССЕЙНА РЕКИ ...

И. И. Иванов¹, П. П. Петров²

¹Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, E-mail: ivanov@iwep.ru

²Алтайский государственный университет, Барнаул, E-mail: petrov@asu.ru

*Аннотация... Аннотация... Аннотация... Аннотация... Аннотация... Аннотация...
Аннотация... Аннотация... Аннотация... Аннотация... Аннотация...*

Ключевые слова: ключевые слова; ключевые слова; ключевые слова; ключевые слова.

ТЕКСТ... ТЕКСТ... ТЕКСТ... [Иванов, 1996]. ТЕКСТ... [Петров, 1998]. ТЕКСТ...
ТЕКСТ... [Иоганзен, Петкевич, 1974]. ТЕКСТ... ТЕКСТ... [Патрушева и др., 2000].

LANDSCAPES OF THE ... RIVER BASIN

I. I. Ivanov¹, P. P. Petrov²

1. ¹Institute for Water and Environmental Problems of the SB RAS, Barnaul, E-mail: ivanov@iwep.ru

2. ²Altai State University, Barnaul, E-mail: petrov@asu.ru

3.

Annotation... Annotation... Annotation... Annotation... Annotation... Annotation... Annotation... Annotation... Annotation... Annotation... Annotation... Annotation... Annotation... Annotation... Annotation... Annotation... Annotation... Annotation... Annotation...

Keywords: keywords; keywords; keywords; keywords; keywords; keywords; keywords; keywords; keywords.

ОФОРМЛЕНИЕ «СВЕДЕНИЙ ОБ АВТОРАХ»

ФИО – полностью на русском и английском языке; полный почтовый адрес каждой организации (страна, город) на русском и английском языке (как оно представлено в официальных документах и/или на официальном сайте); должности, ученые звания, ученые степени авторов; адрес электронной почты для каждого автора; телефон для контактов с авторами статьи (можно один на всех авторов).

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ

Ссылки на книги

Водоемы Алтайского края / Ред. В. П. Соловов. Новосибирск: Наука, 1999. 285 с.

Гундризер А. Н., Иоганзен Б. Г., Кафанова В. В., Петлина А. П. Ихтиология и гидробиология в Западной Сибири. Томск: ТГУ, 1982. 318 с.

Knorre D. G., Laric O. L. Theory and practice in affinity techniques / Eds. P. V. Sundaram, F. L. Eckstein. N. Y. San Francisco: Acad. Press, 1978. P. 169–188.

В транслитерированном списке литературы:

Vodoemy Altaiskogo kraia [Water bodies of the Altai Territory] / Ed. V. P. Solovov. Novosibirsk: Nauka, 1999. 285 p. (in Russian).

Gundrizer A. N., Ioganzen B. G., Kafanova V. V., Petlina A. P. Ikhtiologiya i gidrobiologiya v Zapadnoi Sibiri [Ichthyology and hydrobiology in Western Siberia]. Tomsk: TGU, 1982. 318 p. (in Russian).

Knorre D. G., Laric O. L. Theory and practice in affinity techniques. N. Y., San Francisco: Acad. Press, 1978. P. 169–188.

Ссылки на статьи

Зарубина Е. Ю., Яныгина Л. В., Бурмистрова О. С., Митрофанова Е. Ю., Ким Г. В., Котовщиков А. В., Крылова Е. Н., Ковешников М. И. Литоральные биоценозы как один из факторов устойчивости экосистемы Телецкого озера // Ползуновский вестник. 2005. № 4. Ч. 2. С. 201–207.

Попов П. А., Ермолаева Н. И., Киприянова Л. М., Митрофанова Е. Ю. Состояние гидробиоценозов высокогорий Алтая // Сиб. экол. журн. 2003. Т. 10, № 2. С. 181–192.

Vasiliev O. F., Papina T. S., Eyrikh S. S., Sukhenko S. A. Mercury in the Katun river basin: A case study of a naturally polluted system // Global and Regional Mercury Cycles: Sources, Fluxes and Mass Balances / Eds W. Baeyens, R. Ebinghaus, O. Vasiliev. Dordrecht: Springer, 1996. P. 273–284. doi: 10.1007/978-94-009-1780-4

В транслитерированном списке литературы:

Zarubina E. Yu., Yanygina L. V., Burmistrova O. S., Mitrofanova E. Yu., Kim G. V., Kottovshchikov A. V., Krylova E. N., Kovesnikov M. I. Litoral'nye biotsenozы kak odin iz faktorov ustoichivosti ekosistemy Teletskogo ozera [Litoral biocenoses as one of the factors of the ecosystem stability of Lake Teletskoy] // Polzunovskii vestnik [Polzunovsky Bull.]. 2005. no. 4. Ch. 2. P. 201–207. (in Russian).

Popov P. A., Ermolaeva N. I., Kipriyanova L. M., Mitrofanova Ye. Yu. Sostoyanie gidrobiotsenozov vysokogorii Altaya [The state of hydrobiocenoses of the high mountains of Altai] // Sib. ekol. zhurn. [Sib. Ecol. J.]. 2003. Vol. 10, no. 2. P. 181–192. (in Russian).

Vasiliev O. F., Papina T. S., Eyrikh S. S., Sukhenko S. A. Mercury in the Katun river basin: A case study of a naturally polluted system // Global and Regional Mercury Cycles: Sources, Fluxes and Mass Balances / Eds W. Baeyens, R. Ebinghaus, O. Vasiliev. Dordrecht: Springer, 1996. P. 273–284. doi: 10.1007/978-94-009-1780-4

Ссылки на материалы конференций

Крылова Е. Н. Олигохеты озер плоскогорья Укок и Джулукульской котловины // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Матер. II Междунар. конф. (22–26 сентября 2003 г., Беларусь). Нарочь, 2003. С. 445–448.

В транслитерированном списке литературы:

Krylova E. N. Oligokhety ozer ploskogor'ya Ukok i Dzhulukul'skoi kotloviny [Oligokheti lakes of the Ukok plateau and the Dzhulukul basin] // Ozernye ekosistemy: biol. protsessy, antropogennaya transformatsiya, kachestvo vody: Mat. II Mezhdunar. konf. (22–26 sent. 2003 g.) [Lake ecosystems: biol. processes, anthropogenic transformation, water quality: Proceed. II int. conf. (Sept. 22–26, 2003)]. Naroch', 2003. P. 445–448. (in Russian).

Ссылки на диссертации или авторефераты диссертаций

Селезнева М. В. Оценка современного экологического состояния Новосибирского водохранилища по структурно-функциональным показателям сообществ макрозообентоса: Автореф дис... канд. биол. наук. Новосибирск, 2005. 21 с.

Лозовик П. А. Гидрогеохимические критерии состояния поверхностных вод гумидной зоны и их устойчивости к антропогенному воздействию: Дис. ... докт. хим. наук. Петрозаводск, 2006. 481 с.

В транслитерированном списке литературы:

Selezneva M. V. Otsenka sovremennogo ekologicheskogo sostoyaniya Novosibirskogo vodokhranilishcha po strukturno-funktsional'nym pokazatelyam soobshchestv makrozoobentosa [Assessment of the current ecological state of the Novosibirsk reservoir according to structural and functional indicators of macrozoobenthos communities]: Summary of PhD (Cand. of Biol.) thesis. Novosibirsk, 2005. 21 p. (in Russian).

Lozovik P. A. Gidrogeokhimicheskie kriterii sostoyaniya poverkhnostnykh vod gumidnoi zony i ikh ustoichivosti k antropogennomu vozdeistviyu [Hydrogeochemical criteria of the state of surface water in humid zone and their tolerance to anthropogenic impact]: DSc (Dr. of Chem.) thesis. Petrozavodsk, 2006. 481 p. (in Russian).

Ссылки на патенты

Патент РФ № 2000130511/28. 04.12.2000.

Еськов Д. Н., Серегин А. Г. Оптико-электронный аппарат: Патент России № 2122745. 1998. Бюл. № 33.

В транслитерированном списке литературы:

Patent RF № 2000130511/28. 04.12.2000 [Russian patent No. 2000130511/28. December 4, 2000]. (In Russian).

Es'kov D. N., Seregin A. G. Optiko-elektronnyi apparat [Optoelectronic apparatus]: Patent Rossii № 2122745 [Russian patent No. 2122745]. 1998. Bulletin No. 33. (in Russian).

Ссылки на архивные материалы

Гребенщиков Я. П. К небольшому курсу по библиографии: материалы и заметки, 26 февр. – 10 марта 1924 г. // ОР РНБ. Ф. 41. Ед. хр. 45. Л. 1–10.

В транслитерированном списке литературы:

Grebenshchikov Ya. P. K nebol'shomu kursu po bibliografii: materialy i zametki, 26 fevr. – 10 marta 1924 g. [Brief course on bibliography: the materials and notes, Febr. 26 – March 10, 1924]. OR RNB. F. 41. St. un. 45. L. 1–10. (in Russian).

Ссылки на интернет-ресурсы

Ильина И. В. Правила оформления списка литературы и References // Вестник ТГУ. 2016. №12 (164). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pravila-oformleniya-spiska-literatury-i-references> (дата обращения: 22.07.2020).

Демография. Официальная статистика / Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 25.12.2015).

В транслитерированном списке литературы:

Irina I. V. Pravila oformleniya spiska literatury i References [Rules for registration of the list of references and references]. Vestnik TGU [Bulletin of TSU]. 2016, no. 12 (164). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pravila-oformleniya-spiska-literatury-i-references> (accessed: 22.07.2020).

Demografija. Oficial'naja statistika [Demography. Official statistics]. Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki [Federal state statistics service]. URL: <http://www.gks.ru/> (accessed: 25.12.2015).

*Журнал
Известия Алтайского отделения
Русского географического общества*

№ 4 (67) 2022

Свидетельство о регистрации СМИ
ПИ № ТУ22-00790
Зарегистрирован Управлением Федеральной службы по надзору в сфере
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
по Алтайскому краю и Республике Алтай

Подписано в печать 26.12.2022. Дата выхода в свет 30.12.2022.
Формат 60х84 1/8. Печать – цифровая. П.л. 12,5
Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии ООО «Пять плюс»
656049, г. Барнаул, ул. Крупской, 97,
Тел.: +7(385-2) 62-32-07,
e-mail: fiveplus07@mail.ru
www.five-plus.ru

Цена свободная

Возрастная категория – 12+