

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ – АЛТАЙСКОЕ КРАЕВОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ВОО «РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО»

ИЗВЕСТИЯ АЛТАЙСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

(ИЗВЕСТИЯ АО РГО)

Журнал

ISSN 2410-1192

Март 2019

№ 1 (52)

Основан в 1961 году

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

Коржнев В.Н., к.г.-м.н., доц., г. Бийск

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., 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., проф., 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
Ельчиногова 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
Оберт А.С., д.м.н., проф., г. Барнаул
Парамонов Е.Г., д.с.-х.н., проф., г. Барнаул
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
Ревякин В.С., д.г.н., проф., г. Барнаул
Ротанова И.Н., к.г.н., доц., г. Барнаул
Рудский В.В., д.г.н., проф., Московская обл.
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 – Пестова Л.В., к.с.-х.н.

Адрес издателя и редакции: 656038 Барнаул, ул. Молодежная, 1

Тел: (385-2) 364091, (385-2) 666507, факс (385-2) 240396, bulletin@rgo-altay.ru, <http://bulletin.rgo-altay.ru>

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ТУ22-00534. Подписной индекс в каталоге Роспечати 95004

© Известия Алтайского отделения Русского географического общества, 2019

г. Барнаул – 2019

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
March, 2019
Founded in 1961

ISSN 2410-1192
No 1 (52)
4 issues per year

EDITORIAL BOARD

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

DEPUTY CHIEF EDITORS:

DrSc Dmitry M. Bezmaternyh (Barnaul, Russia)

PhD Viktor N. Korzhnev (Biysk, Russia)

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

THE MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

Prof. V.A. Androkhonov (Novosibirsk, Russia)
Prof. M.M. Buslov (Novosibirsk, Russia)
DrSc V.V. Butvilovsky (Dresden, Germany)
Prof. A.I. Chernyshov (Tomsk, Russia)
Acad. RAS Prof. A.A. Chibilyov (Orenburg, Russia)
Prof. A.N. Dunets (Barnaul, Russia)
Prof. S.A. Dvinskikh (Perm, Russia)
Prof. A.V. Egorina (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan)
Prof. O.A. Elchinina (Gorno-Altai, Russia)
Prof. E.Zh. Garmaev (Ulan-Ude, Russia)
Prof. A.I. Gusev (Biysk, Russia)
Prof. Ya.M. Gutak (Novokuznetsk, Russia)
Prof. L.I. Inisheva (Tomsk, Russia)
PhD V.V. Kirillov (Barnaul, Russia)
Prof. Yu.B. Kirilov (Barnaul, Russia)
Prof. L.A. Komarova (Biysk, Russia)
Acad. RAS Prof. A.E. Kontorovich (Novosibirsk, Russia)
Prof. B.I. Kochurov (Moscow, Russia)
Prof. S.A. Kurolap (Voronezh, Russia)
Prof. Lhagvasuren Chojinjav (Khovd, Mongolia)
Prof. M.P. Mazurov (Novosibirsk, Russia)
Prof. A.S. Obert (Barnaul, Russia)

Prof. E.G. Paramonov (Barnaul, Russia)
Prof. V.P. Parnachev (Tomsk, Russia)
Prof. V.M. Podobina (Tomsk, Russia)
Prof. P.A. Popov (Novosibirsk, Russia)
Prof. V.S. Revyakin (Barnaul, Russia)
PhD I.N. Rotanova (Barnaul, Russia)
Prof. V.V. Rudsky (Moscow region, Russia)
Prof. O.G. Savichev (Tomsk, Russia)
Prof. N.V. Sennikov (Novosibirsk, Russia)
Prof. V.V. Sevastyanov (Tomsk, Russia)
Prof. M.G. Sukhova (Gorno-Altai, Russia)
Prof. A.I. Syso (Novosibirsk, Russia)
Prof. A.N. Tashev (Bulgaria)
Prof. O.N. Truevtseva (Barnaul, Russia)
Prof. L.V. Vesnina (Barnaul, Russia)
Prof. Yu.I. Vinokurov (Barnaul, Russia)
Prof. E.G. Vodichev (Novosibirsk, Russia)
Prof. E.N. Yadrenkina (Novosibirsk, Russia)
DrSc L.V. Yanygina (Barnaul, Russia)
Prof. V.V. Zaika (Kyzyl, Russia)
DrSc A.T. Zinoviev (Barnaul, Russia)
PhD D.V. Zolotov (Barnaul, Russia)

Technical editor – PhD Lyubov V. Pestova

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

Certificate of mass media registration of Russian Federation ПИИ No TY22-00534

Subscription index in «Rospechat» catalogue 95004

© Bulletin of the Altay branch of the Russian Geographical society, 2019

Barnaul – 2019

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

РАЗДЕЛ 1. ГЕОГРАФИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

<i>Рыбкина И.Д., Курепина Н.Ю.</i> ПРОГНОЗ ЦЕЛЕВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РЕГИОНАХ ВЕРХНЕЙ ОБИ НА СРЕДНЕ- И ДОЛГОСРОЧНУЮ ПЕРСПЕКТИВУ	5
--	---

РАЗДЕЛ 2. ГЕОЛОГИЯ

<i>Вистингаузен В.К.</i> СПЕЛЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ АЛТАЯ	17
<i>Табакаева Е.М., Гусев А.И.</i> ПЕТРОЛОГИЯ И ОРУДЕНЕНИЕ УЛЬТРАКИСЛЫХ ГРАНИТОИДОВ НОЧНОГО МАССИВА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ).....	28

РАЗДЕЛ 3. ГИДРОЛОГИЯ. КЛИМАТ

<i>Галахов В.П., Самойлова С.Ю., Коломейцев А.А., Мардасова Е.В., Шевченко А.А., Шереметов Р.Т.</i> ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ НА ЛЕДНИКОВЫЙ СТОК (ПО ИССЛЕДОВАНИЯМ В БАССЕЙНЕ АКТРУ: 1952-2012).....	57
---	----

РАЗДЕЛ 4. ЭКОЛОГИЯ. ФЛОРА. ФАУНА

<i>Акулова О.Б., Букатый В.И.</i> ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРООПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	46
<i>Вдовина О.Н., Безматерных Д.М.</i> МАКРОЗООБЕНТОС ОЗЕР ПОДТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	54
<i>Горбачев И.В., Рождественская Т.А., Пузанов А.В., Салтыков А.В., Тарабара А.В.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НАЗЕМНЫХ И ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ В РАЙОНЕ ЛИКВИДАЦИИ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ НА «ХИМЗАВОДЕ» – ФИЛИАЛЕ ОАО «КРАСМАШ» (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)	66
<i>Котовицков А.В.</i> ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА МАНЖЕ-РОКСКОЕ ПО ПИГМЕНТНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ФИТОПЛАНКТОНА	76

ХРОНИКА СОБЫТИЙ

<i>Барышников Г.Я.</i> К 90-ЛЕТИЮ АЛЕКСЕЯ МИХАЙЛОВИЧА МАЛОЛЕТКО	84
---	----

CONTENTS

SCIENTIFIC REPORTS

SECTION 1. GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

<i>Rybkina I.D., Kurepina N.Yu.</i> FORECAST OF MID- AND LONG-TERM TARGET USE OF WATER RESOURCES IN THE UPPER OB REGIONS	5
--	---

SECTION 2. GEOLOGY

<i>Wistingauzen V.K.</i> SPELEOLOGICAL ZONING OF ALTAI	17
<i>Tabakaeva E.M., Gusev A.I.</i> PETROLOGY AND ORE MINERALIZATION OF ULTRA-ACID GRANITOIDS OF THE NOCHNOY MASSIF (GORNYY ALTAI).....	28

РАЗДЕЛ 3. HYDROLOGY. CLIMATE

<i>Galakhov V.P., Samoilova S.Yu., Kolomeytsev A.A., Mardasova E.V., Shevchenko A.A., Sheremetov R.T.</i> GLOBAL WARMING EFFECT ON GLACIER RUNOFF BASED ON THE AKTRU BASIN STUDIES FOR 1952-2012.....	57
---	----

SECTION 4. ECOLOGY. FLORA. FAUNA

<i>Akulova O.B., Bukatiy V.I.</i> ASSESSMENT OF SPATIAL DISTRIBUTION OF HYDROOPTICAL CHARACTERISTICS NOVOSIBIRSK RESERVOIR	46
<i>Vdovina O.N., Bezmaternykh D.M.</i> MACROZOOBENTOS IN LAKES OF A SUBTAIGA SUBZONE OF WEST SIBERIA.....	54
<i>Gorbachev I.V., Rozhdestvenskaya T.A., Puzanov A.V., Saltykov A.V., Tarabara A.V.</i> ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF GROUND AND WATER ECOSYSTEMS IN THE AREA OF ELIMINATION OF ROCKET EQUIPMENT AT CHEMICAL PLANT, A BRANCH OF «KRASMASH» PUBLIC CORPORATION (KRASNOYARSK KRAI)	66
<i>Kotovshchikov A.V.</i> ASSESSMENT OF ECOLOGICAL STATE OF LAKE MANZHEROKSKOYE BY PIGMENT CHARACTERISTICS OF PHYTOPLANKTON	76
CHRONICLE OF EVENTS	84

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ ♦ SCIENTIFIC REPORTS

Раздел 1

ГЕОГРАФИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Section 1 GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

УДК 504.062.2:911.6

**ПРОГНОЗ ЦЕЛЕВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
В РЕГИОНАХ ВЕРХНЕЙ ОБИ
НА СРЕДНЕ- И ДОЛГОСРОЧНУЮ ПЕРСПЕКТИВУ**

И.Д. Рыбкина, Н.Ю. Курепина

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

Представлен анализ и прогноз целевых видов использования водных ресурсов, в т.ч. на производственные, хозяйственно-питьевые нужды, для орошения и сельскохозяйственного водоснабжения на перспективу до 2030-2035 гг. Дана характеристика объемов забранных и использованных вод за период 2010-2017 гг. Проведен анализ документов стратегического планирования в регионах: Алтайский край, Новосибирская, Кемеровская и Томская области, Республика Алтай. Определены перспективные объемы используемых вод питьевого качества с учетом сложившихся особенностей водопользования, удельных показателей водопотребления и водоемкости экономик регионов, а также демографических и социально-экономических прогнозов субъектов. Результаты расчетов представлены в картографическом виде. Сделаны выводы о достоверности полученных результатов и возможности их применения при разработке документов стратегического планирования регионов.

Ключевые слова: водные ресурсы, Верхняя Обь, целевое водопотребление, прогноз, региональное развитие.

DOI: 10.24411/2410-1192-2019-15201

Дата поступления 1.03.2019

Прогноз целевого использования водных ресурсов непосредственно связан с деятельностью по стратегическому планированию в субъектах РФ. Именно в документах стратегического планирования установлены основные направления развития экономик регионов на средне- и долгосрочную перспективу. Эти документы территорий определяют намечаемые изменения хозяйственной деятельности, в т.ч. в сфере водопотребления и водоотведения. К сожалению, не всегда водохозяйственная информация находит отражение, на-

пример, в стратегиях социально-экономического развития субъектов.

Между тем, согласно ФЗ-172 [1], прогнозирование понимается как деятельность его участников по разработке научно обоснованных представлений о рисках социально-экономического развития, об угрозах национальной безопасности страны, о направлениях, результатах и показателях социально-экономического развития России, субъектов РФ и муниципальных образований. Из этого следует, что в документах стратегического планирования необхо-

димым и достаточным условием при разработке является предоставление полных сведений о рисках социально-экономического развития, в т.ч. рисках, связанных с водопользованием на обозначенных территориях.

В настоящий момент действующими документами в регионах Верхней Оби являются стратегии социально-экономического развития Алтайского края, Новосибирской и Кемеровской областей – на период до 2025 г., Томской области – до 2030 г., Республики Алтай – до 2035 г. [2-6]. Кроме этого, в открытом доступе на официальных сайтах субъектов также опубликованы прогнозы социально-экономического развития на среднесрочную (сроком от трех до шести лет), как правило, до 2020-2021 гг., и долгосрочную перспективу (более шести лет) на период до 2030-2035 гг.

Объект исследования, материалы и методы его изучения

Бассейн Верхней Оби по данным Верхне-Обского БВУ за 2017 г. характеризуется общим водозабором равным 3480,00 млн м³. Объем используемых водных ресурсов составляет 2997,13 млн м³, в т.ч. на питьевые и хозяйственно-бытовые нужды – 465,13 млн м³. За период 2010-2017 гг. общее прямоточное водопотребление сократилось на 9 %, при этом целевое использование вод хозяйственно-питьевого назначения уменьшилось на 14 %.

Из поверхностных водных источников в бассейне Верхней Оби забирается более 80 % пресной воды. Среди регионов бесспорным лидером по уровню водозабора является Кемеровская область, на долю которой в 2017 г. приходилось около 60 %. Минимальная доля в Республике Алтай – менее 1 %.

Следует отметить, что более 75 % используемой пресной воды в регионах расходуется на производственные нужды. В 2017 г. на эти цели использовано 2264,77 млн м³, что на 19 % меньше по

сравнению с 2010 г. Наибольшие объемы данного вида использования вод регистрируются в Кемеровской области 1432,52 млн м³. За период 2010-2017 гг. максимальные сокращения отмечены в Томской области (46 %) и Республике Алтай (36 %), в абсолютных значениях – в Кемеровской области (261,57 млн м³).

На втором месте по объемам использования питьевые и хозяйственно-бытовые нужды (16 %). Наибольше хозяйственно-питьевое водопотребление отмечается в Кемеровской (183,58 млн м³) и Новосибирской (151,89 млн м³) областях, Алтайском крае (74,82 млн м³). При этом динамика использования питьевых вод свидетельствует о максимальном сокращении этого вида целевого водопотребления в Республике Алтай (–39 %), Новосибирской (–34 %) и Кемеровской (–32 %) областях.

На цели орошения и сельскохозяйственного водоснабжения в регионах Верхней Оби используется не более 2 % общего водопотребления. На орошение использовано в Алтайском крае – 32,73 млн м³, Новосибирской области – 8,81 млн м³, что суммарно составляет 95 %. В Алтайском крае за 2010-2017 гг. объемы орошения увеличились в 1,3 раза. В Новосибирской области произошло уменьшение использования воды на эти нужды почти на 30 %.

В целях сельскохозяйственного водоснабжения в регионах Верхней Оби за 2017 г. использовано 13,66 млн м³, что в сравнении с 2010 г. составляет 92 %. Наибольшие объемы использования – в Новосибирской области (5,31 млн м³), далее следуют Алтайский край и Томская область – соответственно 3,27 и 3,17 млн м³. В динамике лет (2010-2017) отмечается как сокращение, так и увеличение объемов использования. Например, в Алтайском крае за рассматриваемый период увеличение составило 20 %. В то время как в Республике Алтай на 61 %, Кемеровской – на 26, Новосибир-

ской – на 10 и Томской областях – на 9 % отмечалось его падение.

Для прудового рыбного хозяйства, на поддержание пластового давления и прочие цели объемы используемых вод возросли в 4,4 раза по сравнению с 2010 г. и составили в 2017 г. 209,28 млн м³. Основными регионами, на территории которых водные ресурсы используются в этих целях, являются Томская и Кемеровская области с совокупной долей почти 70 %.

В целях выполнения прогноза используемых вод питьевого качества нами проведено укрупнение целевых видов по трем основным категориям: производственные и хозяйственно-питьевые нужды, орошение и сельскохозяйственное водоснабжение, включая использование на прудовое рыбное хозяйство.

Стратегические документы регионов отражают специфику и особенности их развития. Например, перспективы инновационного роста Алтайского края связаны с модернизацией и активизацией инновационной деятельности агрокомплекса, промышленности, развитием региональной инновационной системы, формированием туристско-рекреационного комплекса международного уровня [2]. Соответствующие целевые показатели развития региона, оказывающие влияние на изменение используемых вод, приведены в таблице 1.

Инновационное развитие Новосибирской области направлено на интеграцию всех составляющих системы региональной политики, включая социально-экономическую, промышленную, научную и образовательную подсистемы [3]. Стратегической целью является достижение долгосрочной конкурентоспособности региона (на внутренних и внешних рынках) в формирующейся экономике знаний за счет его превращения в главный инновационный центр востока страны. Достижение заявлен-

ных целей должно произойти за счет формирования следующих территориально-отраслевых кластеров: транспортно-логистический, электротехническо-электроэнергетический, строительный, потребительский. Агропромышленный комплекс как важная составная часть экономики региона, обеспечивающая его продовольственную безопасность, рассматривается отдельно. При этом изменения объемов произведенных товаров и услуг, представленные в таблице 1, рассматривались как целевые показатели развития региона, оказывающие влияние на водопотребление и водоотведение в субъекте Федерации.

Для территории Республики Алтай определена ноосферная модель развития, при этом стратегическими направлениями развития региона признаны: туризм, агропромышленный комплекс, пищевая промышленность, санаторно-курортный и фармацевтический комплексы, энергетика. В качестве стратегических задач обозначены: результативное управление территориями с учетом принципов «зеленой» экономики; развитие человеческого капитала; развитие и модернизация транспортной и инженерной инфраструктуры; совершенствование государственных механизмов управления экономикой, экологией и социальной сферой Республики Алтай [6].

Траекторией развития Томской области в долгосрочной перспективе будет движение от преимущественно сырьевой экономики к экономике перерабатывающих производств, экономике знаний и инновационной экономике за счет масштабирования существующих и создания новых высокотехнологичных производств, создания и модернизации высокопроизводительных рабочих мест, внедрения инноваций в традиционных секторах промышленности. В результате реализации стратегии к 2030 г. конкурентоспособной основой хозяйства

Томской области станут развитые высокотехнологичные кластеры концентрации промышленности высоких переделов, добывающей и перерабатывающей промышленности, сельского хозяйства, привлекающие качественные челове-

ские ресурсы и инвестиции. Развитие производства будет дополнено эффективными механизмами государственного управления, предполагающими развитое общественное участие предпринимателей и граждан [5].

Таблица 1

Целевые показатели развития отдельных регионов Верхней Оби (Алтайский край и Новосибирская область), оказывающие влияние на изменение объемов водопотребления и водоотведения

Показатели	2010/2011	2015	2020	2025/2030/2035	Кратность изменения показателя
<i>Алтайский край</i>					
Объем ВРП на душу населения, в % к среднероссийскому уровню	47,3	—	—	65,0	1,4
Объем инвестиций в основной капитал на душу населения, в % к среднероссийскому уровню	39,0	—	—	63,0	1,6
Удельный вес обрабатывающих производств в общем объеме промышленного производства, %	83	84	85	87	1,1
Урожайность зерновых культур во всех категориях хозяйств (зерно в весе после доработки)	11,3	13	15	20	1,8
Продуктивность коров в крупных и средних с/х организациях, кг на 1 корову	3938	4500	5500	7000	1,8
Количество средств размещения (гостиниц, санаториев, баз отдыха, зеленых домов и др.), ед.	599	650	700	750	1,3
Количество мест размещения, тыс. мест	46,9	54,6	64,0	66,7	1,4
Туристский поток, тыс. чел. в год	1300	1900	2500	3200	2,5
<i>Новосибирская область</i>					
ВРП региональной инновационной системы, % к общему ВРП	—	12	—	35-51	2,9-4,3
Объем отгруженных товаров в промышленности, млрд руб. в ценах 2005 г.	247	—	—	615,4	2,5
Объемы добычи полезных ископаемых, млрд руб. в ценах 2006 г.	16,5	—	—	44,1	2,7
Объемы производства отраслей обрабатывающей промышленности, млрд руб. в ценах 2006 г.	1-14	—	—	1-144	1-10,3
Объем годового производства продукции электротехнического и электроэнергетического кластера в ценах 2005 г., млрд руб.:		—	—		
— инерционный сценарий	21-23			140-145	6,3-6,7
— ускоренное развитие ядра кластера	31-33			190-210	6,1-6,4
Производство зерна, все категории хозяйств, тыс. т	—	2766	—	2968	1,1
Производство молока, все категории, тыс. т	—	1171	—	1309	1,1
Число обслуженных туристов, тыс. чел.	261	333	596	1045	4,0

Примечание: «—» — нет данных.

Для Кемеровской области с базовым сектором в виде добычи сырья и его первичной переработки с высокой степенью зависимости от циклической рыночной конъюнктуры на глобальных товарных рынках стратегической целью государственной политики по социально-экономическому развитию на долгосрочную перспективу становится повышение конкурентоспособности региона и рост на этой базе благосостояния жителей региона. Стратегическая цель предполагает решение нескольких связанных с нею задач: развитие ресурсной базы региона; повышение глубины переработки добываемого сырья, его комплексное и эффективное использование; наращивание потребления продукции региона на традиционных рынках, поддержка выхода производителей Кемеровской области на новые рынки; снятие инфраструктурных ограничений для развития базового сектора экономики области; обеспечение технологического подъема экономики Кемеровской области. Формирование в регионе национального центра горнодобывающей продукции; развитие системы подготовки кадров, устранение диспропорций рынка труда; развитие инновационных центров Кемеровской области. Развитие городской среды в ядрах агломеративных систем региона – города Кемерове и Новокузнецке [4].

Прогнозы социально-экономического развития регионов [7-10], выполненные в субъектах и выложенные на сайтах открытых интернет-источников региональных министерств и ведомств, позволяют проследить предполагаемую динамику социально-экономических показателей как минимум в двух или трех вариантах (сценариях) развития: базовом, консервативном (или инерционном) и целевом (или инновационном). Данные величины положены в основу разработки прогноза целевых видов использования водных ресурсов – хозяйственно-питьевого, производственного,

ирригационного и сельскохозяйственного.

Для уточнения показателей развития субъектов на среднесрочную перспективу также использовались имеющиеся в настоящий момент актуализированные прогнозы на 2019-2021 гг. [11-12], которые позволяют провести корректировку прогнозов целевых видов использования водных ресурсов на ближайшую перспективу.

Согласно ранее разработанным методическим приемам [13], в основу расчетов положены следующие показатели:

- на питьевые и хозяйственно-бытовые цели – динамика целевого вида использования водных ресурсов, удельное водопотребление на человека, результаты демографического прогноза в регионах Росстата;

- на производственные нужды – динамика производственного водопотребления и современная водоемкость промышленного производства, среднесрочный и долгосрочный прогноз объемов отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг по видам экономической деятельности, индексы промышленного производства;

- на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение – динамика целевых видов водопотребления и водоемкость сельскохозяйственного производства в регионах, среднесрочный и долгосрочный прогноз объемов продукции сельского хозяйства, прогнозируемые индексы сельскохозяйственного производства.

Для учета тенденций целевого использования водных ресурсов детально рассматривался период 2000-2017 гг. (табл. 2), поскольку именно в это время стала обязательной установка приборов учета и контроля расхода воды [14]. В расчетах применялись прогнозные показатели социально-экономического развития субъектов, приведенные в документах стратегического планирования территорий.

Таблица 2
Фактические и прогнозные показатели использования водных ресурсов в питьевых и хозяйственно-бытовых целях
на примере Новосибирской области (фрагмент таблицы расчетов)

Показатель, ед. изм.	Факт										Динамика				Прогноз			
	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2015- 2017	2010- 2017	2005- 2017	2000- 2017	2020	2025	2030	2035
Использование водных ресурсов на питьевые и хозяйственно-бытовые цели, млн м³	259,01	241,30	228,70	197,30	189,22	174,34	175,91	168,93	160,80	151,89	-17,04	-76,81	-89,41	-107,12	153,83	157,99	162,19	166,81
Численность населения на конец года, млн чел. (с 2020 г. прогноз, средний вариант)	2,72	2,66	2,67	2,69	2,71	2,73	2,75	2,76	2,78	2,78	0,02	0,12	0,13	0,06	2,82	2,90	2,97	3,06
Удельное хозяйственно-питьевое водопотребление, м³ / чел.	95,21	90,89	85,78	73,43	69,82	63,84	64,04	61,16	57,84	54,55	-6,61	-31,23	-36,33	-40,66	54,55	54,55	54,55	54,55
Индекс удельного хозяйственно-питьевого водопотребления, в % к предыдущему году или за период	100,00	95,45	94,39	85,59	95,09	91,43	100,31	95,51	94,57	94,32	89,19	63,59	60,03	57,30	100,00	100,00	100,00	100,00
Удельное хозяйственно-питьевое водопотребление, л / сут. на 1 чел.	260,86	249,00	235,03	201,17	191,29	174,90	175,45	167,57	158,47	149,46	-18,11	-85,56	-99,54	-111,39	149,46	149,46	149,46	149,46

Примечание: согласно ФЗ-№261 [14] установка приборов учета и контроля расхода воды является обязательной с 2011 г.

Среднесрочный прогноз основных показателей развития датируется 2017-2018 гг., в которые он детализирован и представлен на перспективу 2019-2021 гг., получен с официальных сайтов субъектов. Ряды других основных социально-экономических показателей (численность населения, объемы произведенной продукции и др.) заимствованы из опубликованных материалов Росстата, открытых интернет-источников и баз данных [15-18].

Далее следует проиллюстрировать методику расчета на примере хозяйственно-питьевого водоснабжения Новосибирской области, в которой расположен единственный город-миллионер в бассейне Верхней Оби. За период 2000-2017 гг. объемы этого вида использования водных ресурсов сократились более чем на 40 %. Снижение водопотребления произошло на фоне роста численности населения, в первую очередь городских жителей (на 0,11 млн чел в целом по области за 2010-2017 гг.).

Наиболее интенсивное сокращение отмечалось в 2011 г. по сравнению с 2010 г.: индекс удельного хозяйственно-питьевого водопотребления составил

85,6 %. В абсолютных показателях удельное водопотребление за период 2010-2017 гг. уменьшилось с 235,03 до 149,46 л/сут. на человека, что непосредственно связано с вступлением в силу ФЗ-261 и обязанности установки приборов учета и контроля расхода воды.

Согласно выполненным расчетам, питьевое и хозяйственно-бытовое водопотребление Новосибирской области увеличится по причине дальнейшего роста городского населения. По среднему варианту прогноза Росстата увеличение произойдет к 2020 г. – на 1,3 %, к 2025 г. – на 4,01, к 2030 г. – на 6,78, к 2035 г. – на 9,82 % по сравнению с 2017 г. при условии сохранения существующего удельного водопотребления на одного жителя.

Результаты прогноза

В целом для регионов Верхней Оби (табл. 3) водопотребление на питьевые и хозяйственно-бытовые нужды будет сокращаться, что согласуется с демографическим прогнозом на долгосрочный период по среднему варианту: к 2035 г. здесь будет проживать 8,96 млн чел., или 98 % от уровня 2017 г.

Таблица 3

Прогноз целевых видов использования водных ресурсов в регионах Верхней Оби (базовый вариант)

Целевые виды	2020	2025	2030	2035
<i>Использование пресной воды на питьевые и хозяйственно-бытовые нужды, всего, млн м³, в т.ч.:</i>	463,79	461,09	458,62	457,43
Новосибирская область	153,83	157,99	162,19	166,81
Алтайский край	73,92	71,65	69,12	66,64
Республика Алтай	2,94	2,97	2,98	2,99
Кемеровская область	180,95	175,64	170,73	166,65
Томская область	52,16	52,85	53,59	54,33
<i>Использование пресной воды на производственные нужды, всего, млн м³, в т.ч.:</i>	2399,68	2768,41	3223,39	3746,94
Новосибирская область	393,47	471,85	565,84	678,56
Алтайский край	234,98	269,77	309,71	355,57
Республика Алтай	1,96	2,38	2,94	3,44
Кемеровская область	1520,18	1731,70	2005,57	2315,99
Томская область	249,09	292,71	339,33	393,38
<i>Использование пресной воды на нужды с/х водоснабжения и орошения, всего, млн м³, в т.ч.:</i>	63,66	67,41	71,57	76,11
Новосибирская область	20,73	23,11	25,77	28,73
Алтайский край	35,12	35,74	36,37	37,01
Республика Алтай	1,40	1,54	1,72	1,90
Кемеровская область	3,06	3,38	3,73	4,12
Томская область	3,34	3,63	3,97	4,34

Максимальное сокращение населения произойдет в Алтайском крае (на 0,26 млн чел.) и Кемеровской области (0,25 млн чел.).

Использование водных ресурсов на производственные цели в соответствии с планами социально-экономического развития возрастет к 2035 г. почти на 50 % по сравнению с 2017 г. (рис. 1-2).

Максимальное увеличение будет отмечаться в Кемеровской области (свыше 800 млн м³); минимально – в Республике Алтай (2,35 млн м³). При этом лишь в некоторых субъектах объемы водопотребления достигнут уровня 1990 г. (Новосибирская область), в других – только приблизятся к нему (Алтайский край).

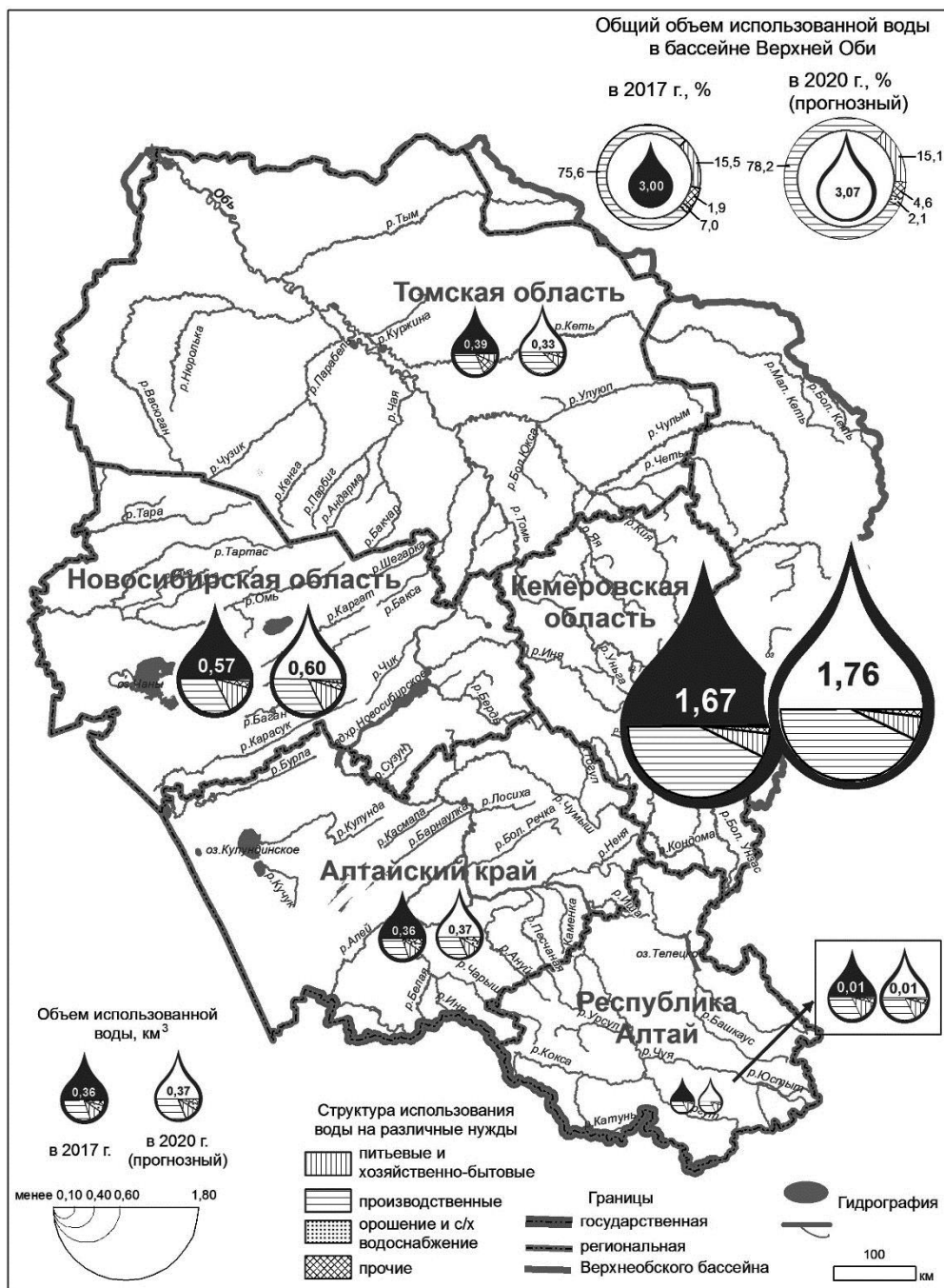


Рис. 1. Прогноз целевого использования водных ресурсов на среднесрочную перспективу (до 2020 г.) в сравнении с современным состоянием (2017)

В целях сельскохозяйственного водоснабжения и орошения использование водных ресурсов возрастет в бассейне Верхней Оби, но не столь значительно как в промышленном производстве – на 32 %. Скорее всего, наибольшими темпами водоснабжение в этом секторе экономики будет увеличиваться в Новосибирской области (на 9,4 млн м³, или 49 % за период 2017-2035 гг.) и Алтайском

крае (на 1,01 млн м³, или 3 % за период 2017-2035 гг.).

Следует отметить, что наибольшей достоверностью отличается прогноз использования водных ресурсов на среднесрочную перспективу, поскольку основан на скорректированных и актуализированных данных социально-экономического развития и их прогноза в регионах.

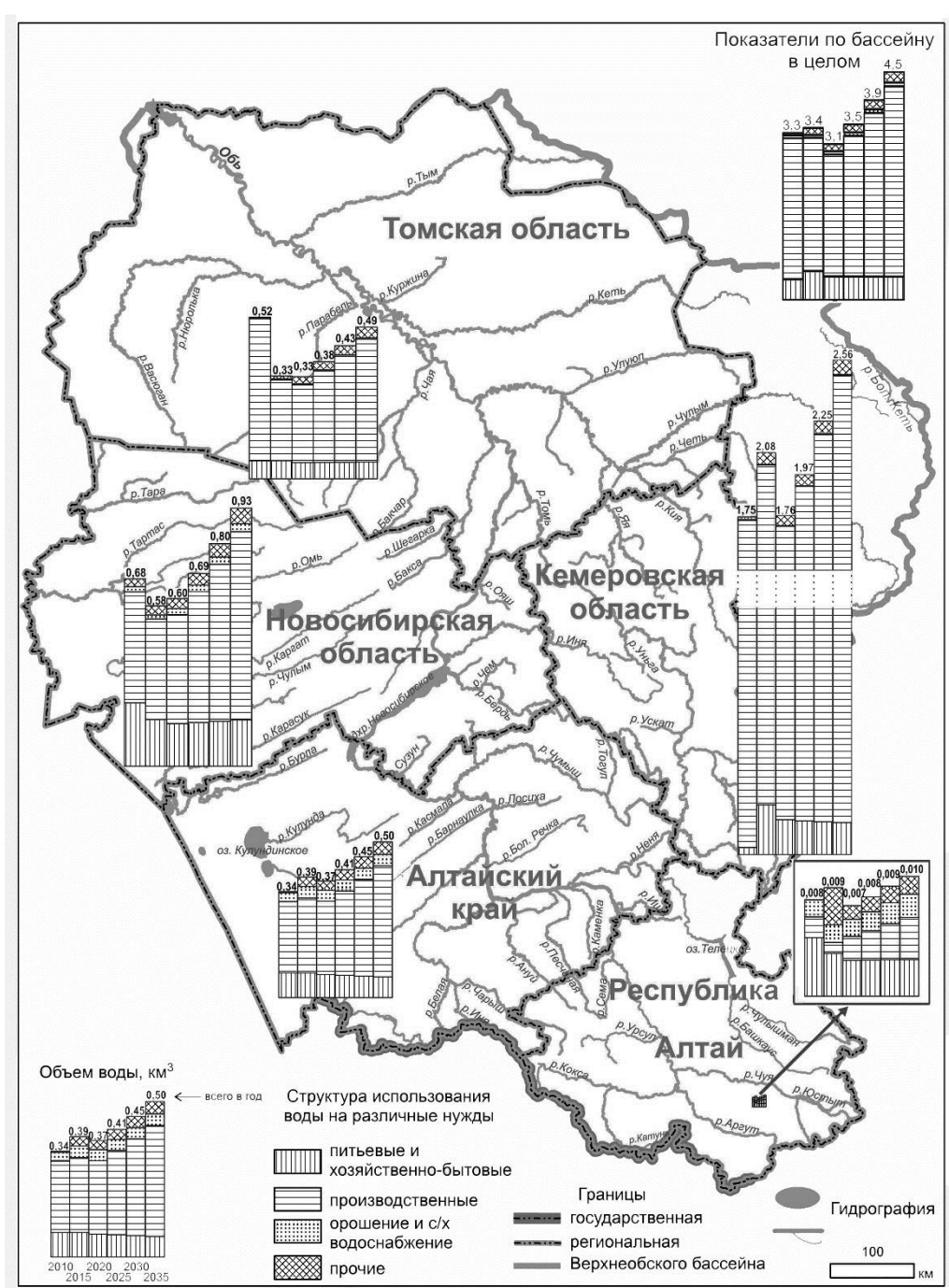


Рис. 2. Прогноз целевых видов использования водных ресурсов на долгосрочную перспективу (до 2035 г.)

Среди показателей долгосрочного прогнозирования наиболее достоверны полученные результаты на период 2025-2030 гг., хотя прогноз выполнен до 2035 г.

Выводы

Прогноз целевого использования водных ресурсов в регионах Верхней Оби выполнен на основе документов стратегического планирования в субъектах, с учетом разработанных прогнозов социально-экономического развития на средне- и долгосрочную перспективу. Его основу составили особенности современного водопользования в регионах, в том числе рассчитанные удельные показатели водопотребления и водоемкости экономик регионов, а также официальные данные демографического

прогноза и социально-экономическая информация Росстата.

Применение актуализированных (корректированных) сведений социально-экономического состояния в регионах за период 2019-2021 гг. позволяет сделать вывод о наибольшей достоверности полученных результатов на среднесрочную перспективу. При этом долгосрочное прогнозирование до 2030-2035 гг. нуждается в последующей детализации и корректировке с учетом специфики происходящих процессов.

Представленный в статье прогноз целевого использования водных ресурсов в бассейне Верхней Оби является основой для разработки сценариев водно-ресурсного обеспечения населения и объектов экономики регионов и может быть использован в документах стратегического планирования субъектов.

Список литературы

1. Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» ФЗ-172 от 28 июня 2014 г.
2. Закон Алтайского края от 21.11.2012 № 86-ЗС «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Алтайского края до 2025 г.».
3. Постановление губернатора Новосибирской области от 03.12.2007 № 474 «О Стратегии социально-экономического развития Новосибирской области на период до 2025 г.».
4. Закон Кемеровской области от 11 июля 2008 г. № 74-ОЗ «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Кемеровской области до 2025 г. (с изменениями на 21 марта 2018 г.)».
5. Постановление Законодательной Думы Томской области от 26.03.2015 № 2580 «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Томской области до 2030 г.».
6. Постановление Правительства Республики Алтай от 13.03.2018 № 60 «О Стратегии социально-экономического развития Республики Алтай на период до 2035 г.».
7. Распоряжение коллегии Администрации Кемеровской области от 9 ноября 2015 г. № 616-р «Об утверждении прогноза социально-экономического развития Кемеровской области на период до 2035 г.».
8. Постановление Администрации Томской области от 24 марта 2017 г. № 98а «Об утверждении бюджетного прогноза Томской области на период до 2030 г.».
9. Распоряжение Правительства Республики Алтай от 26 июля 2017 г. № 404-р «О прогнозе социально-экономического развития Республики Алтай на период до 2035 г.».
10. Постановление Правительства Новосибирской области от 27.12.2016 № 450-п (ред. от 15.08.2017) «Об утверждении прогноза социально-экономического развития Новосибирской области на 2016-2030 гг.».
11. Постановление Администрации Томской области от 26.09.2018 №379а «Об утверждении прогноза социально-экономического развития Томской области на 2019 г. и на плановый период 2020-2021 гг.».
12. Приложение к протоколу заседания Правительства Алтайского края от 22.10.2018 № ЗП-10 «Основные показатели прогноза социально-экономического развития Алтайского края на 2019 г. и плановый период 2020 и 2021 гг.».

13. Рыбкина И.Д. Оценка и прогноз водообеспеченности Омской области // Изв. РАН. Серия географ. – 2016. – № 1. – С. 115-122.
14. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» ФЗ № 261 от 23.11.2009 г.
15. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2002: стат. сб. / Госкомстат России. – М., 2002. – 863 с.
16. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2017: стат. сб. / Госкомстат России. – М., 2017. – 1402 с.
17. Предположительная численность населения Российской Федерации до 2030 г.: стат. бюлл. / Федеральная служба государственной статистики. – М., 2009. – 237 с.
18. ЕМИСС: Единая межведомственная информационно-статистическая система [Электронный ресурс]. – URL: <https://fedstat.ru/>.

References

1. Federalny zakon «O strategicheskom planirovanii v Rossyskoy Federatsii» FZ-172 ot 28 iyunya 2014 g.
2. Zakon Altayskogo kraya ot 21.11.2012 № 86-ZS «Ob utverzhdenii strategii sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Altayskogo kraya do 2025 g.».
3. Postanovleniye gubernatora Novosibirskoy oblasti ot 03.12.2007 № 474 «O Strategii sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Novosibirskoy oblasti na period do 2025 g.».
4. Zakon Kemerovskoy oblasti ot 11 iyulya 2008 g. № 74-OZ «Ob utverzhdenii Strategii sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Kemerovskoy oblasti do 2025 g. (s izmeneniyami na 21 marta 2018 g.)».
5. Postanovleniye Zakonodatelnoy Dumy Tomskoy oblasti ot 26.03.2015 № 2580 «Ob utverzhdenii Strategii sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Tomskoy oblasti do 2030 g.».
6. Postanovleniye Pravitelstva Respubliki Altay ot 13.03.2018 № 60 «O Strategii sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Respubliki Altay na period do 2035 g.».
7. Rasporyazheniye kollegii Administratsii Kemerovskoy oblasti ot 9 noyabrya 2015 g. № 616-r «Ob utverzhdenii prognoza sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Kemerovskoy oblasti na period do 2035 g.».
8. Postanovleniye Administratsii Tomskoy oblasti ot 24 marta 2017 g. № 98a «Ob utverzhdenii byudzhetnogo prognoza Tomskoy oblasti na period do 2030 g.».
9. Rasporyazheniye Pravitelstva Respubliki Altay ot 26 iyulya 2017 g. № 404-r «O prognoze sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Respubliki Altay na period do 2035 g.».
10. Postanovleniye Pravitelstva Novosibirskoy oblasti ot 27.12.2016 № 450-p (red. ot 15.08.2017) «Ob utverzhdenii prognoza sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Novosibirskoy oblasti na 2016-2030 gg.».
11. Postanovleniye Administratsii Tomskoy oblasti ot 26.09.2018 № 379a «Ob utverzhdenii prognoza sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Tomskoy oblasti na 2019 g. i na planovy period 2020-2021 gg.».
12. Prilozheniye k protokolu zasedaniya Pravitelstva Altayskogo kraya ot 22.10.2018 № ZP-10 «Osnovnye pokazateli prognoza sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Altayskogo kraya na 2019 g. i planovy period 2020 i 2021 gg.».
13. Rybkina I.D. Otsenka i prognoz vodoobespechennosti Omskoy oblasti // Izv. RAN. Seriya geograf. – 2016. – № 1. – S. 115-122.
14. Federalny zakon «Ob energosberezhenii i o povyshenii energeticheskoy effektivnosti» FZ № 261 ot 23.11.2009 g.
15. Regiony Rossii. Sotsialno-ekonomicheskiye pokazateli. 2002: stat. sb. / Goskomstat Rossii. – М., 2002. – 863 s.

16. Regiony Rossii. Sotsialno-ekonomicheskiye pokazateli. 2017: stat. sb. / Goskomstat Rossii. – M., 2017. – 1402 s.

17. Predpolozhitelnaya chislennost naseleniya Rossyskoy Federatsii do 2030 g.: stat. byull. / Federalnaya sluzhba gosudarstvennoy statistiki. – M., 2009. – 237 s.

18. EMISS: Yedinaya mezhvedomstvennaya informatsionno-statisticheskaya sistema [Elektronnyy resurs]. – URL: <https://fedstat.ru/>.

FORECAST OF MID- AND LONG-TERM TARGET

USE OF WATER RESOURCES IN THE UPPER OB REGIONS

I.D. Rybkina, N.Yu. Kurepina

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, E-mail: irina.rybkina@mail.ru

The analysis and forecast of target use of water resources, including the production, domestic and drinking water needs, as well as the irrigation and agricultural water supply for the period up to 2030-2035 are presented. The volume of water withdrawn and used during 2010-2017 is characterized. The analysis of strategic planning documents for Altai Krai, Novosibirsk, Kemerovo and Tomsk Oblasts, and Republic of Altai is performed. The long term volume of drinking water used was estimated taking into account the current characteristics of water use, specific indicators of water consumption and water supply capacity of economy, and the population and socio-economic forecast. The calculation results are mapped. Conclusions on the reliability of the results obtained and the possibility of their application in the development of documents for strategic planning of regions are made.

Key words: water resources, the Upper Ob, target water consumption, forecast, regional development.

Received March 1, 2019

Раздел 2

ГЕОЛОГИЯ

Section 2

GEOLOGY

551.442

СПЕЛЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ АЛТАЯ

В.К. Вистингаузен

Алтайское краевое отделение РГО, Барнаул, E-mail: wistingauzen@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы спелеологического районирования и предлагается новая схема спелеологических районов Алтая. Территория поделена на пять округов – Северо-Западный, Северо-Восточный, Центральный, Юго-Западный и Южный, которые представлены в свою очередь 15 районами: Алахинско-Караиртышско-Кобдосский, Ануйский, Аргутско-Катунский, Бийско-Антропско-Лебедской, Верхне-Катунский, Верхне-Чарышский, Катунско-Бийско-Ишинский, Катунско-Каменский, Песчанский, Прителецкий, Средне-Чарышский, Сумультинско-Кадринский, Убинско-Бухтарминский, Урскульско-Катунский, Чуйско-Инской.

Ключевые слова: Алтае-Саянская горная область, пещеры, спелеологическое районирование.

DOI: 10.24411/2410-1192-2019-15202

Дата поступления 26.11.2018

Известно несколько схем карстологического и спелеологического районирования Алтая. Первую схему предложил А.С. Крюков [1]. Он выделил девять районов развития карста: хребет Йолго; бассейн среднего течения р. Катунь и ее левых притоков; бассейн верхнего течения р. Песчаной; бассейн верхнего течения р. Ануй; бассейн среднего течения р. Чарыш; бассейн верхнего течения р. Чарыш; Сумультинский хребет; среднее и нижнее течение р. Чуи; нижнее течение р. Чулышман. Несмотря на определенную непоследовательность и аморфность эта схема оказала влияние на всех последующих исследователей (табл. 1).

А.Н. Тупотилова [2] опубликовала карту распространения карста, которая в целом соответствует карте А.С. Крюкова, отличаясь некоторыми дополнениями. Кроме детализации распространения карстующихся пород она вводит в научный оборот карстовый район Теректинского хребта, сообщает о развитии карста в бассейне р. Аргут. На карте

также показаны пещеры в низовьях р. Аккема (правый приток Катунь) и на северном берегу Телецкого озера. Хотя и А.С. Крюков и А.Н. Тупотилова писали о карсте, основную фактическую базу их схем составляли сведения о распространении пещер. Свою довольно абстрактную схему предложили Г.А. Максимович и В.А. Костырев [3], основываясь на литературных данных. Схема Н.А. Гвоздецкого и А.М. Маринина [4-5], использовала фактический материал, накопленный вторым из авторов. Позже она с небольшими дополнениями представлена в книге А.М. Маринина «Карст и пещеры Алтая» [6].

Впервые проблему спелеологического районирования Алтая затронул А.Г. Чикишев [7], но он ограничился выделением трех «провинций»: Западно-Алтайская, Восточно-Алтайская и Центрально-Алтайская. Более обстоятельно спелеологическое районирование Алтая проведено в работе Р.А. Цыкина, Ж.Л. Цыкиной и К.П. Черняевой «Пещеры Алтае-Саянской горной обла-

сти» [8]. Она основана на большом фактическом материале исследования пещер территории спелеологами в 1960-1970-е гг. Авторы опирались на принципы районирования карста, предложенные Г.А. Максимовичем [9] и Н.А. Гвоздецким [10], однако они не учли более позднюю публикацию Н.А. Гвоздецкого [11], в которой он несколько изменил свои взгляды и уточнил ранжирование таксонов. Хотя в названии работы рассматриваемая территория обозначена как Алтае-Саянская горная область, в тексте авторы неожиданно заявляют, что считают ее карстовой (спелеологической) провинцией (а Алтай – областью), что создает определенную путаницу.

Р.А. Цыкин с соавторами [8] выделили на Алтае семь районов: Средне-Чарышский, Ануйско-Песчанский, Усть-Канский, Яломано-Чуйский, Западно-

Катунский, Восточно-Катунский и Баратальский. Эта территория включает 39 участков с 217 пещерами и гротами. При этом учитывались только достаточно исследованные пещеры, с известными морфометрическими характеристиками. По определению авторов: «Карстово-спелеологический район – это относительно крупная площадь, обладающая определенным единством геологических, геоморфологических и физико-географических условий, в пределах которой есть массивы растворимых пород с пещерами и другими карстовыми формами. На площади района растворимые породы относятся к 2-3 подразделениям местной стратиграфической шкалы. Как правило, они обнажаются в пределах однотипных тектонических элементов – антиклинориев, синклинориев, крупных складок, поднятых или опущенных блоков» [8, с. 44].

Таблица 1

Карстово-спелеологические районы Алтая, выделенные различными авторами

А.С. Крюков, 1963	А.Н. Тупотилова, 1965*	Н.А. Гвоздецкий, А.М. Маринин, 1974, 1976; А.М. Маринин, 1990	Р.А. Цыкин, Ж.Л. Цыкина, К.П. Черняева, 1979
Хребет Йолго	хребет Йолго	Катунский район	Восточно-Катунский район
Бассейн среднего течения р. Катунь и ее левых притоков	Семинский хребет	Алтайский район (и западная часть Катунского района)	Западно-Катунский район
Бассейн верхнего течения р. Песчаной	бассейн среднего течения р. Песчаной	район верхнего и среднего течения р. Песчаной	Ануйско-Песчанский район
Бассейн верхнего течения р. Ануй	бассейн верхнего течения р. Ануй	Ануйский район	–
Бассейн среднего течения р. Чарыш	бассейн среднего течения р. Чарыш	Средне-Чарышский район	Средне-Чарышский район
Бассейн верхнего течения р. Чарыш	бассейн верхнего течения р. Чарыш)	Канско-Чарышский район	Усть-Канский район
Сумультинский хребет	Сумультинский, Кадринский, Айгулакский хребты	Кадринско-Баратальский район	–
Среднее и нижнее течение р. Чуи	нижнее течение р. Чуи	Чуйский район	Яломано-Чуйский район
–	Теректинский хр.	Теректинский район	–
Нижнее течение р. Чулышман	Прителецкий район – Чулышман, включая северный берег	Восточно-Алтайский район (низовья Чулышмана, берега Телецкого озера и бассейн р. Лебедь) частично включен в Чуйский район	–
–	Аргутско-Аккемский район	включен в Кадринско-Баратальский район	Баратальский район
–	–	Прииртышский район	–

Примечание: * – приведены автором настоящей статьи, поскольку у цитируемого автора в работе нет четких названий районов; «–» – не выделяется.

Это определение с достаточной полнотой характеризует совокупность признаков, по которым должны выделяться карстово-спелеологические районы. Позднее Р.А. Цыкин [12, с. 59-70] высказался за выделение внутри районов подрайонов, а внутри участков – урочищ.

Наиболее детально районирование карста Алтая разработано А.М. Марининым [6]. Алтай он рассматривает как область, внутри которой выделяет 11 районов: Катунский, Алтайский, Кадринско-Баратальский, Чуйский, Теректинский, Песчанский, Ануйский, Канско-Чарышский, Средне-Чарышский, Прииртышский и Восточно-Алтайский. Эта территория включает 79 участков. Большинство из них выделены по наличию в них пещер, но некоторые – только по локальным участкам растворимых пород. Как и в схеме Р.А. Цыкина с соавторами названия участков произведены от гидронимов, оронимов и ойконимов. Количество пещер по участкам не указывается. В «Каталог...» А.М. Маринин [13] включил 124 пещеры длиной более 20 м. Если из каталога Р.А. Цыкина с соавторами [8, прил. 1, с. 144-

153] исключить объекты менее 20 м, то в нем останется 131 пещера. Таким образом, количество учтенных полостей примерно одинаково. Р.А. Цыкин с соавторами не принимают во внимание слабоизученные районы (в схеме А.М. Маринина – Кадринско-Баратальский, Прииртышский и Восточно-Алтайский), а некоторые районы объединяют (Ануйский – с Песчанским, а Теректинский – с Чуйским). В остальных схемы практически совпадают между собой. Близки они и схемам как А.С. Крюкова, так и А.Н. Тупотиловой, которая хотя формально и не выделяла районы, но на ее карте они фактически представлены.

В основу спелеологического районирования Алтая, представленного в настоящей статье, взята схема Н.А. Гвоздецкого [2]. Это провинция Алтае-Саянской горной (и карстовой) области. Последующими таксонами, как и в схеме А.Н. Гвоздецкого, являются: округ, район, подрайон, участок. Так Алтайская провинция поделена на пять округов: Северо-Западный, Северо-Восточный, Центральный, Юго-Западный и Южный (табл. 2, рис.).

Таблица 2

Спелеологические округа и районы Алтая

Округ	Район	Названия соответствующих районов у других авторов (см. табл. 1)
Юго-Западный	Убинско-Бухтарминский	Прииртышский
Северо-Западный	Средне-Чарышский	Средне-Чарышский
	Верхнее-Чарышский	Канский, Канско-Чарышский
	Ануйский	Ануйский
Северо-Восточный	Песчанский	Песчанский
	Катунско-Каменский	Западно-Катунский, Алтайский
	Катунско-Бийско-Ишинский	Йолго, Восточно-Катунский, Катунский
	Бийско-Антропско-Лебедской	Фрагментами включался в Катунский и Восточно-Алтайский
	Прителецкий	Восточно-Алтайский
Центральный	Сумультинско-Кадринский	Сумультинский, Кадринско-Баратальский
	Урскульско-Катунский	Теректинский
	Чуйско-Инской	Чуйский
	Аргутско-Катунский	—
	Верхне-Катунский	—
Южный	Алахинско-Караиртышско-Кобдосский	—

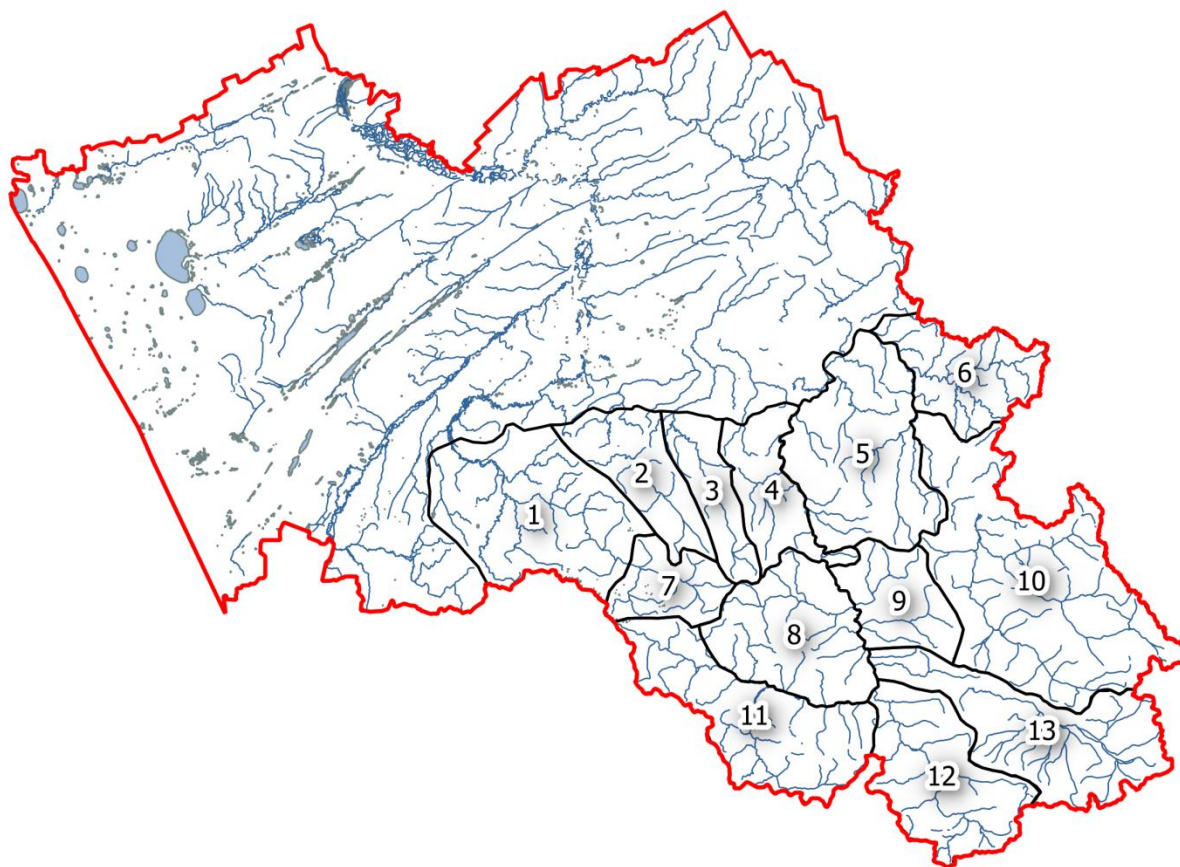


Рис. Спелеологические районы Алтая:

1 – Средне-Чарышский; 2 – Ануйский; 3 – Песчанский; 4 – Катунско-Каменский;
5 – Катунско-Бийско-Ишинский; 6 – Бийско-Антропско-Лебедской; 7 – Верхнее-Чарышский;
8 – Урскульско-Катунский; 9 – Сумультинско-Кадринский; 10 – Прителецкий; 11 – Верхнее-Катунский;
12 – Аргутско-Катунский; 13 – Чуйско-Инской.

Спелеологические округа Алтая

Северо-Западный округ. В него входят бассейны рек Чарыш, Ануй и Песчаная. Здесь характерны карстующиеся породы преимущественно силура и отчасти ордовика и девона, приуроченные к синклинориям. Рельеф – среднегорный и низкогорный, преобладают степные и лесостепные ландшафты. Климат – относительно сухой.

Северо-Восточный округ. Это бассейны рек Бия, Нижняя и Средняя Катунь, а также Сараса. Для округа характерны карстующиеся породы преимущественно протерозоя и кембрия, приуроченные к антиклинориям. Рельеф – среднегорный и низкогорный, преобладают лесные ландшафты. Климат – более влажный.

Центральный округ занимает преимущественно бассейн Верхней Катуни. Для него характерны меньшие и более разреженные, чем в двух предыдущих округах площади карстующихся пород, относящихся к различным подразделениям стратиграфической шкалы и приуроченных к различным тектоническим структурам. Рельеф округа – высокогорный и среднегорный со значительной расчлененностью рельефа. Ландшафты: лесные (тайга), высокогорная тундра и степи. Значительной пестротой отличаются и климатические особенности.

Юго-Западный округ – казахская часть Алтая в бассейне Верхнего Иртыша, где карстующиеся породы представлены, в основном, известняками каменноугольного периода (карбона).

Южный округ – горы Монгольского Алтая в бассейне Кобдо и бессточных озер, а также в истоках Черного Иртыша. С другой стороны, возможно объединение двух последних округов в один, поскольку данные территории недостаточно изучены для решения этого вопроса.

Примерную границу между Северо-Западным и Северо-Восточным округом можно провести по Чергинскому хребту, а в тектоническом отношении – по Алтайскому разлому. Границу между ними и Центральным округом провести сложнее, т.к. тектонические, геологические и геоморфологические границы не вполне совпадают, что является, впрочем, распространенным явлением, затрудняющим спелеологическое районирование.

Самое интересное, что различие видно и в морфологических характеристиках пещер округов, правда, на основе лишь эмпирических данных. При этом необходимо заметить, что А.Г. Чикишев [13] тоже предлагал примерно соответствующее трехчленное деление российской части Алтая в спелеологическом отношении.

Спелеологические районы Алтая

При выделении спелеологических районов Алтая опирались на определение карстово-спелеологического района, данным Р.А. Цыкиным с соавторами [8], а также на принципиальные схемы районирования Н.А. Гвоздецкого [10-11] и Р.А. Цыкина [12]. Использован также опыт составления схем районирования предыдущими исследователями: А.С. Крюкова [1], А.Н. Тупотиловой [2], Н.А. Гвоздецкого, А.М. Маринина [4-6]. Поскольку карстовые районы Алтая традиционно привязывались к гидрографической сети, эта традиция сохранена, и гидронимы определили названия районов. Все районы в значительной степени соответствуют тем, что выделены другими авторами (см. табл. 2). Вопрос о разделении районов на

подрайоны и участки будет рассмотрен в дальнейшем.

Убинско-Бухтарминский район. Выделяя Прииртышский район, А.М. Маринин пишет только об известняках карбона. Но вероятно, карст развит также в породах силура и девона. В спелеологическом отношении Прииртышский район А.М. Маринина практически не исследован, границы его не ясны. Вполне возможно, что в данном случае следует говорить об округе, включающем несколько районов. Пока все сообщения (А.М. Маринин и ряд более ранних) о пещерах относятся к бассейну правых притоков Иртыша, в основном Бухтармы, Ульбы и, возможно, Убы и Курчума. Он выделен в качестве спелеологического района Юго-Западного спелеологического округа. Территория имеет преимущественно среднегорный рельеф. Преобладает лесная растительность. Территориально относится к Восточно-Казахской области Казахстана. В транспортном отношении район относительно доступен. Есть сведения о нескольких пещерах длиной до 40 м.

Средне-Чарышский район. В спелеологическом отношении это наиболее изученный карстовый район Алтая, хотя и в нем имеются неизученные участки. Он выделяется всеми исследователями и имеет довольно четкие границы. В тектоническом отношении район соответствует Чагырскому или Чарышскому синклинию. Растворимые породы распространены в бассейне левых (преимущественно) притоков р. Чарыш – Локтевки, Белой, Ини, Тулаты и Коргона. Площадь их – около 650 км². В административном отношении это Змеиногорский, Курьинский, Краснощековский, Чарышский и Шипуновский районы Алтайского края. Карстуются, преимущественно, известняки техтенской свиты ордовика и чагырской свиты силура. Их линзы и прослои имеются также в составе других свит ордовика и силура, а также девона. Незначительную площадь занимают известняки бухтар-

минской свиты каменноугольного периода. Они часто мраморизованы. Наиболее высокие вершины района, имеющие абсолютные высоты 1200-2200 м, сложены интрузивными породами. Территория, сложенная известняками, имеет высоты 300-1000 м. Только в Коргонском участке известняки выходят на больших высотах, вплоть до 2000 м. Основная часть территории распространения известняков имеет лесостепную растительность, пологие очертания рельефа с глубиной расчленения 150-500 м. В транспортном отношении район относительно доступен, хотя хороших дорог и постоянного автобусного сообщения нет. Расстояние от районных центров до главных пещерных участков – 30-90 км. На территории учтено более 100 пещер протяженностью до 400 и глубиной до 130 м и значительное число других карстовых проявлений, часть из которых заслуживает специального обследования. В районе также известно несколько десятков заброшенных горных выработок XVIII-XX вв. Старые горные выработки есть и в бассейне Верхнего Алея. В настоящее время для этой территории известны и отдельные проявления карста, но изученных пещер пока нет.

Верхнее-Чарышский район находится на стыке Коргонского синклинория и юго-западной части Ануйско-Чуйского синклинория. Карстующимися породами являются известняки силура, ордовика и, возможно, девона. Их площадь около 200 км². Полоса силурийских отложений идет по левому берегу Чарыша примерно от устья его притока Кумы до Усть-Кана, где веером расходится по рекам Кан, Кырлык и Чарыш. Эти же отложения присутствуют и в бассейне р. Ябоган. На севере района полоса известняков уходит из верховий р. Кан в бассейн Ануга, и граница района проводится там достаточно условно – по водоразделу. Для района характерен среднегорный эрозионно-аккумулятивный рельеф с абсолютными высотами 800-

1400 м при глубине расчленения до 400 м. Обычны изолированные возвышенности и вершины, часто сложенные известняками с котловинами между ними. Котловины частично заболочены. Имеются факты, свидетельствующие в пользу того, что во время последнего оледенения днища котловин были заняты водоемами. Преобладает лесостепная растительность с отдельными участками тайги. Территория района составляет юго-западную часть Усть-Канского района Республики Алтай. В транспортном отношении район легкодоступен. Спелеологически район изучен недостаточно. Известно около 20 пещер, часть которых в той или иной степени исследовалась. Протяженность пещер – до 60 м, глубина – до 15 м.

Ануйский район относится к северо-западной части Ануйско-Чуйского синклинория, занимает Ануйский хребет и восточную часть Бацелакского хребта. Карстующимися породами являются известняки верхнего и нижнего силура, а также девона. Площадь карстующихся пород около 400 км². Рельеф основной части среднегорный (высоты до 1800 м), на севере района – низкогорный. Наибольшая расчлененность рельефа (до 500-700 м) наблюдается вблизи речных долин. В глубине междуречных пространств расчлененность слабая, с плосковершинным характером водоразделов. Растительность представляет чередование лесостепных, лесных (в южной части) и степных (на севере) участков. Район находится на территории северо-западной части Усть-Канского района Республики Алтай, большей части Солонешенского и частично Петропавловского и Смоленского районов Алтайского края. В транспортном отношении район сравнительно доступен, особенно в северной части. Район изучается давно, тем не менее, здесь остается много нерешенных спелеологических вопросов. Известно около 60 пещер, гротов и карстовых колодцев и шахт, частично исследованных. Протя-

женность отдельных пещер достигает 100-1000 м, глубина – до 60 м. Восточная граница района недостаточно четкая, т.к. водораздел рек Ануй и Песчаная частично сложен растворимыми породами. Р.А. Цыкин с соавторами [11] даже объединяли бассейны Ануй и Песчаной в один район.

Песчанский район занимает северо-восточную часть Ануйско-Чуйского синклинория. Здесь карстуются известняки нижнего и верхнего силура, а также девона. Площадь известняков – свыше 300 км². Рельеф – среднегорный. Высшие точки (до 1800 м) сложены интрузивными породами. Преобладает лесная растительность с участками лугов и лесостепи. Район располагается на территории северо-восточной части Усть-Канского и северо-западной части Шебалинского районов Республики Алтай, северо-восточной части Солонешенского, западной части Алтайского и южной части Смоленского районов Алтайского края. Транспортная сеть развита недостаточно, особенно в северо-западной части района. В спелеологическом отношении район изучен плохо. Известно около 10 пещер протяженностью до 140 и глубиной до 30 м. Следует отметить, что разделение Ануйского и Песчанского районов нельзя считать окончательным. Р.А. Цыкин с соавторами [8] их объединяли. Граница между районами недостаточно ясна, сходны их геологические структуры и ландшафтные характеристики. В Песчанском районе преобладают отложения девона, в Ануйском – силура. Районы заметно отличаются по морфологии и густоте пещер, но следует учитывать, что Песчанский район довольно слабо изучен.

Катунско-Каменский район занимает западную часть Катунского антиклинория: преимущественно Семинский хребет и восточный склон Чергинского хребта. Восточная граница района проведена по р. Катунь, до Ороктоя – на юге. Южнее в этот район включен и

участок восточного берега Катунь, сложенного карстующимися породами. Карст развит преимущественно в породах баратальской серии, а также в известняках и мраморах нижнего и среднего кембрия. Встречается он и в девонских известняках. Общая площадь пород только баратальской серии составляет не менее 1000 км². Поскольку серия имеет двучленное строение (верхняя ее часть – известняково-доломитовая, а нижняя – терригенно-карбонатная), площадь растворимых пород, вероятно, меньше. Рельеф района изменяется от низкогорного на севере, до среднегорного – на юге. Преобладает лесная растительность. Район занимает большую часть территории Алтайского района Алтайского края, а также Шебалинского и частично Чемальского и Онгудайского районов Республики Алтай. Транспортная сеть района развита неравномерно. По его оси проходят Чуйский тракт, а также часть его старой трассы. В спелеологическом отношении достаточно хорошо изученной является северо-восточная часть района, западная и южная – гораздо слабее. В районе известно около 80 пещер, в т.ч. наиболее крупные пещеры Алтая протяженностью свыше 4 км и глубиной до 350 м.

Катунско-Бийско-Ишинский район занимает восточную часть Катунского антиклинория. Здесь карстуются преимущественно известняки и мраморы баратальской серии, а также нижнего кембрия и, возможно, девона. Площадь пород баратальской серии составляет более 2300 км², около половины ее приходится на южную часть района (южнее 52 параллели), где преобладает карбонатная составляющая. В северной части, по отдельным наблюдениям, существенную роль начинает играть терригенная составляющая. В кембрийских отложениях также имеются полосы и пятна известняков площадью не менее 100 км². Большую часть района занимает хребет Йолго, фактически представляющий целую систему хребтов.

Наибольшие высоты в юго-восточной части – до 2500 м, на большинстве территории – 1000-2000 м. На севере и северо-востоке района рельеф низкогорный. Преобладает лесная, в основном таежная, растительность. В район входят территории административных районов Республики Алтай – Чемальского, Майминского, Чойского, Турочакского (северная часть), а также частично Красногорского района Алтайского края. Большая часть района труднодоступна. Транспортная сеть развита только в северо-западной части района и в долине Катунь. Более или менее исследована только северо-западная часть, но и здесь много нерешенных спелеологических проблем. В районе известно около 70 пещер и гротов. Крупнейшие пещеры достигают 600-1400 м по протяженности и 70-200 м – по глубине.

Бийско-Антропско-Лебедской район в геолого-тектоническом отношении соответствует Бийскому горсту и Лебедскому синклинию. Располагается в северной части Турочакского района Республики Алтай, на севере уходит в Кемеровскую область. Занимает бассейн рек Ульмень (правый приток Бии), верхнее течение Антропа, бассейн Си (приток р. Лебедь) и частично р. Лебедь, а также часть бассейна р. Мунжа. Карстующимися породами являются известняки баратальской серии и нижнего кембрия; их площадь составляет около 1000 км². Рельеф района – среднегорный, растительность – лесная. За исключением долины Бии район труднодоступен и практически не изучен. Есть сведения о пещерах, но ни одна из них не исследовалась.

Прителецкий район в тектоническом отношении соответствует Телецкому горсту. В районе закарстованы известняки, мраморы и известковистые сланцы кембрия, силура, а также, возможно, ордовика. Они перемежаются с другими породами, и их общую площадь подсчитать трудно. Рельеф среднегорный, с перепадами высот до 800 м.

Растительность района таежная. Территориально относится к Турочакскому и Улаганскому районам Республики Алтай. В транспортном отношении район труднодоступен. Спелеологами район стал изучаться только недавно (массив г. Кокуя), но большая его часть практически не изучена. На Кокуе исследовано несколько пещер протяженностью до 900 м и глубиной до 180 м. Для остальной части района есть только сведения о пещерах до 20 м. В данный район мы включаем бассейн рек Чулышмана и Башкауса, для которого есть отдельные сведения о не исследованных пещерах.

Сумультинско-Кадринский район занимает верхнюю и среднюю часть бассейнов рек Сумульта, Кадрин и Айлагуш. Тектонически соответствует северной части Баратальского горста. Растворимые породы представлены в основном известняками и мраморами баратальской серии, полоса которых идет от истоков рек Малая Сумульта и Камга (правый приток Большой Сумульты) до озерного бассейна на водоразделе Башкауса и Чуи. Ее площадь – около 700 км². Небольшие площади занимают известняки девона (к востоку от полосы баратальских отложений) и силура (к западу от нее). Их суммарная площадь около 100 км². Рельеф – среднегорный с участками высокогорного (высоты до 2800 м). Растительность – лесная, выше границы леса – субальпийские луга, участки горной тундры. В административном отношении относится к Онгудайскому району Республики Алтай. Район исключительно труднодоступен, передвижение в большинстве случаев возможно только по отдельным конным тропам. Район изучен слабо. Крупнейшая пещера – Айлагушская, имеющая протяженность 440 м, находится на периферии и заложена в силурийских известняках. В центральной части района, сложенной породами баратальской серии, известно несколько пещер протяженностью до 60 и глубиной – до 30 м. Следует отметить, что баратальская се-

рия неоднородна. В ней местами имеются значительные толщи слабо карстующихся доломитов и прослои кварцитов.

Урсульско-Катунский район занимает северный макросклон и водораздельную часть Теректинского хребта и его юго-восточную оконечность, являясь южной частью Ануйско-Чуйского синклинория. Карстуются известняки силура и ордовика, занимающие площадь около 300 км². Рельеф – от среднегорного до высокогорного с высотами до 3000 м. Преобладает лесная растительность, выше границы леса – субальпийские луга и высокогорная тундра. Территория входит в основном в Онгудайский, частично – в Усть-Коксинский районы Республики Алтай. Большая часть района относительно труднодоступна. В районе исследовано около 20 пещер протяженностью до 100 м и глубиной до 45 м.

Чуйско-Инской район включает долины рек Чуя и Иня (приток Катуня), и нижнюю часть ряда притоков Чуи, на стыке Онгудайского, Улаганского и Кош-Агачского районов Республики Алтай. Занимает юго-восточную часть Ануйско-Чуйского синклинория и южную часть Баратальского горста. Карстующимися породами на западе района являются известняки и мраморы силура и ордовика. Восточнее к ним присоединяются известняки и мраморы баратальской серии. Известняки входят также в состав некоторых свит кембрия и девона. Общая площадь карбонатных пород – 400-500 км², при этом породы баратальской серии занимают более половины этой площади. Рельеф среднегорный, с относительно слабым расчленением. Растительность лесная, луговая и степная. Основная часть района достаточно легкодоступна, т.к. он расположен вдоль Чуйского тракта. Изучалась преимущественно центральная часть района (силурийские известняки в окрестностях Белого Борма, площадь – не более 15 км²) – 7 пещер протяженно-

стью 50-500 м и амплитудой – до 40 м. Несколько пещер известно и в отложениях баратальской серии.

Аргутско-Катунский район занимает бассейны правых (Карагем, Юнгур, Шавла) и левых (примерно от р. Иедыгем и ниже) притоков Аргута, бассейн р. Эбелю и низовья р. Ак-Кем (правые притоки Катуня). Основная часть относится к юго-восточной оконечности Ануйско-Чуйского синклинория. Растворимыми породами являются известняки ордовика, силура, а также, возможно, девона и верхнего протерозоя. Подсчет их площади затруднен из-за расхождения разных изданий карт. Цифры колеблются от 150 до 300 км². В районе преобладает высокогорный рельеф с высотами до 3500 м. Есть ледники. Растительность представлена тайгой, альпийскими и субальпийскими лугами, высокогорной тундрой. Территория относится к Усть-Коксинскому и Кош-Агачскому районам Республики Алтай. Район исключительно труднодоступен, на отдельные участки исследователи могут попасть, имея альпинистскую подготовку. В спелеологическом отношении район практически не изучен. Есть отдельные сведения о пещерах.

Верхне-Катунский район занимает бассейн «петли» Катуня в ее верхнем течении, а также ее левых притоков, включая р. Коксу. В тектоническом отношении относится к Холзунскому синклинорию. Сведения о наличии растворимых пород скудны и противоречивы. На различных геологических картах нанесены породы различного возраста – силура, ордовика, девона и кембрия. Располагается на территории Усть-Коксинского района Республики Алтай. Рельеф – высокогорный, с вершинами до 4500 м. Много ледников. Растительность – тайга в долинах, субальпийские, альпийские луга, высокогорная тундра. Район исключительно труднодоступен. В спелеологическом отношении не изучался, но отдельные сведения о пещерах есть.

Алахинско-Караиртышско-Кобдосский район. К нему относятся верховья рек Ак-Алаха и Кара-Алаха (Кош-Агачский района Республики Алтай), бассейн р. Кобдо (Монголия) и Алтай в истоках р. Черный Иртыш (Китай). Рельеф – высокогорный с высотами до 4400 м, много ледников. Растительность степная и пустынная, встре-

чаются небольшие участки лесов. Сведений о карстующихся породах нет. На границе России и Монголии на некоторых геологических картах показано пятно силурийских отложений. Для территорий Китая и Монголии есть некоторые сведения о наличии пещер и их изучении.

Список литературы

1. Крюков А.С. Географическое распространение и особенности проявления карстовых процессов в Горном Алтае // Изв. Алт. отдела Географ. общ-ва СССР. – Вып. 3. – Барнаул, 1963. – С. 41-47.
2. Тупотилова А.Н. Некоторые данные о распространении и морфологии карста в Горном Алтае // Изв. Алт. отдела Географ. общ-ва СССР. – Вып. 6. – Барнаул, 1965. – С. 29-36.
3. Максимович Г.А., Костарев В.П. Карст Алтая // Гидрогеология и карстование. Вып. 4. – Пермь, 1971. – С. 60-74.
4. Гвоздецкий Н.А., Маринин А.М. Карстовые районы и типы карста Алтая // Геоморфология. – 1974. – № 4. – С. 74-82.
5. Гвоздецкий Н.А., Маринин А.М. Карст Алтая // Землеведение. Нов. Серия. – М., 1976. – № 5. – С. 163-180.
6. Маринин А.М. Карст и пещеры Алтая. – Новосибирск, 1990. – 148 с.
7. Чикишев А.Г. Пещеры на территории СССР. – М., 1973. – 137 с.
8. Цыкин Р.А., Цыкина Ж.Л., Черняева К.П. Пещеры Алтае-Саянской горной области. – Красноярск, 1979. – 162 с. – Деп. ВИНТИ. №1875-79.
9. Максимович Г.А. Распространение и районирование карста СССР // Гидрогеология и карстование. Вып. 1. – Пермь, 1962.
10. Гвоздецкий Н.А. Вопросы типологии и классификации карста СССР // Типы карста в СССР // Тр. Моск. об-ва исп. природы – Вып. 15. – М., 1965. – С. 5-11.
11. Гвоздецкий Н.А. Проблемы изучения карста и практика. – М., 1972. – 392 с.
12. Цыкин Р.А. Пещеры Алтае-Саянской горной области // Пещеры. Вып. 23-24. – Пермь, 1993. – С. 59-70.
13. Маринин А.М. Каталог карстовых пещер Алтая // Материалы по географии Алтайского края. – Барнаул, 1975. – С. 24-36.

References

1. Kryukov A.S. Geograficheskoye rasprostraneniye i osobennosti proyavleniya karstovykh protsessov v Gornom Altaye // Izv. Alt. otdela Geograf. obshch-va SSSR. – Vyp. 3. – Barnaul, 1963. – S. 41-47.
2. Tupotilova A.N. Nekotorye dannye o rasprostraneni i morfologii karsta v Gornom Altaye // Izv. Alt. otdela Geograf. obshch-va SSSR. – Vyp. 6. – Barnaul, 1965. – S. 29-36.
3. Maksimovich G.A., Kostarev V.P. Karst Altaya // Gidrogeologiya i karstovedeniye. Vyp. 4. – Perm, 1971. – S. 60-74.
4. Gvozdetsky N.A., Marinin A.M. Karstovye rayony i tipy karsta Altaya // Geomorfologiya. – 1974. – № 4. – S. 74-82.
5. Gvozdetsky N.A., Marinin A.M. Karst Altaya // Zemlevedeniye. Nov. Seriya. – M., 1976. – № 5. – S. 163-180.
6. Marinin A.M. Karst i peshchery Altaya. – Novosibirsk, 1990. – 148 s.
7. Chikishev A.G. Peshchery na territorii SSSR. – M., 1973. – 137 s.

8. Tsykin R.A., Tsykina Zh.L., Chernyaeva K.P. Peshchery Altaye-Sayanskoy gornoy oblasti. – Krasnoyarsk, 1979. – 162 s. – Dep. VINITI. №1875-79.
9. Maksimovich G.A. Rasprostraneniye i rayonirovaniye karsta SSSR // Gidrogeologiya i karstovedeniye. Vyp. 1. – Perm, 1962.
10. Gvozdetsky N.A. Voprosy tipologii i klassifikatsii karsta SSSR // Tipy karsta v SSSR // Tr. Mosk. ob-va isp. prirody – Vyp. 15. – M., 1965. – S. 5-11.
11. Gvozdetsky N.A. Problemy izucheniya karsta i praktika. – M., 1972. – 392 s.
12. Tsykin R.A. Peshchery Altaye-Sayanskoy gornoy oblasti // Peshchery. Vyp. 23-24. – Perm, 1993. – S. 59-70.
13. Marinin A.M. Katalog karstovykh peshcher Altaya // Materialy po geografii Altayskogo kraya. – Barnaul, 1975. – S. 24-36.

SPELEOLOGICAL ZONING OF ALTAI

V.K. Wistingauzen

Altai Regional Branch of RGO, Barnaul, E-mail: wistingauzen@mail.ru

In the paper, the speleological zoning issues are considered, and a new scheme of speleological sites of Altai is proposed. The territory is divided into five areas, i.e. Northwest, Northeast, Central, Southwest and South represented by 15 regions: Alakhin-Karairtysh-Kobdossky, Anuysky, Argutsk-Katunsky, Biysk-Antrop'sk-Lebed'skoy, Verkhne-Katunsky, Verkhne-Charyshsky, Katun-Biysk-Ishinsky, Katun-Kamensky, Peschansky, Teletsky, Mid-Charyshsky, Sumul'tinsk-Kadrinsky, Ubinsk-Bukhtarminsky, Ursul'sk-Katunsky, Chuya-Inskoy.

Key words: Altai-Sayan mountain country, caves, speleological zoning.

Received November 26, 2018

УДК 553.3/.4.078:553.2:551.73

ПЕТРОЛОГИЯ И ОРУДЕНЕНИЕ УЛЬТРАКИСЛЫХ ГРАНИТОИДОВ НОЧНОГО МАССИВА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

Е.М. Табакаева, А.И. Гусев

Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукина, Бийск
E-mail: tabakaeva16@mail.ru, anzerg@mail.ru

Приведены данные о составе ультракислых гранитоидов Ночного массива и связанном с ним оруденении. Рассмотрены петрографические и геохимические особенности гранитоидов. Проведена классификация гранитоидов с выделением двуслюдяных лейкогранит-порфиров и гастингситовых аляскитов. Определены некоторые параметры петрогенезиса. Выявлено мантийно-коровое взаимодействие в генерации породных типов и особенности высокого фракционирования полевых шпатов. Установлено проявление тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ М- и W-типов. Констатировано присутствие сложных магматогенных флюидов с обилием летучих компонентов: F, H₂O, CO₂ и S₂ или H₂S. Со становлением ультракислых гранитоидов связано формирование субвулканического золото-серебряного и гидротермального редкометалльного и редкоземельного оруденения.

Ключевые слова: двуслюдяные лейкограниты, гастингситовые аляскиты, петрогенезис, мантийно-коровое взаимодействие, оруденение, Au, Ag, Zr, Nb, Ta.

DOI: 10.24411/2410-1192-2019-15203

Дата поступления 19.12.2018

Ультракислые гранитоиды относятся к семейству кислых пород с содержаниями SiO₂, превышающими 73 % [1]. Чаще всего формирование ультракислых гранитоидов происходит в результате крайней степени фракционирования альбита или калиевого полевого шпата в расплаве с образованием высоко фракционированных гранитов [2]. Формирование ультракислых гранитоидов идет параллельно с развитием рудогенерирующей специализации гранитных массивов [3]. Это положение нередко является важнейшим и определяет рудогенерирующий потенциал гранитных массивов. В Горном Алтае имеется гранитоидный массив, в котором зафиксированы ультракислые гранитоиды – лейкограниты. Актуальность исследования заключается в определении рудогенерирующего потенциала Ночного массива.

Целью исследования было определение перспектив Ночного массива на эндогенное оруденение на основе ис-

пользования современных лабораторных данных, а также геохимических и петрогенетических критериев.

Результаты исследований

Ночной массив (луп D₁₋₂) располагается на границе Казахстана и Республики Алтай. Он представляет собой субвулканическое тело коргонского комплекса и занимает площадь более 20 км². Массив имеет овальную вытянутую в север-северо-западном направлении форму с сильно изрезанным и осложненным многочисленными апофизами юго-восточным контактом. Центральная часть массива раскристаллизована до порфировидных и неравномернозернистых среднезернистых лейкогранитов, а эндоконтактные зоны сложены преимущественно порфировыми гранитоидами, варьирующими до гранит-порфиров и лейкоплагиогранит-порфиров. Гранитоиды массива прорваны дайками высокотитанистых метадолеритов урскульского комплекса мощностью до 1,5-

2 м. В зонах дробления развиты кварц-карбонатные и карбонат-альбитовые метасоматиты, структурно соответствующие бластокатаклазитам. Мощная зона указанных метасоматитов (от 10 до 25 м) выявлена в восточной части массива, приуроченной к области разлома субмеридиональной ориентировки.

Основная средняя часть Ночного массива сложена порфировидными и неравномернозернистыми мусковит-биотитовыми лейкогранитами и субщелочными лейкогранитами с характерными округлыми фенокристаллами кварца, макроскопически сходными с развитыми в гранит-порфирах и порфировых риолитах краевых частей массива.

Преобладающие лейкогранит-порфиры сложены альбитом, олигоклазом (55-65 %), кварцем (30-44 %), иногда присутствует биотит, мусковит и наложенный слабо-решетчатый микроклин (до 6 %). Во вкрапленниках калиевый полевой шпат преобладает над кварцем. Акцессорные минералы представлены сфеном, апатитом, магнетитом, цирконом, редко – монацитом, ильменитом, турмалином.

Лейкогранит-порфиры характеризуются нормальной щелочностью при незначительном преобладании калия над натрием (Na_2O – 3,56 %, K_2O – 3,99 % при SiO_2 – 77,16 %), высокой глиноземистостью (индекс Шенда – 1,15), повышенной апгаитностью (K_a – 0,83) и железистостью ($K_{ж}$ – 0,76) при относительно низкой окисленности (K_o – 0,22) и очень низкой известковистости ($K_{и}$ – 0,02). Субщелочные лейкограниты имеют более высокую щелочность (Na_2O – 3,54-4,5 %, K_2O – 3,69-5,62 % при SiO_2 – 76,01-77,19 %), более низкую глиноземистость (индекс Шенда – 1,0) и высокую апгаитность (K_a – 0,94), что более сближает данные гранитоиды с анорогенными гранитами гранит-граносиенитовой формации. В то же время в краевой части массива, по данным А.К. Захарова, фиксируется развитие ультракислых гранит-порфиров пла-

гиогранитного состава (Na_2O – 5,50 %, K_2O – 2,0 % при SiO_2 – 78,26 %).

В восточной краевой части массива обнаружены аляскиты, в которых изредка встречаются мелкие выделения гастингсита (0,3-0,5 мм). Такие аляскиты содержат: кварц – 40-44 %, микроклин – 60-62, альбит – 5-7, гастингсит – 0,3-2 %. Аляскиты характеризуются повышенной щелочностью, в них сумма щелочей составляет 10,12-10,25 %, и калий преобладает над натрием. Из акцессориев в них присутствуют: циркон, апатит, монацит, ильменит. Наличие последнего свидетельствует о принадлежности аляскитов к ильменитовой серии гранитоидов по [2, 4]. К аляскитам эти породы относятся и по сумме признаков (сумме щелочей, содержанию SiO_2 , а также минеральному составу) согласно петрографическому кодексу России [1].

По распределению редких элементов, низким содержаниям Ba (178 г/т), Sr (21 г/т), Rb (106 г/т), повышенным содержаниям Nb (23 г/т) и Y (66 г/т) и высокому рубидий-стронциевому отношению (5,05) гранитоиды Ночного массива более идентифицируются с анорогенными гранитами А-типа. Химический состав пород массива представлен в таблице 1.

Породы Ночного штока характеризуются повышенными суммарными концентрациями РЗЭ – от 114,7 до 266,66 г/т. В них нормированные отношения $(\text{La/Yb})_N$ к хондриту колеблются от 1,1 до 7,7, указывая на различную степень фракционирования легких относительно тяжелых РЗЭ. Отношение Eu/Eu^* , как правило, ниже такового в хондрите, за исключением пробы № 2, в которой очень высокая позитивная аномалия европия. В породах проявлен тетрадный эффект фракционирования РЗЭ М-типа (границное значение выше 1,1) и W-типа (границное значение менее 0,9), что свидетельствует о сложных магматогенных флюидах (F , H_2O , CO_2 , HS^-), которые могли способствовать формированию различных типов оруденения.

Таблица 1

Представительные анализы гранитоидов Ночного массива

Оксиды и элементы**	Номера проб								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	77,16	76,01	77,19	76,89	75,22	75,26	75,74	76,53	76,67
TiO ₂	0,13	0,15	0,23	0,21	0,13	0,23	0,06	0,15	0,13
Al ₂ O ₃	12,70	12,71	12,78	12,7	13,49	12,78	13,23	12,71	12,70
Fe ₂ O ₃	0,78	0,81	0,95	0,9	0,83	0,95	0,58	0,81	0,78
FeO	1,12	1,20	1,18	1,15	1,05	1,18	0,90	1,20	1,12
MnO	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03
MgO	0,21	0,23	0,26	0,25	0,25	0,26	0,10	0,23	0,21
CaO	0,64	0,63	1,04	1,01	0,42	1,04	0,46	0,63	0,64
Na ₂ O	3,56	3,54	4,5	4,55	3,35	3,2	3,69	3,43	3,44
K ₂ O	3,99	3,69	5,62	5,7	3,88	4,51	4,32	3,81	3,75
P ₂ O ₅	0,08	0,08	0,06	0,05	0,03	0,034	0,03	0,03	0,03
Ga	15	4,5	13,6	13,3	15,9	13,7	13,2	13,3	14,1
Rb	123	93	103	102	128	163	192	103	105
Sr	17	35	12	15	59	109	36	48	50
Y	59	61	78	81	38	35	47	29	44
Zr	86	82	103	102	225	149	90	127	125
Nb	26	21	22	22,7	24,3	21,5	25,5	21,7	31,6
Mo	1,6	1,4	1,3	1,4	3,0	5,1	1,5	3,5	3,7
Sn	2,4	4,9	2,3	2,3	1,93	1,7	4,8	3,4	3,3
Cs	0,9	0,7	1,6	1,6	1,2	0,81	2,1	0,48	0,5
Ba	182	196	156	156	572	618	180	444	445
La	22	2,8	23	23,4	33	5,4	7,5	19,1	20,1
Ce	48,1	22	64	64,2	72	16	18,8	43	44
Pr	1,2	1,1	7,5	7,8	8,8	2,1	2,7	5,2	5,1
Nd	24	5,2	30	31	30	8,6	11,1	19,5	19,4
Sm	2,5	2,4	8,3	8,5	5,8	5,0	3,7	4,2	4,3
Eu	0,3	2,1	0,6	0,6	0,7	0,3	0,28	0,62	0,61
Gd	4,8	0,3	9,8	9,9	5,2	5,7	5,3	4,3	4,2
Tb	1,3	4,8	1,9	1,85	1,02	1,3	0,97	0,7	0,6
Dy	10	1,3	13	13,2	6,2	9,6	6,1	4,0	4,1
Ho	2,3	10	2,7	2,9	1,27	2,3	1,29	0,82	0,81
Er	7,2	2,3	7,8	7,7	3,8	7,8	4,1	2,4	2,5
Tm	1,1	7,2	1,3	1,4	1,64	1,44	0,71	0,38	0,37
Yb	7,1	1,1	2,3	2,7	3,8	7,3	4,5	2,5	2,6
Lu	1,0	0,5	1,2	1,2	0,61	0,44	0,65	0,38	0,39
Hf	4,8	4,9	5,7	5,7	6,2	4,8	4,3	4,2	4,3
Ta	1,6	2,0	1,8	1,8	1,28	1,1	1,54	1,1	1,1
W	1,5	1,8	2,0	2,1	2,2	3,2	1,48	2,1	2,2
Th	15	15,6	17	17,7	10,4	15,1	11,6	9,0	9,5
U	3,1	4,0	4,6	4,9	1,42	4,3	2,9	1,96	1,82
Th/U	4,8	3,9	3,7	3,6	7,32	3,5	4,0	4,6	5,2
Nb/Ta	16,3	10,5	12,2	12,6	11,2	10,4	10,1	10,6	10,54
Σ PЗЭ	198,8	122,0	251,4	257,3	211,84	266,66	114,7	136,1	153,08
(La/Yb) _N	2,04	1,7	6,6	5,5	5,7	7,7	1,1	5,05	5,1
Eu/Eu*	0,26	28	0,2	0,2	0,025	0,12	0,014	0,032	0,031
TE _{1,3}	0,82	1,7	1,12	1,09	1,12	1,13	1,06	1,03	0,99

Примечание. Анализы выполнены в Аналитическом центре Института геологии и минералогии СО РАН (Новосибирск). Нормализация некоторых PЗЭ проведена относительно концентраций в хондрите по [5]. $Eu^* = (Sm_N + Gd_N)/2$. $TE_{1,3}$ – тетрадный эффект фракционирования PЗЭ, как среднее между первой и третьей тетрадами по [6]. Породы Ночного массива: 1-2, 5-9 – двуслюдяные лейкограниты; 3-4 – гастингситовые аляскиты. ** – оксиды – в масс; элементы – в г/т.

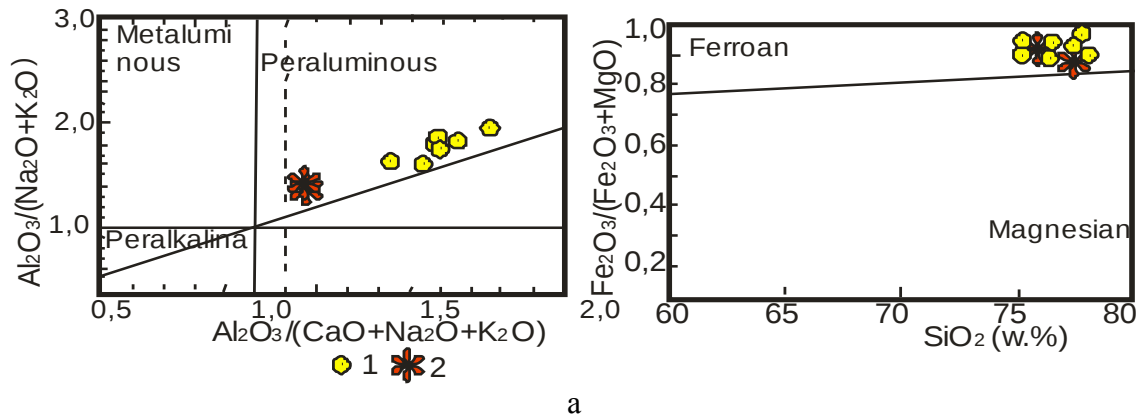


Рис 1. Диаграммы $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}) - \text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ (а) по [7] и $\text{Fe}_2\text{O}_3/(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO}) - \text{SiO}_2$ (б) по [8] для пород Ночного массива:
а – двуслюдяные лейкогранит-порфиры, б – гастингситовые аляскинты.

На канонических петрохимических диаграммах фигуративные точки составов всех пород локализуются в областях пералюминиевых и высокожелезистых серий (рис. 1).

Оруденение Ночного массива

С гранитоидами массива связаны два типа оруденения: 1 – несколько золото-серебряных проявлений по западной и юго-западной периферии массива, сопровождающихся аргиллизитами; 2 – оруденение редких и редкоземельных элементов, связанное с карбонат-альбитовыми метасоматитами и альбититами, располагающимися в восточной части массива.

Золото-серебряные проявления образуют зоны окварцевания и жилы карбонат-кварцевого состава, локализующиеся в вулканитах коргонской свиты и сопровождающиеся окварцеванием и аргиллизитами (каолинит, монтмориллонит). Содержания золота в них варьируют 0,1-1,5 г/т, серебра – 10-86 г/т. В них присутствуют также медь (0,2-0,8 %), цинк (0,1-0,9), свинец (0,06-1,1 %). Проявления изучены недостаточно.

Прогнозируемый Ночной золото-марганцеворудный узел, выявленный здесь, является перспективным на золотое оруденение золото-сульфидно-кварцевого и золото-кварцевого типов,

относящихся к субвулканическому золото-серебряному классу. Также установлено марганцевое оруденение в вулканогенно-осадочных толщах. Оценка прогнозных ресурсов золота по параметрам вторичных литохимических потоков рассеяния аномальных структур геохимического поля составила 55 т (суммарная площадная продуктивность потоков золота – 286100 $\text{м}^2\text{г/т}$, глубина оценки – 200 м, доля балансовых руд – 0,3, коэффициенты соответствия – 1,33 и 0,59). Параметры россыпной золотосности прогнозируемого узла по категории P_3 составляют 400 кг.

Редкометалльное и редкоземельное проявление Восточно-Ночное расположено в восточной части массива и представлено зоной фельдшпатолитов (карбонат-альбитовых и альбититов) с редкой вкрапленностью колумбита и циркона. Мощность зоны варьирует от 10 до 25 м, протяженность – до 250 м. В протоочках определены также пирит, монацит, поликраз, ксенотим, фергусонит. Содержания элементов составляют (в масс. %): цирконий – 0,01-0,2, иттрий – 0,1-0,5, иттербий – 0,1-0,2, ниобий – 0,05-0,3, тантал – 0,1-0,2. Минеральной формой редкоземельных элементов на проявлении являются поликраз, монацит, ксенотим, фергусонит и циркон. Проявление изучено не достаточно.

Обсуждение результатов

В последнее время большое значение для понимания генезиса гранитоидов получили геохимические признаки, среди которых используются как концентрации иммобильных элементов, так и их отношения в магматических породах. Для пород Ночного массива имеют значение аномально высокие концентрации в них Nb (21-31,6 г/т). Это свидетельствует об образовании лейкогранит-порфиоров из-за плавления высоко-Nb базальтов (NEB). Источник плавления, за счет которого образуются породы, может быть расшифрован с использованием соотношений Nb и Ta. Известно, что плавление источника пород, содержащего фазы Ti-обогащенных ингредиентов (рутила, ильменита), будет генерировать расплавы с высоким отношением Nb/Ta (>25), в то время как наличие амфибола приводит к формированию расплавов с более низким отношением Nb/Ta (<25) [9-10]. В лейкогранит-порфирах и аляскитах Ночного массива отношения Nb/Ta варьируют от 10,5 до 16,3 и указывают на плавление амфибол-содержащего источника.

В настоящее время предполагается три главных процесса, приводящих к образованию и дифференциации риолитового материала в вулканогенных поясах с эпitherмальным оруденением: кристаллизационное фракционирование [11-12], частичное плавление континентальной коры [13-14] и термогравитационная диффузия, при которой химическое фракционирование достигалось при полном расплавлении [15].

Популярная модель термодиффузии в жидкой среде, предложенная В. Хилдретом [15], способна объяснить различие интерпретаций образования риолитов, в т.ч. и субвулканических кислых образований, в различных районах. Она раскрывает механизм обогащения совместимыми сидерофильными элементами (такими как Y, Sc и Mn) и несовместимыми элементами, характерной особенностью которых является несовместимость с любой системой и прежде всего с системой кристалл-жидкость. По

указанным параметрам к породным типам Ночного массива может быть применима именно модель термодиффузии. Она также дает объяснение механизмам фракционирования тяжелых редкоземельных элементов относительно легких без привлечения фракционирования циркона или апатита. Модель помогает понять процесс обогащения флюидной фазы магматитов рудными элементами. Главные летучие компоненты в большинстве таких магм представлены H_2O , CO_2 и S_2 или H_2S [16]. В субвулканических породах Ночного массива проявлен тетрадный эффект фракционирования РЗЭ W- и M-типа.

Однако модель термодиффузии для условий генерации Ночного массива может быть реализована в результате процессов плавления мантии и смешения с коровым материалом, что подтверждается анализом соотношений La/Nb и Ce/Y, локализуемых в области тренда плавления мантийного источника, а тренд составов пород Ночного массива ближе к тренду смешения с коровым материалом (рис. 2).

Источник плавления корового материала может быть определен на основе экспериментальных диаграмм по плавлению различных пород земной коры (рис. 3). На всех диаграммах фигуративные точки составов пород Ночного массива локализируются в области плавления метаграувакк (рис. 3, a, b, c).

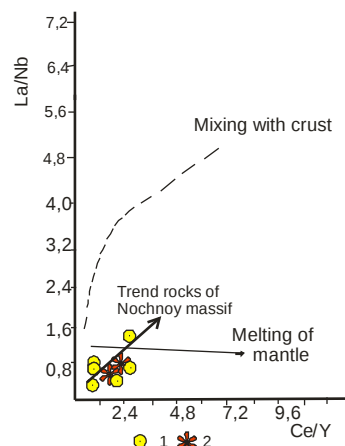


Рис. 2. Диаграмма соотношений La/Nb – Ce/Y по [17] для субвулканических пород Ночного массива:

1 – двуслюдяные лейкогранит-порфиры;
2 – гастингситовые аляскиты.

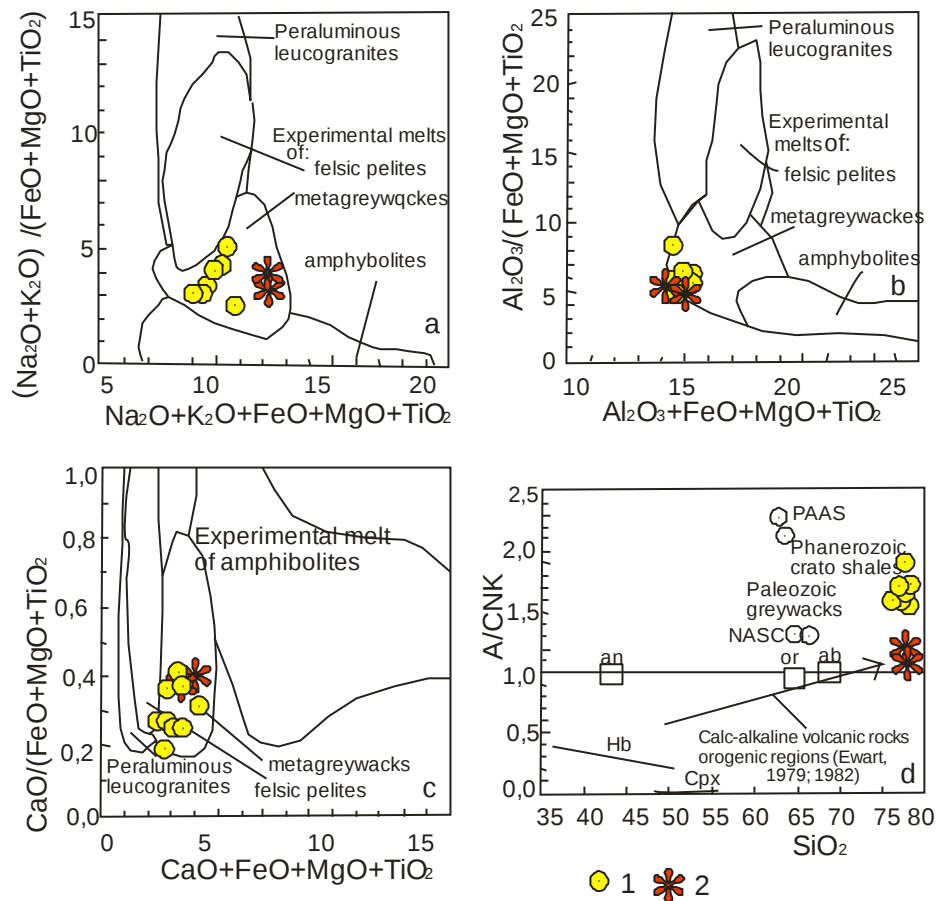


Рис. 3. Экспериментальные диаграммы:

a, b, c – диаграммы композиционных экспериментальных расплавов из плавления фельзических пелитов (мусковитовых сланцев), метаграувакк и амфиболитов для пород Ночного массива; d – диаграмма $\text{SiO}_2 - \text{A/CNK}$ для пород Ночного массива. Тренд известково-щелочного фракционирования вулканических пород орогенных регионов, по [18-19]. A – Al_2O_3 , CNK – сумма CaO , Na_2O , K_2O .

Остальные условные см. на рисунке 1.

На диаграмме соотношений $\text{A/CNK} - \text{SiO}_2$ составы пород Ночного массива локализируются на продолжении тренда известково-щелочного фракционирования вулканических пород орогенных регионов (рис. 3d).

Заклучение

Генерация ультракислых гранитоидов Ночного массива происходила в результате мантийно-корового взаимодействия. На первом этапе выплавление кислых продуктов происходило в результате фракционированного отделения от высоко-Nb базальтов. В процессе подъема этих выплавов в земную кору они были основным энергетическим источником тепла для плавления материала земной коры, где и сформировался глубинный магматический источник.

На втором этапе мантийные выплавки смешивались с коровыми расплавами, образовавшимися в результате плавления метаграувакк. Такие гибридные расплавы испытывали в глубинном магматическом очаге фракционирование альбита и ортоклаза, как это происходит во всех случаях известково-щелочного фракционирования вулканических пород орогенных регионов [20].

Такой сложный сценарий генерации ультракислых субвулканических гранитоидов Ночного массива приводил к формированию разнообразных типов оруденения: субвулканического золото-серебряного, сопровождаемого аргиллизитами, и редкометалльного с редкоземельным в фельдшпатолитах существенно альбитового состава.

Список литературы

1. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. – СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. – 200 с.
2. Ishihara S. The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks // *Min. Geol. Tokyo*. – 1977. – V. 27. – P. 293-305.
3. Макарушев А.А. Петрогенезис. – М.: Недра, 1988. – 293 с.
4. Ishihara S. Metallogenic mineralization vs the granite series in the Mesozoic-Cenozoic Circum-Pacific plutons belts // *The Ishihara Symposium: Granites and Associated Metallogenesis*. – Geoscience Australia, 2001. – P. 12-15.
5. Anders E., Greevesse N. Abundances of the elements: meteoric and // *Geochim. Cosmochim. Acta*. – 1989. – V. 53. – P. 197-214.
6. Irber W. The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // *Geochim Cosmochim. Acta*. – 1999. – V. 63. – № 3/4. – P. 489-508.
7. Maniar P.D., Piccoli P.M. Tectonic discrimination of granitoids // *Geological Soc. America Bulletin*. – 1989. – V. 101. – P. 635-643.
8. Villaseca C., Barbero L., Herreros V. A re-examination of the typology of peraluminous granite types in intracontinental orogenic belts // *Trans. of Royal Soc. of Edinburg Earth Science*, 1998. – V. 89. – P. 113-119.
9. Foley S.F., Tiepolo M., Vannucci R. Growth of early continental crust controlled by melting of amphibolite in subduction zones // *Nature*. – 2002. – V. 417. – P. 837-840.
10. Mechanisms of Archean crust formation inferred from high-precision HFSE systematics in TTGs / J.E. Hoffmann, C. Münker, T. Næraa, M.T. Rosing, D. Herwartz, D. Garbe-Schönberg, H. Svahnberg // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 2011. – V. 75. – P. 4157-4178.
11. Bagby W.C., Cameron K.L. Cameron M. Contrasting evolution of calc-alkalic volcanic and plutonic rocks of western Chihuahua, Mexico // *J. of Geophysical Research. Solid Earth*. – 1981. – V. 86. – Is. B11. – P. 10402-10410.
12. Cameron M., Bagby W.C., Cameron K.L. Petrogenesis of Voluminous mid-Tertiary ignimbrites of the Sierra Madre Occidental, Chihuahua, Mexico // *Contributions to Mineralogy and Petrology*. – 1980. – V. 74. – № 3. – P. 271-284.
13. Moll E.J. Geochemistry and petrology of Mid-Tertiary ash flow tuffs from the Sierra el Virulento Area, eastern Chihuahua, Mexico // *J. of Geophysical Research. Solid Earth*. – 1981. – V. 86. – Is. B11. – P. 10321-10334.
14. Pleistocene high-silica rhyolites of the Coso Volcanic Field, Inyo County, California / C.R. Bacon, R. Macdonald, R.L. Smith, P.A. Baedeker // *J. of Geophysical Research. Solid Earth*. – 1981. – V. 86. – Is. B11. – P. 10223-10241.
15. Hildreth W. Gradients in silicic magma chambers: Implications for lithospheric magmatism // *J. of Geophysical Research. Solid Earth*. – 1981. – V. 86. – Is. B11. – P. 10153-10192.
16. Epithermal gold deposits: Styles, characteristics, and exploration / J.W. Hedenquist, E. Izawa, A. Arribas, N.C. White // *Resource Geology Special Publication Number 1*. – Tokyo, 1996.
17. Barbarin B. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments // *Lithos*. – 1999. – V. 46. – Is. 3. – P. 605-626.
18. Ewart A. A review of the mineralogy and chemistry of Tertiary – Recent dacitic, latitic, rhyolitic and related salic rocks // *Trondjemites, Dacites and Related Rocks*. – Amsterdam, 1979. – P. 13-121.
19. Ewart A. The mineralogy and petrology of Tertiary – Recent orogenic volcanic rocks: with special reference to the andesitic-basaltic compositional range // *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*. – Chichester, 1982. – P. 25-95.

20. Li Y., Zhang H. et al. Petrogenesis of the Huili Paleoproterozoic leucogranite in the Jiaobei Terrane of the North China Craton: A highly fractionated albite granite forced by K-feldspar fractionation // *Chemical Geology*. – 2017. – V. 450. – P. 165-182.

References

1. Petrografichesky kodeks Rossii. Magmaticheskiye, metamorficheskiye, metasomaticheskiye, impaktnye obrazovaniya. – SPb: Izd-vo VSEGEI, 2009. – 200 s.
2. Ishihara S. The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks // *Min. Geol. Tokyo*. – 1977. – V. 27. – P. 293-305.
3. Marakushev A.A. Petrogenezis. – M.: Nedra, 1988. – 293 s.
4. Ishihara S. Metallogenic mineralization vs the granite series in the Mesozoic-Cenozoic Circum-Pacific plutons belts // *The Ishihara Symposium: Granites and Associated Metallogeneses*. – Geoscience Australia, 2001. – P. 12-15.
5. Anders E., Greevesse N. Abundences of the elements: meteoric and // *Geochim. Cosmochim. Acta*. – 1989. – V. 53. – R. 197-214.
6. Irber W. The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // *Geochim Cosmochim Acta*. – 1999. – V. 63. – № 3/4. – P. 489-508.
7. Maniar P.D., Piccoli P.M. Tectonic discrimination of granitoids // *Geological Soc. America Bulletin*. – 1989. – V. 101. – P. 635-643.
8. Villaseca C., Barbero L., Herreros V. A re-examination of the typology of peraluminous granite types in intracontinental orogenic belts // *Trans. of Royal Soc. of Edinburg Earth Science*, 1998. – V. 89. – P. 113-119.
9. Foley S.F., Tiepolo M., Vannucci R. Growth of early continental crust controlled by melting of amphibolite in subduction zones // *Nature*. – 2002. – V. 417. – P. 837-840.
10. Mechanisms of Archean crust formation inferred from high-precision HFSE systematics in TTGs / J.E. Hoffmann, C. Münker, T. Næraa, M.T. Rosing, D. Herwartz, D. Garbe-Schönberg, H. Svahnberg // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 2011. – V. 75. – P. 4157-4178.
11. Bagby W.C., Cameron K.L. Cameron M. Contrasting evolution of calc-alkalic volcanic and plutonic rocks of western Chihuahua, Mexico // *J. of Geophysical Research. Solid Earth*. – 1981. – V. 86. – Is. B11. – P. 10402-10410.
12. Cameron M., Bagby W.C., Cameron K.L. Petrogenesis of Voluminous mid-Tertiary ignimbrites of the Sierra Madre Occidental, Chihuahua, Mexico // *Contributions to Mineralogy and Petrology*. – 1980. – V. 74. – № 3. – P. 271-284.
13. Moll E.J. Geochemistry and petrology of Mid-Tertiary ash flow tuffs from the Sierra el Virulento Area, eastern Chihuahua, Mexico // *J. of Geophysical Research. Solid Earth*. – 1981. – V. 86. – Is. B11. – P. 10321-10334.
14. Pleistocene high-silica rhyolites of the Coso Volcanic Field, Inyo County, California / C.R. Bacon, R. Macdonald, R.L. Smith, P.A. Baedeker // *J. of Geophysical Research. Solid Earth*. – 1981. – V. 86. – Is. B11. – P. 10223-10241.
15. Hildreth W. Gradients in silicic magma chambers: Implications for lithospheric magmatism // *J. of Geophysical Research. Solid Earth*. – 1981. – V. 86. – Is. B11. – P. 10153-10192.
16. Epithermal gold deposits: Styles, characteristics, and exploration / J.W. Hedenquist, E. Izawa, A. Arribas, N.C. White // *Resource Geology Special Publication Number 1*. – Tokyo, 1996.
17. Barbarin B. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments // *Lithos*. – 1999. – V. 46. – Is. 3. – R. 605-626.

18. Ewart A. A review of the mineralogy and chemistry of Tertiary – Recent dacitic, latitic, rhyolitic and related salic rocks // Trondjemites, Dacites and Related Rocks. – Amsterdam, 1979. – P. 13-121.

19. Ewart A. The mineralogy and petrology of Tertiary – Recent orogenic volcanic rocks: with special reference to the andesitic-basaltic compositional range // Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks. – Chichester, 1982. – P. 25-95.

20. Li Y., Zhang H. et al. Petrogenesis of the Huili Paleoproterozoic leucogranite in the Jiaobei Terrane of the North China Craton: A highly fractionated albite granite forced by K-feldspar fractionation // Chemical Geology. – 2017. – V. 450. – P. 165-182.

PETROLOGY AND ORE MINERALIZATION OF ULTRA-ACID

GRANITOIDS OF THE NOCHNOY MASSIF (GORNYY ALTAI)

E.M. Tabakaeva, A.I. Gusev

The Shukshin Altai State Humane-Pedagogical University, Biisk

E-mail: tabakaeva16@mail.ru, anzerg@mail.ru

The data on the composition of the ultra-acid granitoids of the Nochnoy massif and the associated ore mineralization are presented. Petrographic and geochemical features of granitoids are considered. Granitoids are classified, two-mica leucogranite porphyry and hastingsite alaskites are distinguished. Some parameters of petrogenesis are determined. The mantle-crust interaction in the generation of rock types and features of high fractionation of feldspars was identified. Tetrad effect fractionation of rare earth elements M- and W-types is detected. Presence of complex magmatic fluids with an abundance of volatile components: F, H₂O, CO₂ and S₂ or H₂S are revealed. The formation of subvolcanic gold-silver and hydrothermal rare metal and rare earth mineralization is associated with the formation of ultra-acid granitoids.

Keywords: two-mica leucogranites, hastingsite alaskites, petrogenesis, mantle-crust interaction, ore mineralization, Au, Ag, Zr, Nb, Ta.

Received December 19, 2018

УДК 551.32

ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ НА ЛЕДНИКОВЫЙ СТОК (ПО ИССЛЕДОВАНИЯМ В БАССЕЙНЕ АКТРУ: 1952-2012)

В.П. Галахов¹⁻², С.Ю. Самойлова¹, А.А. Коломейцев¹, Е.В. Мардасова²,
А.А. Шевченко², Р.Т. Шереметов³

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

²Алтайский государственный университет, Барнаул

³Институт экологии человека СО РАН, Кемерово

На основе результатов, полученных в ходе инструментальных наблюдений за изменением объема ледников Алтая в 1973-1998 гг. (бассейн Актру, Северо-Чуйский хребет), выявлено влияние глобального потепления на ледниковый сток в бассейне. Материалы исследований позволили оценить изменение ледникового стока реки Чуи.

Ключевые слова: Русский Алтай, бассейн Актру, ледниковый сток.

DOI: 10.24411/2410-1192-2019-15204

Дата поступления 9.01.2019

В настоящее время под ледниковым стоком понимается «Сток талых вод сезонного снега, фирна и льда, а также жидких осадков, поступающий в речную сеть с поверхности ледника» [1]. Другого мнения придерживается среднеазиатская школа гидрологов. Например, А.О. Кеммерих указывает [2, с. 83]: «Под ледниковым стоком мы понимаем

сток талых вод льда и вечных снегов (фирновых полей)». Поскольку в настоящее время метеорологические наблюдения «говорят о глобальном потеплении» (рис. 1), нам представляется немаловажным рассмотреть вопрос потерь ледниками многолетних запасов льда и их влиянии на сток рек с ледниковым питанием.

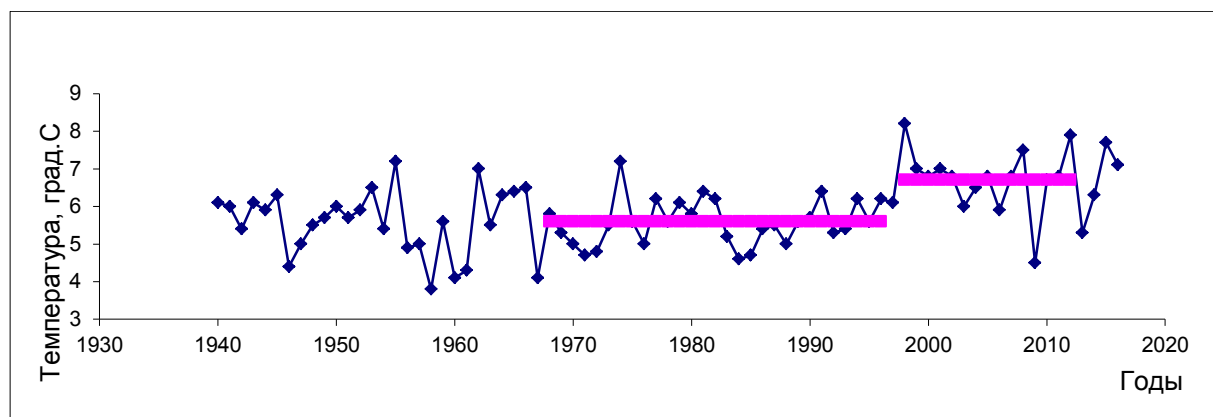


Рис. 1. Динамика средней летней температуры в ледниковой зоне Алтая
(ГМС Каратюрк, Н = 2600 м).

Средняя летняя температура за 1968-1996 гг. – 5,6 °C, за 1997-2012 гг. – 6,7 °C.

В качестве объекта исследований был выбран горноледниковый бассейн Актру как наиболее исследованный в балансовом отношении на Алтае. Не останавливаясь на физико-географическом описании бассейна, которое можно найти, например, в монографии «Ледники Актру» [3] перейдем непосредственно к влиянию ледников на сток рек. Запасы льдов в бассейне Чуи при относительной стационарности ледников были оценены на основе методических разработок при составлении Атласа снежно-ледовых ресурсов мира (табл. 1).

Радиозондирование ледников Алтая

Непосредственно в бассейне Актру радиозондирование для определения толщины ледников бассейна проведено в 1995-1996 гг. [5]. Ошибка определения толщины ледников новой аппаратурой составляет ± 5 м. В 1996 и 1997 гг. было

прозондировано 56 ледников (включая бассейн Актру) Северо-Чуйского [6] и Южно-Чуйского хребтов [7]. Результаты анализа позволили построить весьма обоснованную зависимость объема ледника от его площади (рис. 2).

Как указывают авторы исследований, некоторые «выбросы» от полученной зависимости (ледники обозначены числами, соответствующими их положению на схеме исследований) связаны с наличием подпруживающих барьеров, либо с интенсивной деградацией ледников и намечающимся разделением сложных ледников на отдельные простые.

В 2000 г. радиофизические работы проводились в западной оконечности Катунского хребта. В частности была определена толщина ледника Томич [8].

Таблица 1

Запасы льдов в речных бассейнах Центрального Алтая, млрд. т [4]

Река-пост	F, км ²	Оледенение, км ²	Запасы льдов				Годовой сток
			снег	лед	мерзлота	наледи	
Чуя-Белый Бом	10900	224,9	0,967	13,470	38,425	0,241	1,329
Актру-ГМС	34,9	16,0	0,014	1,333	0,224	0,0001	0,032

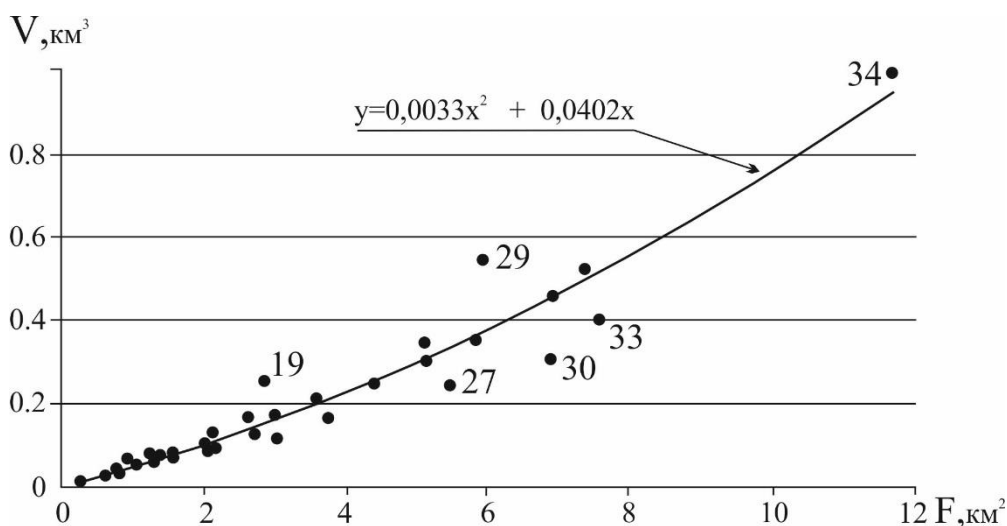


Рис. 2. Связь между площадью (F) и объемом (V) ледников Центрального Алтая:

19 – Малый Актру; 27 – Правый Маашей; 29 – Левый Актру;
30 – Левый Маашей; 33 – Ядринцева.

*Материалы наблюдений
за изменением ледников*

В соответствии с Программой наблюдений за колебаниями ледников [9] в качестве объектов наблюдений выбраны три ледника: ледники Малый Актру и Водопадный в бассейне Актру (Северо-Чуйский хребет) и ледник Томич в бассейне Мульты (Западно-Катунский центр оледенения).

На леднике Томич последняя подробная топографическая съемка проводилась в 2009-2010 гг. [10]. В 2016 г., была проведена экспертная оценка изменения ледника Томич [11]. В бассейне Актру наблюдения за изменением объема ледников (Малый Актру и Водопадный) начаты в 1977 г. Однако Р.М. Мухаметову по аэрофотоснимкам удалось рассчитать изменение поверхности лед-

ников с 1958 г. [10]. Для ледника Малый Актру на основе космической стереоскопической съемки установлено изменение объема за период с 1995 по 2012 гг. [12]. Съемка поверхности ледника Водопадный проводилась в 2011 г. [10]. Таким образом, можно оценить изменение объема льда на ледниках Томич, Водопадный и Малый Актру за период наиболее значительного потепления в ледниковой зоне Алтая: с 1996 по 2012 гг. (рис. 3). Для приведения изменений объемов ледников Томич и Водопадный к 2012 г. воспользуемся полученными зависимостями [10-11]:

$$dW = f(T \text{ ср. лет.})$$

где dW – изменение объема льда ледника, $T \text{ ср. лет.}$ – средняя летняя температура на ГМС Каратюрк.

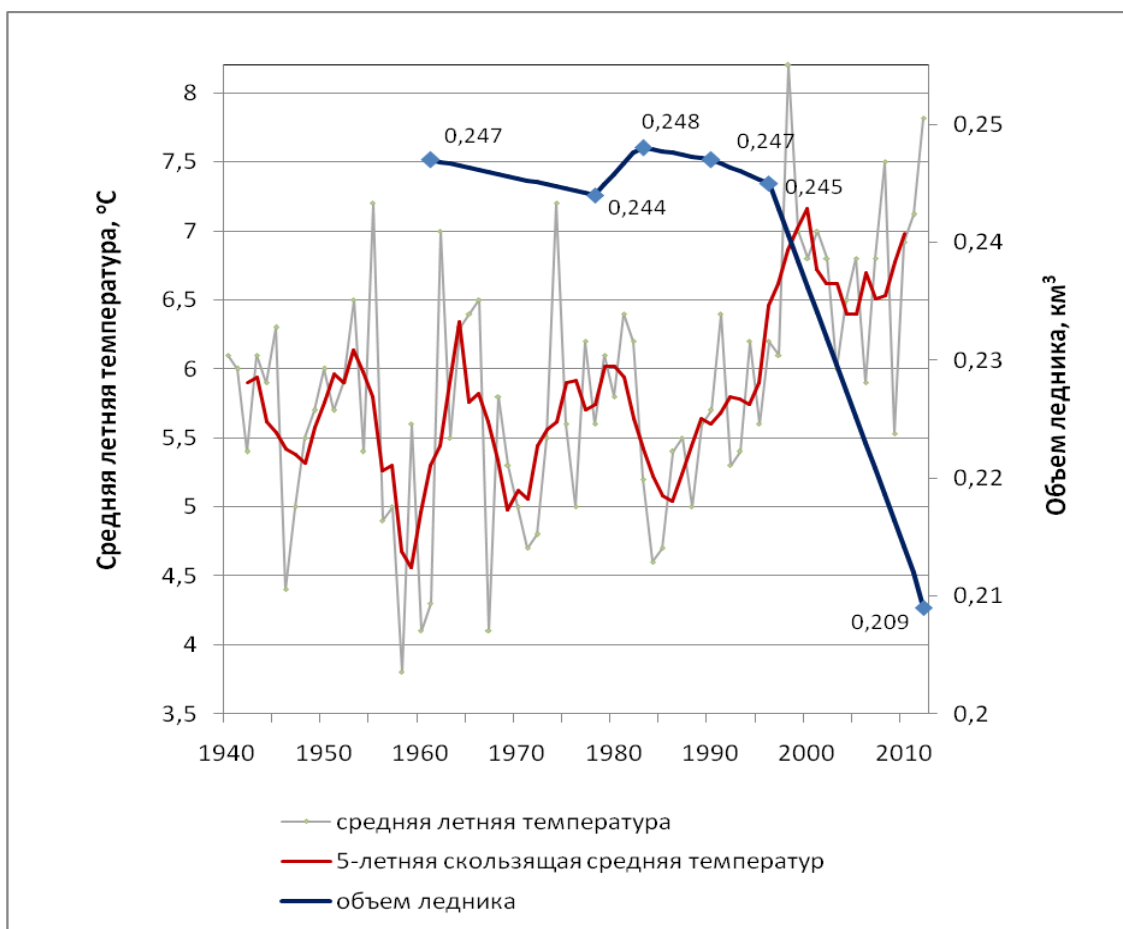


Рис. 3. Динамика средней летней температуры на ГМС Каратюрк и объема ледника Малый Актру с 1961 по 2012 гг. [12]

На основе Каталогов ледников [1974, 1977] и космической съемки 2006 г. Р.А. Кобялко [13] было проанализировано изменение площади оледенения Северо-Чуйского и Южно-Чуйского хребтов. Например, за период с 1958-1960 гг. (годы аэрофотосъемок ледников, по которым составлялись Каталоги) по 2006 г. на Северо-Чуйском хребте из 128 осталось 89 ледников. Площадь оледенения сократилась на 34,7 км². На основе анализа аэрофотосъемок и космических снимков можно с уверенностью сказать, что ледники с площадью 0,1-0,2 км² к 2012 г. в большинстве исчезли.

В 2012 г. проведены переговоры и заключен договор с фирмой СОВЗОНД на выполнение стереоскопической космической съемки бассейна Актуру (100 км²) в июле-августе 2012 г. (стоимость работ составила 4 тыс. \$). Съемка проводилась со спутника «WorldView-2» 27 июля 2012 г. с разрешением по высоте ± 50 см. Сопоставление стереопар показало, что для построения карт можно использовать лишь поверхности ледников Малый Актуру, Водопадный и Левый Тетё. На всех остальных снимках

ледников (либо на одном, либо на другом) присутствует облачность.

Для проверки карты полученной на 2012 г. для ледника Малый Актуру и для получения методики оценки изменения ледника Левый Актуру сделана попытка увязать баланс ледника Малый Актуру со средней летней температурой на ГМС Каратюрек (Н = 2600 м). Полученная зависимость позволяет оценить сумму ледового баланса ледника Малый Актуру с 1990 (дата последней топографической съемки) по 2012 гг. (рис. 4).

Согласно расчетам С.Ю. Самойловой [12] ледник Малый Актуру за период с 1990 по 2012 гг. потерял в среднем 13 м своей толщины. Если рассчитать сумму ледового баланса ледника по полученной зависимости она будет равна -9,32 м в слое воды. Для оценки поправочного коэффициента перевода слоя воды в слой вещества примем, что площадь фирнового бассейна за период 1990-2012 гг. составляет 1/2 площади ледника (до глобального потепления это отношение было 1,45). Плотность сезонного снега к концу сезона абляции равна 0,45 г/см³. [3]. Тогда поправочный коэффициент будет равен: $0,5 \cdot 0,45 + 0,5 \cdot 0,9 = 0,675$, а потери ледника в слое вещества (снега и льда) составят 13,8 м.

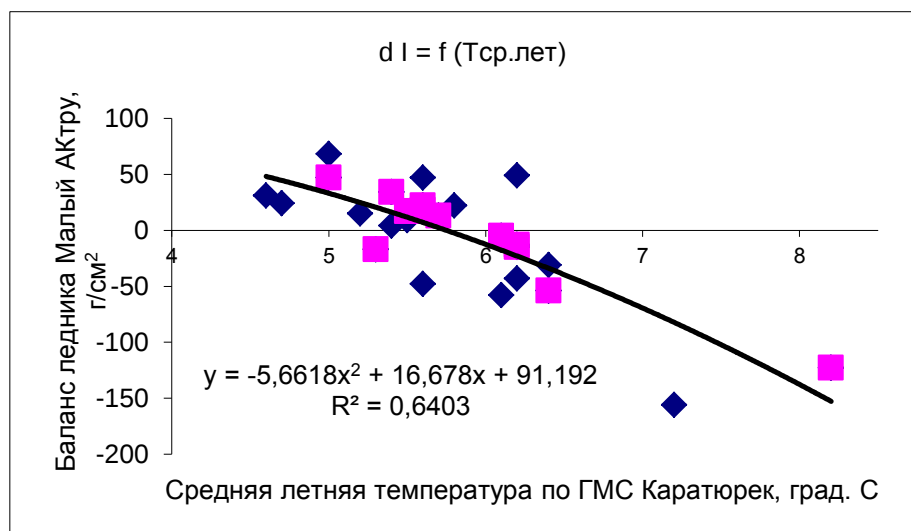


Рис. 4. Зависимость баланса ледника Малый Актуру от средней летней температуры на ГМС Каратюрек (Н = 2600 м).

Использованы материалы с 1973 по 1998 гг.:

ромбики – исследования В.П. Галахова [3, 8], квадратики – Ю.К. Нарожного [14].

Расчеты подтвердили материалы стереоскопической съемки, а также то, что полученный метод можно было использовать для оценки потерь вещества ледником Левый Актру за период с 1961 (дата создания карты, ГУГК) по 2012 гг.

При использовании существующих материалов измеренного ледового баланса ледника Левый Актру сделана попытка увязать его со средней летней температурой на ГМС Каратюрк (рис. 5). Из общей зависимости «выбиваются» два года. Верхняя точка (1977) имеет баланс $+24 \text{ г/см}^2$ при средней летней температуре на ГМС Каратюрк $6,2^\circ\text{C}$. Скорее всего, это связано с тем, что наблюдения за ледовыми балансами начаты в 1977 г. В первую очередь балансовые наблюдения проводились на двух опорных ледниках: Малый Актру и Водопадный. Поэтому снегосъемка на леднике Левый Актру была проведена достаточно поздно: 17-18 июля 1977 г. [3, рис. 21]. Абляционные рейки на языке ледника также были установлены существенно позднее начала таяния льда. Скорее всего, измеренный в 1979 г. баланс ледника Левый Актру существенно занижен, поэтому эти две точки при расчетах суммарного баланса ледника Левый Актру не использовались.

Если рассчитать сумму ледового баланса ледника Левый Актру с 1996 по

2012 гг. по полученной зависимости она будет равна $-8,46 \text{ м}$ в слое воды. Для оценки потери вещества примем поправочный коэффициент такой же, как и для ледника Малый Актру: $0,675$. В этом случае ледник Левый Актру за период с 1960 по 2012 гг. в среднем для всего ледника потерял $12,5 \text{ м}$.

На языке ледника Левый Тетё одновременно с ледником Водопадным в начале июля 2011 г. проводилась топографическая съемка с помощью геодезической системы Leica SR20. Применялся быстрый статистический способ определения координат точек. Один приемник использовался в качестве базовой станции на репере (суммарный осадкомер под языком ледника Водопадного), а второй – в качестве подвижной станции для определения координат точек на поверхности языка ледника Левый Тетё (рис. 6).

Анализ высоты поверхности языка ледника в 1961 и в 2011 гг. показал, что поверхности расходятся на 50 м . Однако высотные отметки на схеме приведены в системе WGS-84, которые в соответствии с результатами полевых исследований отличаются от поверхности геоида, применяемого при построении карт в СССР, на $41,5 \text{ м}$ [15].

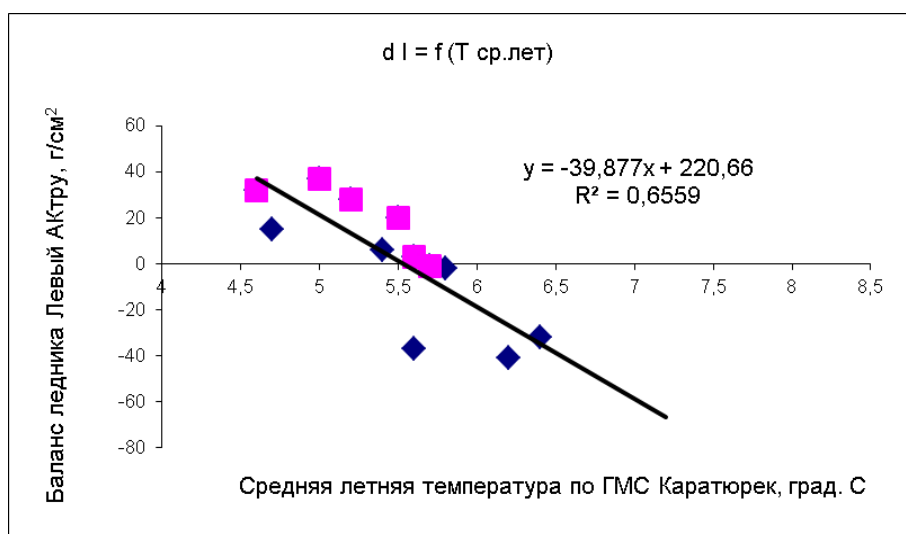


Рис. 5. Зависимость баланса ледника Левый Актру от средней летней температуры на ГМС Каратюрк ($H = 2600 \text{ м}$).

Использованы материалы с 1977 по 1990 гг.:

ромбики – исследования В.П. Галахова [3, 8], квадратики – Ю.К. Нарожного [14].

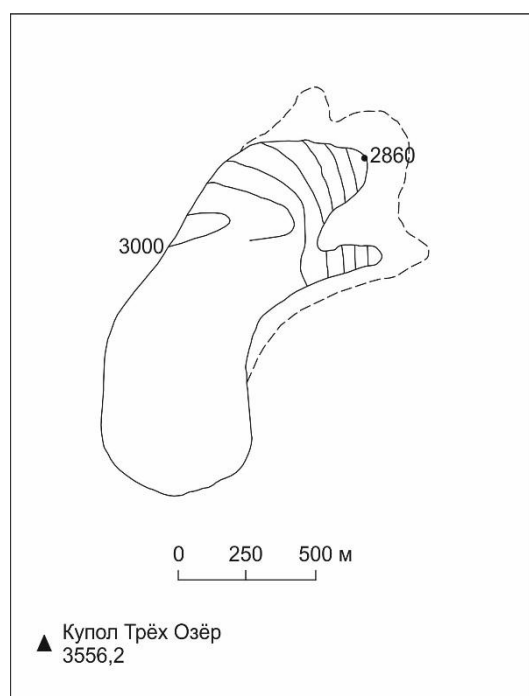


Рис. 6. Схема поверхности языка ледника Левый Тетё в начале июля 2011 г.
Пунктирной линией показана граница ледника в соответствии с топографической картой 1961 г.
Изолинии высот проведены через 20 м.

Таким образом, поверхность ледника Левый Тетё в 2011 г. опустилась по сравнению с 1961 г. на 8,5 м. С учетом площади ледника в 2011 г. ($0,61 \text{ км}^2$) ледник потерял $0,00521 \text{ км}^3$ льда. Безвозвратные потери при отступании языка ледника ($0,16 \text{ км}^2$) и при средней толщине ледника (по [17] – 42,8 м) составили $0,00691 \text{ км}^3$. Таким образом, расчеты по леднику Левый Тетё показали, что при его площади $0,77 \text{ км}^2$ (1961) он потерял с 1961 по 2011 гг. 36,6 % своего вещества. Учитывая, что мы «подгоняем» данные к дате радиолокационной съемки (1996), примем, что за период слабого отступления языков ледников с 1961 по 1996 гг. (см. рис. 2) потери примерно соответствовали периоду 2011-2012 гг.

Имея данные о потере вещества различными по площади ледниками построим зависимость потерь ледников от их площади (рис. 7) и рассчитаем потери ледников бассейна за период с 1996 по 2012 гг. (табл. 2).

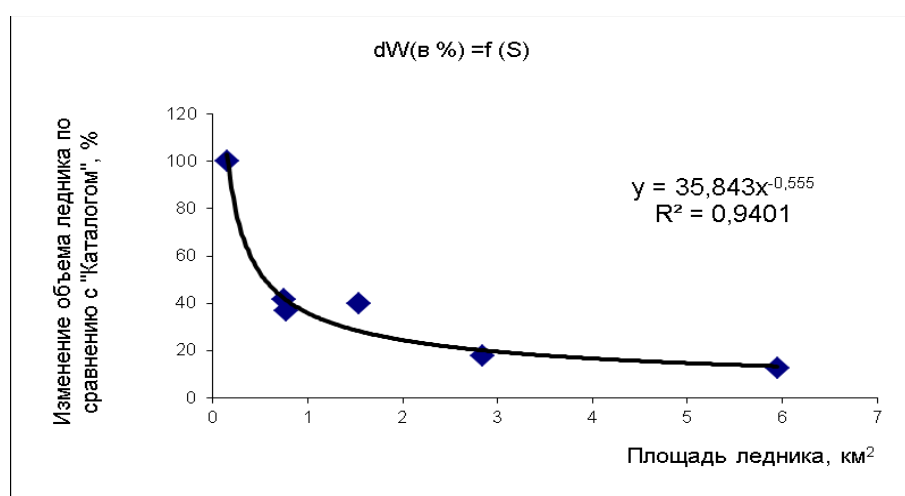


Рис. 7. Изменение объема ледников в бассейне Актру в зависимости от их площади (по сравнению с 1996 г. – дата радиолокационной съемки).

Таблица 2
Безвозвратные потери вещества ледниками бассейна Актру за 2006-2012 гг.

Ледник	1996 г. [5]		Потери, %	2012 г., $W, \text{ км}^3$
	$S, \text{ км}^2$	$W, \text{ км}^3$		
Малый Актру	2,84	0,245	17,6	0,202
Левый Актру	5,95	0,534	12,6	0,467
Правый Актру	5,15	0,288	14,6	0,246
Водопад-ный	0,75	0,035	41,6	0,020
Кар Малый Актру	0,91	0,062	38,8	0,038
Стажёр	0,24	0,013	0,0	0,013
Сумма	15,84	1,177		0,986

Таблица 3
Увеличение стока рек с ледниковым питанием за период 1996-2012 гг.

Река (водомерный пост)	Оледенение бассейна*, %	Доля увеличения стока, %
Актру-Актру	28,1	15,6
Чуя-Белый Бом	2,1	5,2

Примечание: * – по Каталогу.

Объем ледников за период с 1996 по 2012 гг. (за 16 лет) изменился на $0,191 \text{ км}^3$, т.е. год – на $0,0119 \text{ км}^3$ вещества, или на $0,008 \text{ км}^3$ воды (коэффициент перевода вещества в воду – 0,675). Если (в соответствии с табл. 1) средний годовой объем стока за период, предшествующий потеплению, составлял $0,032 \text{ км}^3$, то ледники в среднем за период 1996-2012 гг. увеличивали сток в горноледниковом бассейне Актру ежегодно на 16 % (табл. 3). Число, как видим, значительное. Используя получен-

Работа выполнена благодаря финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-05-00007).

Список литературы

1. Гляциологический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 528 с.
2. Кеммерих А.О. Роль ледников в стоке рек Средней Азии // Матер. гляциологических исследований. Хроника, обсуждения. № 20. – М., 1972. – С. 82-94.
3. Галахов В.П., Нарожный Ю.К., Никитин С.А. и др. Ледники Актру (Алтай). – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 119 с.
4. Галахов В.П. Запасы льдов Центрального Алтая. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира // Гляциология Сибири. Вып. 3(18). – Томск: Изд-во ТГУ, 1986. – С. 69-71.
5. Никитин С.А., Веснин А.В., Осипов А.В., Игловская Н.В. Радиофизические исследования ледников Алтая. // Вопр. географии Сибири. Вып. 22. – Томск: Изд-во ТГУ, 1997. – С. 120-128.
6. Никитин С.А., Веснин А.В., Осипов А.В., Игловская Н.В. Результаты радиофизических исследований ледников Северо-Чуйского хребта на Алтае // Матер. гляциологических исследований. Хроника, обсуждения. № 87. – М., 1999. – С. 188-195.
7. Никитин С.А., Веснин А.В., Осипов А.В., Игловская Н.В. Результаты радиозондирования ледников Центрального Алтая (Северо-Чуйский и Южно-Чуйский хребты) // Матер. гляциологических исследований. Хроника, обсуждения. № 88. – М., 2000. – С. 145-149.
8. Никитин С.А., Веснин А.В., Осипов А.В., Игловская Н.В. Распределение объемов льда в западной части Катунского хребта по данным радиолокационного зондирования // Вестн. Томского гос. ун-та. – 2001. – № 274. – С. 34-39.
9. Основные положения по организации и проведению наблюдений за колебаниями ледников // Матер. гляциологических исследований. Хроника, обсуждения. № 22. – М., 1983. – С. 199-222.

ное соотношение потерь вещества ледниками с 1996 по 2012 гг., дана экспертная оценка изменения ледникового стока в бассейне р. Чуи (табл. 3).

Выводы

1. Глобальное потепление вносит свои изменения в сток рек с ледниковым питанием.

2. Доля увеличения поверхностного стока должна зависеть не только от доли оледенения, но и от общего увлажнения (количества годовых осадков) исследуемого бассейна, на что указывал Г.Е. Глазырин в своем докладе [16]. Например, среднее многолетнее количество годовых осадков в бассейне Чуи составляет 370 мм, в бассейне Аргута – 630 мм, а в верховьях Катунь – около 1000 мм. Поэтому и в бассейне Аргута, и в верховьях Катунь доля увеличения стока должна быть существенно меньше 10 %.

10. Самойлова С.Ю., Шевченко А.А., Шереметов Р.Т., Коломейцев А.А. Колебания ледников Томич и Водопадный (Алтай) во второй половине XX – начале XXI в. // Лед и снег. – 2015. – Т. 55. – № 3. – С. 47-54.
11. Коломийцев А.А., Мардасова Е.В., Рудыка Р.А., Шереметов Р.Т. Экспертная оценка потери вещества ледником Томич (Западно-Катунский центр оледенения, Алтай) за период с 2010 по 2016 гг. // Изв. Алтайского РГО. – 2016. – № 3(42). – С. 45-51.
12. Галахов В.П., Самойлова С.Ю., Шевченко А.А., Шереметов Р.Т. Скорость изменения объема ледника Малый Актру (Алтай) за период инструментальных наблюдений. // Изв. АлтГУ. – 2013. – № 3/2. – С. 147-150.
13. Кобялко Р.А. Изменение оледенения Центрального Алтая за период инструментальных наблюдений // Девятое Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу: матер. рос. конф. – Томск: Изд-во Аграф-Пресс, 2011. – С. 243-244.
14. Нарожный Ю.К. Баланс массы ледников и их климатическая обусловленность // Матер. гляциологических исследований. Хроника, обсуждения. № 72. – М., 1991. – С. 107-122.
15. Галахов В.П., Самойлова С.Ю., Коломийцев А.А., Шевченко А.А., Шереметов Р.Т. Колебания языка ледника Малый Актру за период инструментальных наблюдений (1961-2013) // Мир науки, культуры, образования. – 2014. – № 4 (47). – С. 402-404.
16. Глазырин Г.Е. Влияние изменения климата на сток горных рек (неожиданный аспект) // Вторая Междунар. науч. конф. «Климатология и гляциология Сибири». Томск, 20-23 октября 2015 г. (электронная версия материалов доклада).

References

1. Glyatsiologichesky slovar. – L.: Gidrometeoizdat, 1984. – 528 s.
2. Kemmerikh A.O. Rol lednikov v stoke rek Sredney Azii // Mater. glyatsiologicheskikh issledovaniy. Khronika, obsuzhdeniya. № 20. – М., 1972. – С. 82-94.
3. Galakhov V.P., Narozhny Yu.K., Nikitin S.A. i dr. Ledniki Aktru (Altay). – L.: Gidrometeoizdat, 1987. – 119 s.
4. Galakhov V.P. Zapasy ldov Tsentralnogo Altaya. Atlas snezhno-ledovykh resursov mira // Glyatsiologiya Sibiri. Vyp. 3(18). – Tomsk: Izd-vo TGU, 1986. – С. 69-71.
5. Nikitin S.A., Vesnin A.V., Osipov A.V., Iglovskaya N.V. Radiofizicheskiye issledovaniya lednikov Altaya. // Vopr. geografii Sibiri. Vyp. 22. – Tomsk: Izd-vo TGU, 1997. – С. 120-128.
6. Nikitin S.A., Vesnin A.V., Osipov A.V., Iglovskaya N.V. Rezultaty radiofizicheskikh issledovaniy lednikov Severo-Chuyskogo khrebta na Altaye // Mater. glyatsiologicheskikh issledovaniy. Khronika, obsuzhdeniya. № 87. – М., 1999. – С. 188-195.
7. Nikitin S.A., Vesnin A.V., Osipov A.V., Iglovskaya N.V. Rezultaty radiozondirovaniya lednikov Tsentralnogo Altaya (Severo-Chuysky i Yuzhno-Chuysky khrebty) // Mater. glyatsiologicheskikh issledovaniy. Khronika, obsuzhdeniya. № 88. – М., 2000. – С. 145-149.
8. Nikitin S.A., Vesnin A.V., Osipov A.V., Iglovskaya N.V. Raspredeleniye obyemov lda v zapadnoy chasti Katunского khrebta po dannym radiolokatsionnogo zondirovaniya // Vestn. Tomskogo gos. un-ta. – 2001. – № 274. – С. 34-39.
9. Osnovnye polozheniya po organizatsii i provedeniyu nablyudeny za kolebaniya-mi lednikov // Mater. glyatsiologicheskikh issledovaniy. Khronika, obsuzhdeniya. № 22. – М., 1983. – С. 199-222.
10. Samoylova S.Yu., Shevchenko A.A., Sheremetov R.T., Kolomeytsev A.A. Kolebaniya lednikov Tomich i Vodopadny (Altay) vo vtoroy polovine KhKh – nachale KhKhI v. // Led i снег. – 2015. – Т. 55. – № 3. – С. 47-54.

11. Kolomytsev A.A., Mardasova Ye.V., Rudyka R.A., Sheremetov R.T. Ekspertnaya otsenka poteri veshchestva lednikom Tomich (Zapadno-Katunsky tsentr oledeneniya, Altay) za period s 2010 po 2016 gg. // *Izv. Altayskogo RGO*. – 2016. – № 3(42). – S. 45-51.
12. Galakhov V.P., Samoylova S.Yu., Shevchenko A.A., Sheremetov R.T. Skorost izmeneniya obyema lednika Maly Aktru (Altay) za period instrumentalnykh nablyudeny. // *Izv. AltGU*. – 2013. – № 3/2. – S. 147-150.
13. Kobayalko R.A. Izmeneniye oledeneniya Tsentralnogo Altaya za period instrumentalnykh nablyudeny // *Devyatoye Sibirskoye soveshchaniye po klimato-ekologicheskomu monitoringu: mater. ros. konf.* – Tomsk: Izd-vo Agraf-Press, 2011. – S. 243-244.
14. Narozhny Yu.K. Balans massy lednikov i ikh klimaticheskaya obuslovlennost // *Mater. glytsiologicheskikh issledovany. Khronika, obsuzhdeniya*. № 72. – M., 1991. – S. 107-122.
15. Galakhov V.P., Samoylova S.Yu., Kolomytsev A.A., Shevchenko A.A., Sheremetov R.T. Kolebaniya yazyka lednika Maly Aktru za period instrumentalnykh nablyudeny (1961-2013) // *Mir nauki, kultury, obrazovaniya*. – 2014. – № 4 (47). – S. 402-404.
16. Glazyrin G.E. Vliyaniye izmeneniya klimata na stok gornykh rek (neozhidanny aspekt) // *Vtoraya Mezhdunar. nauchn. konf. «Klimatologiya i glytsiologiya Sibiri»*. Tomsk, 20-23 oktyabrya 2015 g. (elektronnaya versiya materialov doklada).

GLOBAL WARMING EFFECT ON GLACIER RUNOFF BASED ON THE AKTRU BASIN STUDIES FOR 1952-2012

V.P. Galakhov^{1,2}, S.Yu. Samoilova¹, A.A. Kolomeytsev¹, E.V. Mardasova²,
A.A. Shevchenko², R.T. Sheremetov³

¹*Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, E-mail: galahov@iwep.ru*

²*Altai State University, Barnaul*

³*Institute of Human Ecology, SB RAS, Kemerovo*

Based on the data obtained due to instrumental observations of changes in the Altai glaciers volume in 1973-1998 (the Aktru basin, the North-Chuisky Ridge), we studied the effect of global warming on glacier runoff in the Aktru basin as well as estimated the glacier runoff changes in rivers Chuya.

Ключевые слова: Russian Altai, the Aktru basin, glacier runoff.

Received January 9, 2019

Раздел 4

ЭКОЛОГИЯ. ФЛОРА. ФАУНА

Section 4

ECOLOGY. FLORA. FAUNA

УДК 535.8+556.5+574.5

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРООПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

О.Б. Акулова, В.И. Букатый

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул
E-mail: akulova8282@mail.ru, v.bukaty@mail.ru

В статье представлены результаты исследований пространственного распределения гидрооптических характеристик – показатель ослабления света ε водой на длине волны 550 нм, показатель поглощения света желтым веществом $\kappa_{жв}$ на длине волны 450 нм, относительная прозрачность Z , измеренной с помощью белого диска Секки, полученных в период 25-30 июля 2018 г. в ходе летней экспедиции на Новосибирском водохранилище. Значения ε за исследуемый период варьировали в пределах $5,8-13,9 \text{ м}^{-1}$; $\kappa_{жв}$ – $7,3-15,2 \text{ м}^{-1}$; Z – $0,45-1,10 \text{ м}$. Концентрация желтого вещества находилась в диапазоне $34,4-71,7 \text{ г/м}^3$, концентрация хлорофилла «а» – $7,0-78,2 \text{ мг/м}^3$. Также рассчитан относительный спектральный вклад основных оптически активных компонентов воды (чистой воды, желтого вещества, взвеси и хлорофилла) в показатель ослабления света по акватории исследуемого водоема. Выявлено, что на всех 13 станциях водохранилища, в которых отбирали пробы воды максимальный вклад в ε вносит желтое вещество.

Ключевые слова: Новосибирское водохранилище, показатели ослабления и поглощения света, прозрачность по диску Секки, желтое вещество, хлорофилл, взвесь.

DOI: 10.24411/2410-1192-2019-15205

Дата поступления 13.02.2019

В связи с загрязнением поверхностных вод при экологическом мониторинге и управлении использованием Новосибирского водохранилища большое внимание уделяется исследованию пространственного распределения и временной изменчивости различных гидрологических, гидробиологических и гидрохимических характеристик по акватории водоема. На формирование водных экосистем в целом, на качество воды водохранилища в отдельные годы и сезоны, на процессы его эвтрофирования, биопродуктивность, гидрохимию и гидрооптику влияют особенно-

сти изменения гидрологического режима водохранилища в многолетнем аспекте. Основными источниками загрязнения водохранилища являются хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды, содержащие нефтепродукты, отходы перерабатывающих сельхозпредприятий, которые расположены в водоохранной зоне водохранилища и его притоков. Кроме этого на качество воды Новосибирского водохранилища отрицательно влияют выпуски сточных вод городов Камень на Оби, Барнаула, Бийска и Горно-Алтайска [1].

Главной задачей при исследовании оптических свойств водохранилища является изучение их пространственно-временной изменчивости в зависимости от состава содержащегося в воде вещества, источников его поступления, процессов распространения и трансформации. Оптические свойства описываются набором характеристик, которые включают показатели ослабления, поглощения и рассеяния света, индикатрисы и матрицы рассеяния света, коэффициент пропускания слоя водной среды, относительную прозрачность по диску Секки и др. [2-6]. Необходимо также отметить, что первичные гидрооптические характеристики (в частности, спектральный показатель ослабления света) Новосибирского водохранилища к настоящему времени недостаточно изучены, например, работы [7-8], что требует проведения дальнейших исследований. Поэтому правомерна постановка проблемы о необходимости дополнительного изучения водохранилища для оценки состояния внутренних водоемов в пространственно-временном аспекте и для решения задач комплексного водно-экологического мониторинга и рационального водопользования.

Цель работы – изучить особенности пространственного распределения гидрооптических характеристик Новосибирского водохранилища, а также оценить спектральный вклад показателей поглощения и рассеяния света основными оптически активными компонентами воды в показатель ослабления света в поверхностном слое исследуемого водоема летом 2018 г.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования является Новосибирское водохранилище – единственный крупный по величине акватории в бассейне р. Оби (без учета р. Иртыш) искусственный водоем многоцелевого назначения. Водохранилище было создано при строительстве

Новосибирской ГЭС, после перекрытия р. Оби 5 ноября 1956 г. Полный его объем составляет $8,8 \text{ км}^3$, полезный – $4,4 \text{ км}^3$, которые позволяют осуществлять неглубокое сезонное регулирование стока. Среднемноголетний сток р. Оби у г. Новосибирска – 55 км^3 , полный объем водохранилища аккумулирует в среднем 17% годового объема, а полезный – 8,6 %. Площадь водного зеркала – 1070 км^2 , максимальная глубина при НПУ – 25 м, максимальная ширина при НПУ – 22 км. Протяженность водохранилища около 200 км, охватывает территорию Новосибирской области и Алтайского края [1]. В настоящее время водные запасы водохранилища используются сложившимся водохозяйственным комплексом, в т.ч. водоснабжение (в основном питьевое), гидроэнергетика, орошение, рыборазведение, рекреация.

Основой для выполнения работы послужили результаты обработки и анализа 13 проб воды, отобранных батометром в поверхностном слое Новосибирского водохранилища. Наблюдения проводили на исследовательском судне в период с 25 по 30 июля 2018 г. В состав наблюдений входило измерение гидрооптических, гидробиологических и гидрохимических характеристик.

Измерения гидрооптических характеристик в пробах воды, взятых в поверхностном слое исследуемого водоема, проводили с помощью спектрофотометра ПЭ-5400УФ в режиме измерений коэффициента пропускания (спектральной прозрачности) воды, затем рассчитывали показатель ослабления света $\varepsilon(\lambda)$. Показатель поглощения света желтым веществом $\kappa_{\text{жв}}(\lambda)$ определяли после измерения спектральной прозрачности воды, очищенной от взвеси фильтрованием с использованием мембран «Владипор» типа МФАС-ОС-1 с диаметром пор 0,22 мкм. Всего проведено 312 отдельных измерений на приборе в диапазоне 400-800 нм (12 спек-

тральных участков). Расчеты проводили по формуле $\varepsilon(\lambda) = (1/L) \cdot \ln(1/T(\lambda))$, следующей из закона Бугера, где L – длина кюветы, $T(\lambda) = I(\lambda)/I_0(\lambda)$ – прозрачность в относительных единицах, $I(\lambda)$, $I_0(\lambda)$ – интенсивности прошедшего и падающего света, соответственно, λ – длина волны света. Погрешность определения величины $\varepsilon(\lambda)$ обусловлена систематической относительной погрешностью измерения коэффициента пропускания $\Delta T(\lambda)/T(\lambda) \cdot 100\%$ с помощью спектрофотометра (по паспорту прибора) и систематической погрешностью определения длины кюветы $\Delta L/L \cdot 100\%$. Максимальная абсолютная погрешность показателя ослабления света и показателя поглощения света желтым веществом для Новосибирского водохранилища составила около $0,5 \text{ м}^{-1}$. Математическую обработку гидрооптических данных проводили с использованием пакета статистических программ STATISTICA Microsoft [9]. Также проводили измерения относительной прозрачности Z с использованием белого диска Секки.

Дополнительно определяли стандартным спектрофотометрическим методом согласно [10] концентрацию хлорофилла «а» $Chl_{«а»}$. Следуя работе [11], измерив $\kappa_{жв}(450)$ (при $\lambda=450 \text{ нм}$) определяли концентрацию желтого вещества в пробах воды по формуле $C_{жв} = \kappa_{жв}(450)/\kappa_{уд.жв}(450)$. Здесь $C_{жв}$ – концентрация желтого вещества, в г/м^3 , $\kappa_{уд.жв}(450)$ – удельный показатель поглощения света желтым веществом, в $\text{м}^2/\text{г}$. В работе [12] рассчитаны значения $\kappa_{уд.жв}(\lambda)$ на длине волны 450 нм. Поэтому вопрос, насколько величина $\kappa_{уд.жв}(450)$, приводимая в [12], является универсальной, т.е. пригодной для различных водных объектов, до сих пор считается неясным. С учетом предложенного в [11] подхода рассчитаны значения $C_{жв}$ с использованием величины $\kappa_{уд.жв}(450)$, взятой из работы [12].

Относительный спектральный вклад основных оптически активных компонентов воды (чистой воды, желтого вещества, взвеси и хлорофилла) в $\varepsilon(\lambda)$ в поверхностном слое исследуемого водоема рассчитан с использованием спектральной физической модели ослабления света, впервые предложенной О.В. Копелевичем [2]. Нами предложена модифицированная полуэмпирическая модель ослабления света, которая описана более подробно в [13].

Результаты и обсуждение

Гидрооптические характеристики (спектральный показатель ослабления света, спектральный показатель поглощения света желтым веществом, относительная прозрачность) в поверхностном слое водохранилища в период исследования несущественно различались (табл. 1). Величины показателя ослабления света на длине волны 550 нм находились в диапазоне $5,8\text{--}13,9 \text{ м}^{-1}$ со средним значением $9,6 \text{ м}^{-1}$. Максимальное значение ε , равное $13,9 \text{ м}^{-1}$, зарегистрировано в средней части Бердского залива (станция 8.2). Распределение значений показателя поглощения света желтым веществом характеризуется максимальными значениями также в районе Бердского залива и в нижней части водохранилища – $15,2 \text{ м}^{-1}$ (станция 8.2) и $12,1 \text{ м}^{-1}$ (станция 6.3), соответственно. Средняя величина $\kappa_{жв}$ на длине волны 450 нм составила $10,6 \text{ м}^{-1}$. В течение экспедиционных наблюдений значения относительной прозрачности Z , определяемой по глубине исчезновения диска Секки, находились в пределах $0,45\text{--}1,10$ м. Максимум зафиксирован в Верхнем бьефе, у плотины ГЭС (станция 10.2).

Рассчитанные значения концентраций желтого вещества $C_{жв}$ в поверхностном слое Новосибирского водохранилища за исследуемый период находились в диапазоне $34,4\text{--}71,7 \text{ г/м}^3$, средняя величина составила $50,2 \text{ г/м}^3$.

Таблица 1

Гидрооптические характеристики, концентрации хлорофилла и желтого вещества в поверхностном слое Новосибирского водохранилища, 2018 г.

Номер станции	$\varepsilon(550)$, м ⁻¹	$\kappa_{\text{жв}}(450)$, м ⁻¹	Z, м	$C_{\text{жв}}$, г/м ³	$Chl_{\text{«a»}}$, мг/м ³
1.2 (Камень-на-Оби, середина)	10,3	10,5	0,45	49,5	23,2
2.2 (Дресвянка, середина)	9,2	10,2	0,47	47,9	22,5
3.2 (Малетино, середина)	9,0	8,5	0,49	40,3	25,7
5.1 (Ордынское-Нижнекаменка, лев. берег)	5,8	7,3	0,90	34,4	7,0
5.2 (Ордынское-Нижнекаменка, середина)	8,1	9,5	0,70	44,8	10,1
5.3 (Ордынское-Нижнекаменка, прав. берег)	10,5	10,0	0,85	47,2	11,1
6.3 (Боровое-Быстровка, правый берег)	10,5	12,1	0,72	57,1	10,2
7.1 (Ленинское-Сосновка, левый берег)	11,1	11,8	0,90	55,8	12,0
7.2 (Ленинское-Сосновка, середина)	9,0	9,7	0,85	46,0	11,0
7.3 (Ленинское-Сосновка, правый берег)	9,2	10,8	0,79	50,9	10,3
8.2 (Бердский залив, Агролес, середина)	13,9	15,2	0,70	71,7	78,2
9.3 (Бердский залив, Речкуновка, середина)	9,6	11,6	1,00	54,6	43,8
10.2 (Верхний бьеф, у плотины ГЭС)	9,1	11,2	1,10	53,0	15,8

Примечание. $\varepsilon(550)$ – спектральный показатель ослабления света при $\lambda=550$ нм, $\kappa_{\text{жв}}(450)$ – спектральный показатель поглощения света желтым веществом при $\lambda=450$ нм, Z – относительная прозрачность, измеренная с помощью диска Секки, $C_{\text{жв}}$ – концентрация желтого вещества, $Chl_{\text{«a»}}$ – концентрация хлорофилла «а».

Содержание основного фотосинтетического пигмента водорослей – хлорофилла «а» изменялось в широком диапазоне (отличалось на порядок) – от 7,0 до 78,2 мг/м³ со средним из полученных значений – 21,6 мг/м³. Максимальная величина зарегистрирована на станции 8.2 (Бердский залив, Агролес, середина). В верхней части водохранилища распределение значений хлорофилла «а» практически однородно (от 22,5 до 25,7 мг/м³). Снижение концентрации (до минимального значения 7,0 мг/м³) зафиксировано у левого берега створа Ордынское-Нижнекаменка (станция 5.1) в средней части водохранилища. Пространственная неоднородность содержания хлорофилла по многолетним данным более подробно изучена в лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН в работе [14].

Результаты расчетов спектрального вклада основных компонентов воды (чистой воды, желтого вещества, взвеси и хлорофилла) в спектральный показатель ослабления света $\varepsilon(\lambda)$ для Новосибирского водохранилища на различных станциях отбора проб представлены в таблице 2. Здесь значения $\varepsilon(\lambda)$ и $\kappa_{\text{жв}}(\lambda)$ указаны при натуральном основании логарифма.

Для поверхностного слоя Новосибирского водохранилища получено, что желтое вещество (ЖВ) дает максимальный вклад в показатель ослабления света при $\lambda=430$ нм у левого берега Ордынское-Нижнекаменка (5.1) и составляет более 90,0%, на остальных станциях вклад ЖВ варьировал в пределах 72,2-89,1 %. При $\lambda=550$ нм вклад желтого вещества на Новосибирском водохранилище находился в пределах от 62,8 % (5.3 – Ордынское-Нижнекаменка, правый берег) до 89,5 % (9.3 – Бердский залив, Речкуновка, середина). При $\lambda=670$ нм максимальное значение вклада ЖВ зафиксировано у плотины ГЭС (10.2) – 80,9 % и на станции 2.2 (Дресвянка, середина) – 80,2 %. Взвесь дает максимальный вклад в показатель ослабления при $\lambda=430$ нм на станции 5.3 (Ордынское-Нижнекаменка, правый берег) и составляет 22,0 %. Вклад взвеси возрастает до 36,1 % (5.3) при $\lambda=550$ нм. При $\lambda=670$ нм вклад взвеси на Новосибирском водохранилище варьирует в пределах от 1,5 % (9.3) до 27,1 % (5.1). Чистая вода вносит несущественный вклад в ослабление света при $\lambda=430$ нм на всех станциях и составляет не более 0,1 %, но резко увеличивается в длинноволновой области: до 9,8 % при $\lambda=670$ нм.

Таблица 2

Относительный спектральный вклад компонентов озерной воды (%) в показатель ослабления света на Новосибирском водохранилище, июль 2018 г.

Длина вол- ны света λ , нм	Показатели поглощения света			Показатели рассеяния све- та	Показатель ослабления света $\varepsilon(\lambda)$, м^{-1}
	$\frac{\kappa_{\text{жв}}(\lambda)}{\varepsilon(\lambda)}$	$\frac{\kappa_{\text{жсв}}(\lambda)}{\varepsilon(\lambda)}$	$\frac{\kappa_{\text{хл}}(\lambda)}{\varepsilon(\lambda)}$	$\frac{\sigma_{\text{вз}}(\lambda) + \sigma_{\text{мол}}(\lambda)}{\varepsilon(\lambda)}$	
1.2 ($\text{npu Chl}_{\text{«a»}} = 23,2 \text{ мг/м}^3$)					
430	0,1	75,9	12,0	12,0	15,4
550	0,5	67,9	1,4	30,2	10,3
670	5,3	66,6	11,4	16,7	8,1
2.2 ($\text{npu Chl}_{\text{«a»}} = 22,5 \text{ мг/м}^3$)					
430	0,1	88,7	14,5	3,3	12,4
550	0,6	80,4	1,6	17,4	9,2
670	5,9	80,2	12,3	1,6	7,3
3.2 ($\text{npu Chl}_{\text{«a»}} = 25,7 \text{ мг/м}^3$)					
430	0,1	72,3	15,8	11,8	13,0
550	0,6	66,6	1,8	31,0	9,0
670	5,7	63,1	13,5	17,7	7,6
5.1 ($\text{npu Chl}_{\text{«a»}} = 7,0 \text{ мг/м}^3$)					
430	0,1	91,1	6,2	2,6	9,0
550	0,9	75,8	0,7	22,6	5,8
670	9,8	56,8	6,3	27,1	4,4
5.2 ($\text{npu Chl}_{\text{«a»}} = 10,1 \text{ мг/м}^3$)					
430	0,1	86,5	6,7	6,7	11,9
550	0,6	85,1	0,8	13,5	8,1
670	7,3	73,2	6,8	12,7	5,9
5.3 ($\text{npu Chl}_{\text{«a»}} = 11,1 \text{ мг/м}^3$)					
430	0,1	72,2	5,7	22,0	15,5
550	0,5	62,8	0,6	36,1	10,5
670	5,7	64,4	5,8	24,1	7,6
6.3 ($\text{npu Chl}_{\text{«a»}} = 10,2 \text{ мг/м}^3$)					
430	0,1	79,2	4,9	15,8	16,4
550	0,5	85,7	0,6	13,2	10,5
670	5,5	73,6	5,0	15,9	7,9
7.1 ($\text{npu Chl}_{\text{«a»}} = 12,0 \text{ мг/м}^3$)					
430	0,1	85,0	6,2	8,7	15,4
550	0,5	78,3	0,7	20,5	11,1
670	5,0	80,2	5,5	9,3	8,6
7.2 ($\text{npu Chl}_{\text{«a»}} = 11,0 \text{ мг/м}^3$)					
430	0,1	89,1	6,8	4,0	12,9
550	0,6	73,3	0,7	25,4	9,0
670	5,9	71,2	6,0	16,9	7,3
7.3 ($\text{npu Chl}_{\text{«a»}} = 10,3 \text{ мг/м}^3$)					
430	0,1	82,7	5,9	11,3	13,9
550	0,6	80,4	0,7	18,3	9,2
670	5,8	69,3	5,4	19,5	7,5
8.2 ($\text{npu Chl}_{\text{«a»}} = 78,2 \text{ мг/м}^3$)					
430	0,1	78,8	20,0	1,1	20,8
550	0,4	79,1	3,6	16,9	13,9
670	3,7	77,7	16,7	1,9	11,7
9.3 ($\text{npu Chl}_{\text{«a»}} = 43,8 \text{ мг/м}^3$)					
430	0,1	85,7	13,8	0,4	14,7
550	0,5	89,5	2,9	7,1	9,6
670	5,5	80,6	12,4	1,5	7,8
10.2 ($\text{npu Chl}_{\text{«a»}} = 15,8 \text{ мг/м}^3$)					
430	0,1	85,1	8,9	5,9	14,1
550	0,6	84,6	1,1	13,7	9,1
670	6,5	80,9	9,5	3,1	6,6

Примечание. $\kappa_{\text{жв}}(\lambda)$ – показатель поглощения света чистой водой, $\kappa_{\text{жсв}}(\lambda)$ – показатель поглощения света желтым веществом, $\kappa_{\text{хл}}(\lambda)$ – показатель поглощения света хлорофиллом; $\sigma_{\text{вз}}(\lambda)$ – показатель рассеяния взвесью, $\sigma_{\text{мол}}(\lambda)$ – показатель молекулярного рассеяния чистой водой, $\varepsilon(\lambda)$ – показатель ослабления света, $\text{Chl}_{\text{«a»}}$ – концентрация хлорофилла «а».

Вклад хлорофилла при $\lambda=430$ нм находится в диапазоне от 4,9 % (6.3 – Боровое-Быстровка, правый берег) до 20,0 % (8.2 – Бердский залив, Агролес, середина), при $\lambda=550$ нм – от 0,6 % (5.3) до 3,6 % в Бердском заливе (8.2). При $\lambda=670$ нм максимальное значение вклада хлорофилла зафиксировано на станции 8.2 и составило 16,7 %. Молекулярное рассеяние света чистой водой в исследуемом спектральном интервале не вносит ощутимый вклад и составляет около 0,1 %.

Важное экологическое значение имеет оценка трофического статуса водных экосистем, где уровень биопродуктивности и прозрачность лежат в основе трофической типизации водоемов. По нашим оценкам с применением трофического индекса TSI (Trophic State Index) Карлсона [15] и спектрального показателя ослабления света $\varepsilon(\lambda)$ [13] Новосибирское водохранилище можно отнести, в основном, к эвтрофным водоемам.

Выводы

По материалам натурных исследований в июле 2018 г. выполнен анализ пространственного распределения гид-

Работа выполнена в рамках государственного задания по проекту ИВЭП СО РАН № 0383-2016-0002 «Изучение гидрологических и гидрофизических процессов в водных объектах и на водосборах Сибири и их математическое моделирование для стратегии водопользования и охраны водных ресурсов».

Выражаем благодарность науч. сотр. лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН А.В. Котовицкову за отбор проб воды, предоставленные данные измерений концентрации хлорофилла «а» и относительной прозрачности, измеренной с помощью белого диска Секки.

Список литературы

1. Многолетняя динамика водно-экологического режима Новосибирского водохранилища / В.М. Савкин и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. – 393 с.
2. Оптика океана // Физическая оптика океана. – М., 1983. – Т. 1. – 371 с.
3. Шифрин К.С. Введение в оптику океана. – Л., 1983. – 278 с.
4. Маньковский В.И. Основы оптики океана (метод. пособие). – Севастополь: Изд-во МГИНАУ, 1996. – 119 с.
5. Апонасенко А.Д. Количественные закономерности функциональной организации водных экосистем в связи с их дисперсной структурой: дис... докт. физ.-мат. наук. – Красноярск, 2001. – 316 с.

рооптических характеристик – показателя ослабления света ε на длине волны 550 нм, показателя поглощения света желтым веществом $\kappa_{жв}$ на длине волны 450 нм и относительной прозрачности по диску Секки Z в поверхностном слое Новосибирского водохранилища. Средние значения $\varepsilon(550)$, $\kappa_{жв}(450)$ и Z составили $9,6 \text{ м}^{-1}$, $10,6 \text{ м}^{-1}$ и $0,76 \text{ м}$, соответственно. Рассчитаны концентрации желтого вещества $C_{жв}$ оптическим методом в пробах воды исследуемого водного объекта. Максимальное содержание $C_{жв}$ (более 70 г/м^3) зафиксировано в Бердском заливе (станция 8.2). Рассчитаны концентрации хлорофилла «а», в распределении которых по акватории водохранилища наблюдается неоднородность. Величины $Chl_{«a»}$ находились в широком диапазоне – $7,0\text{--}78,2 \text{ мг/м}^3$. Рассчитаны спектральные вклады основных оптически активных компонентов воды в спектральный показатель ослабления света в поверхностном слое водохранилища. Выявлено, что на всех 13 исследованных участках водохранилища максимальный вклад в ε вносит желтое вещество.

6. Левин И.М. Малопараметрические модели первичных оптических характеристик морской воды // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. – 2014. – Т. 7. – № 3. – С. 3-22.
7. Суторихин И.А., Литвиненко С.А. Спектральная прозрачность Новосибирского водохранилища в летний период 2017 г. // Изв. АлтГУ. – 2018. – № 1 (99). – С. 48-52. – DOI: 10.14258/izvasu(2018)1-08.
8. Суторихин И.А. Литвиненко С.А. Динамика спектральной прозрачности воды Новосибирского водохранилища в фазу летнего прогрева // Материалы XXIV международного симпозиума «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». г. Томск 2-5 июля 2018. – Томск: Издательство ИОА СО РАН, 2018. – С. 436-439.
9. Макарова Н.В., Трофимец В.Я. Статистика в Excel. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
10. ГОСТ 17.1.4.02-90. Государственный контроль качества воды. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла а. – М., 2003. – С. 587-600.
11. Маньковский В.И. Желтое вещество в поверхностных водах восточной части Тропической Атлантики // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – № 3. – С. 53-61.
12. Nyquist G. Investigation of some optical properties of sea water with special reference to lignin sulfonates and humic substances // PhD Thesis, Dept. Analytical and Marine Chemistry, Göteborg University, Göteborg, Sweden, – 1979. – 200 p.
13. Климатические условия и гидрооптические характеристики пресноводных озер Алтайского края: монография / И.А. Суторихин, В.И. Букатый, Н.Ф. Харламова, О.Б. Акулова. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016. – 162 с.
14. Котовщиков А.В., Яныгина Л.В. Пространственное распределение содержания хлорофилла а в Новосибирском водохранилище // Изв. АО РГО. – 2018. – № 3(50). – С. 46-52.
15. Carlson R.E. A trophic state index for lakes // Limnology and Oceanography. – 1977. – Vol.22. – № 2. – P. 361-369.

References

1. Mnogoletnyaya dinamika vodno-ekologicheskogo rezhima Novosibirskogo vodokhranilishcha / V.M. Savkin i dr. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2014. – 393 s.
2. Optika okeana // Fizicheskaya optika okeana. – M., 1983. – Т. 1. – 371 с.
3. Shifrin K.S. Vvedeniye v optiku okeana. – L., 1983. – 278 s.
4. Mankovsky V.I. Osnovy optiki okeana (metod. posobiye). – Sevastopol: Izd-vo MGINANU, 1996. – 119 s.
5. Aponasenko A.D. Kolichestvennyye zakonomernosti funktsionalnoy organizatsii vodnykh ekosistem v svyazi s ikh dispersnoy strukturoy: dis... dokt. fiz.-mat. nauk. – Krasnoyarsk, 2001. – 316 s.
6. Levin I.M. Maloparametricheskiye modeli pervichnykh opticheskikh kharakteristik morskoy vody // Fundamentalnaya i prikladnaya gidrofizika. – 2014. – Т. 7. – № 3. – С. 3-22.
7. Sutorikhin I.A., Litvinenko S.A. Spektralnaya prozrachnost Novosibirskogo vodokhranilishcha v letny period 2017 g. // Izv. AltGU. – 2018. – № 1 (99). – С. 48-52. – DOI: 10.14258/izvasu(2018)1-08.
8. Sutorikhin I.A. Litvinenko S.A. Dinamika spektralnoy prozrachnosti vody Novosibirskogo vodokhranilishcha v fazu letnego progreva // Materialy XXIV mezhdunarodnogo simpoziuma «Optika atmosfery i okeana. Fizika atmosfery». g. Tomsk 2-5 iyulya 2018. – Tomsk: Izdatelstvo IOA SO RAN, 2018. – С. 436-439.
9. Makarova N.V., Trofimets V.Ya. Statistika v Excel. – М.: Finansy i statistika, 2002. – 368 s.

10. GOST 17.1.4.02-90. Gosudarstvenny kontrol kachestva vody. Metodika spektrofotometricheskogo opredeleniya khlorofilla a. – M., 2003. – S. 587-600.
11. Mankovsky V.I. Zheltoye veshchestvo v poverkhnostnykh vodakh vostochnoy chasti Tropicheskoy Atlantiki // Morskoy gidrofizichesky zhurnal. – 2015. – № 3. – S. 53-61.
12. Nyquist G. Investigation of some optical properties of sea water with special reference to lignin sulfonates and humic substances // PhD Thesis, Dept. Analytical and Marine Chemistry, Göteborg University, Göteborg, Sweden, – 1979. – 200 p.
13. Klimaticheskiye usloviya i gidroopticheskiye kharakteristiki presnovodnykh ozer Altayskogo kraya: monografiya / I.A. Sutorikhin, V.I. Bukaty, N.F. Kharlamova, O.B. Akulova. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2016. – 162 s.
14. Kotovshchikov A.V., Yanygina L.V. Prostranstvennoye raspredeleniye sodержaniya khlorofilla a v Novosibirskom vodokhranilishche // Izv. AO RGO. – 2018. – № 3(50). – S. 46-52.
15. Carlson R.E. A trophic state index for lakes // Limnology and Oceanography. – 1977. – Vol.22. – № 2. – P. 361-369.

ASSESSMENT OF SPATIAL DISTRIBUTION OF HYDROOPTICAL CHARACTERISTICS NOVOSIBIRSK RESERVOIR

O.B. Akulova, V.I. Bukaty

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul,
E-mail: akulova8282@mail.ru, v.bukaty@mail.ru

The paper presents the results of the study of spatial distribution of hydro-optical characteristics, in particular, light attenuation ϵ by water at a wavelength of 550 nm, light absorption by yellow substance κ_{ys} at a wavelength of 450 nm, relative transparency Z , measured using the white Secchi disk, obtained in the period of 25-30 July, 2018 during summer field investigations at the Novosibirsk reservoir. In the course of studies ϵ varied within 5.8-13.9 m^{-1} , κ_{ys} – 7.3-15.2 m^{-1} and Z – 0.45-1.10 m. The concentration of yellow substance was in the range from 34.4 to 71.7 g/m^3 , the chlorophyll «a» concentration – from 7.0 to 78.2 mg/m^3 . The relative spectral contribution of the main optically active water components (pure water, yellow substance, suspension and chlorophyll) to the light attenuation in the water area was measured as well. It was found that yellow substance was the main contributor to ϵ at all 13 sampling stations of the reservoir.

Keywords: Novosibirsk reservoir, coefficients of light attenuation and absorption, Secchi disk transparency, yellow substance, chlorophyll, suspended matter.

Received February 13, 2019

УДК 574.587:57.044

МАКРОЗООБЕНТОС ОЗЕР ПОДТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

О.Н. Вдовина, Д.М. Безматерных

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул

E-mail: olgazhukova1984@yandex.ru, bezmater@iwep.ru

В 2016 г. исследованы состав и структура сообществ донных беспозвоночных восьми озер подтаежной подзоны Западной Сибири. Макрозообентос озер включает 70 видов из 6 классов беспозвоночных животных. Фауна макробеспозвоночных этой подзоны представлена семью типами распространения, видовой состав зообентоса состоит из широко представленных в Палеарктике и Голарктике видов. Охарактеризована трофическая структура макрозообентоса озер, выделено шесть основных трофических групп гидробионтов.

Ключевые слова: макрозообентос, озера, природные зоны, тайга, Западная Сибирь.

DOI: 10.24411/2410-1192-2019-15206

Дата поступления 5.03.2019

Многочисленные озера подтаежной подзоны таежной зоны Западной Сибири до настоящего времени остаются малоизученными. Имеющихся данных по их экосистемам недостаточно для получения целостного представления о формировании и функционировании экосистем этих водных объектов. Сообщества донных беспозвоночных являются важным структурным звеном озерных экосистем, их жизнь связана с границей воды и субстрата. Для исследованных водоемов характерны процессы накопления сапропелей, которые относятся к возобновляемым природным ресурсам. Это позволяет рассматривать его добычу, переработку и использование в долгосрочной перспективе. В последнее время уделяется большое внимание всестороннему изучению сапропелей озер Западной Сибири, составляются карты месторождений сапропеля с учтенными запасами и ресурсами минерального сырья [1-3]. Зообентос, наряду с другими гидробионтами, служит исходным материалом для образования сапропеля. Изучение его состава и структуры необходимо для понимания процессов, происходящих в водоемах, а также для создания научной основы их рационального природопользования.

Материал и методика исследований

С 26 июля по 3 августа 2016 г. в рамках комплексной лимнологической экспедиции исследованы сообщества донных беспозвоночных восьми озер подтаежной зоны (рис. 1): Томской (Круглое, Мальцево, Яково), Новосибирской (Барчин, Данилово, Карбалык, Урманное), Омской областей (Ленёво). Из них оз. Барчин находится на границе с лесостепной зоной, а озера Томской области близки к южнотаежной подзоне. Материал для исследований отбирали и обрабатывали по стандартным методикам [4]: качественные сборы проводили сачком или скребком, количественные – штанговым дночерпателем ГР-91 с площадью захвата 0,007 м² (по 2-3 повторности с одного биотопа, которые объединяли в составную пробу) или пробоотборником цилиндрическим с вакуумным затвором конструкции НПО Тайфун с площадью захвата 0,006 м² (на жидких сапропелях). Всего отобрано и проанализировано 19 количественных и 14 качественных проб макрозообентоса. Условия отбора проб описаны в работе [5].

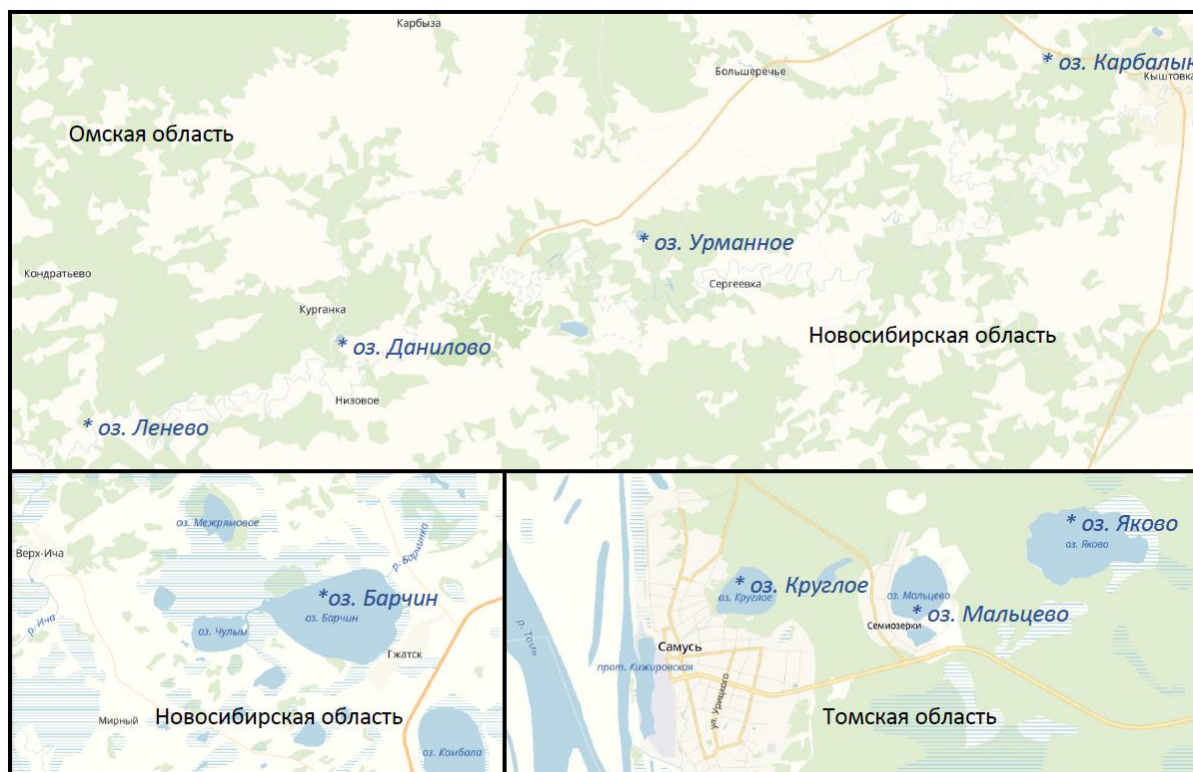


Рис. 1. Схема расположения исследованных озер

Идентификацию таксономического состава макрозообентоса проводили по «Определителю пресноводных беспозвоночных России» [6] а также по отдельным таксономическим и фаунистическим сводкам [7-14]. Для определения принадлежности видов к определенным зоогеографическим группировкам были использованы международные таксономические базы данных Encyclopedia of Life [15] и Fauna Europaea [16], а также литературные данные [7-14, 17-25]. Отношение видов макробеспозвоночных в определенной трофической группе определяли по классификации В.В. Яковлева [26], с уточнением по А.В. Монакову [27], Л.В. Емельяновой [28] и Е.А. Цихон-Луканиной [29]. Уровень трофности озер определяли по шкале С.П. Китаева [30]. Доминирующие виды устанавливали по частоте встречаемости [31]. При сравнении видового состава использовали «попарные меры включения» [32]. Статистическая обработка материала проведена в MS Excel-2013 и Statistica 6.0.

Результаты исследований и их обсуждение

Таксономический состав и структура. В исследованных озерах выявлено 70 видов донных беспозвоночных из 6 классов (табл. 1): Oligochaeta (4), Hirudinea (3), Bivalvia (2), Gastropoda (10), Crustacea (1), Insecta (50). Среди насекомых наибольшим видовым разнообразием отличались двукрылые (23 вида, из которых 16 – хирономиды), также из насекомых встречались жуки, поденки, ручейники, стрекозы, клопы и бабочки. Донное население озер характеризовалось преобладанием хирономид (отмечены в 75 % проб). Наибольшее число видов макробеспозвоночных выявлено в озерах Урманное (31) и Ленёво (21).

Расчет мер включения видового состава донных беспозвоночных исследованных озер показал их незначительную степень сходства, т.е. фаунистическое сходство исследованных озер в целом было невысоко, каждый водоем отличался своеобразием донного населения.

Таблица 1

Таксономический состав макробеспозвоночных

Таксоны	Озера							
	Яково	Мальцево	Круглое	Барчин	Данилово	Ленёво	Карбалык	Урманное
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТИП ANNELIDA								
КЛАСС OLIGOCHAETA								
Сем. Naididae								
<i>Nais</i> sp.	+							
<i>Stylaria lacustris</i> (L., 1767)		+	+			+		
Сем. Tubificidae								
<i>Limnodrilus</i> sp.	+		+	+		+		+
<i>Tubifex</i> sp.							+	+
КЛАСС HIRUDINEA								
<i>Erpobdella octocollata</i> (L., 1758)	+		+		+			+
<i>E. stagnalis</i> (Brandes, 1900)				+				
<i>Glossiphonia complanata</i> (L., 1758)					+	+		+
ТИП MOLLUSCA								
КЛАСС BIVALVIA								
Сем. Sphaeriidae								
<i>Sphaerium corneum</i> (L., 1758)						+		
<i>Sphaerium</i> sp.		+						
КЛАСС GASTROPODA								
Сем. Bithyniidae								
<i>Bithynia</i> sp.					+	+		
Сем. Lymnaeidae								
<i>Lymnaea auricularia</i> (L., 1758)				+	+	+	+	+
<i>L. fragilis</i> (L., 1758)				+	+	+		
<i>L. palustris</i> (Müller, 1774)						+		+
<i>L. psilia</i> (Bourguignat, 1862)								+
<i>L. stagnalis</i> (L., 1758)								+
<i>L. truncatula</i> (Müller, 1774)					+			
Сем. Planorbidae								
<i>Anisus</i> sp.					+	+	+	+
<i>Planorbis planorbis</i> (L., 1758)								+
Сем. Valvatidae								
<i>Valvata cristata</i> Müller, 1774								+
ТИП ARTHROPODA								
КЛАСС CRUSTACEA								
Отряд Amphipoda								
Сем. Gammaridae								
<i>Gammarus lacustris</i> Sars, 1863					+			+
КЛАСС INSECTA								
Отряд Odonata								
Сем. Aeschnidae								
<i>Aeschna affinis</i> Vanderlinden, 1825								+
<i>A. juncea</i> (L., 1758)						+		+
Сем. Coenagrionidae								
<i>Coenagrion hastulatum</i> (Charpentier, 1825)					+	+		+
<i>Enallagma cyathigerum</i> Charpentier, 1840		+						+
<i>Erythromma najas</i> (Hansemann, 1823)			+			+		+
Сем. Cordulidae								
<i>Somatochlora</i> sp.						+	+	
Отряд Ephemeroptera								
<i>Cloëon</i> sp.						+		+
<i>C. gr. dipterum</i>				+				

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Отряд Heteroptera								
Сем. Gerridae								
<i>Gerris lacustris</i> (L., 1758)		+						
<i>G. odontogaster</i> (Zetterstedt, 1828)							+	
Сем. Mesovelidae								
<i>Mesovelgia. furcata</i> Mulsant et Rey, 1852						+		
Сем. Naucoridae								
<i>Ilyocoris cimicoides</i> (L., 1758)						+		+
Сем. Notonectidae								
<i>Notonecta glauca</i> (L., 1758)				+	+	+		+
Сем. Velidae								
<i>Microvelia reticulata</i> (Burmeister, 1835)							+	
Отряд Lepidoptera								
Сем. Pyraustidae								
<i>Elophila nymphaeta</i> L., 1758					+		+	
<i>Parapoynx stratiotata</i> L., 1758					+			
Отряд Trichoptera								
Сем. Leptoceridae								
<i>Mystacides</i> sp.		+						
Сем. Limnephilidae								
<i>Limnephilus rhombicus</i> L., 1758								+
Сем. Polycentropodidae								
<i>Cyrnus</i> sp.							+	
<i>Neureclipsis</i> sp.					+			
Отряд Coleoptera								
Сем. Chrysomelidae								
<i>Donacia</i> sp.					+			
Сем. Dytiscidae								
<i>Acilius canaliculatus</i> (Nicolai, 1822)								
<i>Dytiscus circumcinctus</i> Ahrens, 1811								
<i>D. marginalis</i> L., 1758								+
<i>D.</i> sp.						+		+
<i>Hydrovatus</i> sp.	+		+					
Сем. Haliplidae								
<i>Halipus</i> sp.					+			+
Отряд Diptera								
Сем. Ceratopogonidae								
<i>Bezzia</i> sp.					+			
<i>Palpomyia</i> (P.) <i>lineata</i> (Meig., 1804)	+	+	+			+		+
<i>Stilobezzia</i> (S.) <i>flavivittata</i> (Winnertz, 1852)				+				
Сем. Chaoboridae								
<i>Chaoborus</i> (C.) <i>flavicans</i> (Meig., 1830)		+						
Сем. Chironomidae								
<i>Ablabesmyia</i> sp.				+				
<i>Chironomus</i> gr. <i>plumosus</i>					+			
<i>Ch.</i> sp.		+		+	+	+	+	
<i>Cladopelma</i> gr. <i>laccophila</i>							+	
<i>Cladotanytarsus</i> sp.		+	+	+	+	+	+	
<i>Cl.</i> gr. <i>mancus</i>							+	
<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>defectus</i>		+		+				
<i>Endochironomus albipennis</i> (Meig., 1830)								+
<i>E.</i> sp.		+						
<i>Glyptotendipes glaucus</i> (Meig., 1818)		+		+	+			+
<i>G.</i> sp.				+				
<i>Orthocladius</i> sp.				+			+	
<i>Procladius</i> (H.) <i>ferrugineus</i> Kiffer, 1919								+
<i>P.</i> sp.		+	+	+			+	
<i>Stictochironomus crassiforceps</i> (Kieffer, 1922)	+							
<i>Tanypus</i> sp.								+
Сем. Stratiomyidae								
<i>Oploadontha viridula</i> (F., 1775)							+	+
<i>Stratiomys</i> sp.								+
Сем. Syrphidae								
<i>Eristalis</i> sp.							+	
Всего видов	6	13	8	15	20	21	16	31

Для большинства озер сходство не превышало 35-54 %, наибольшая близость локальных фаун выявлено для озера Ленёво с озерами Круглое и Урманное. Наиболее оригинальным оказался видовой состав оз. Карбалык (рис. 2).

Исследованные озера характеризовались относительно низкими показателями численности и биомассы донных беспозвоночных. Биомасса колебалась в разных биотопах от 0 до 11,0 г/м², численность от 0 до 3,62 тыс. экз./м² (табл. 2).

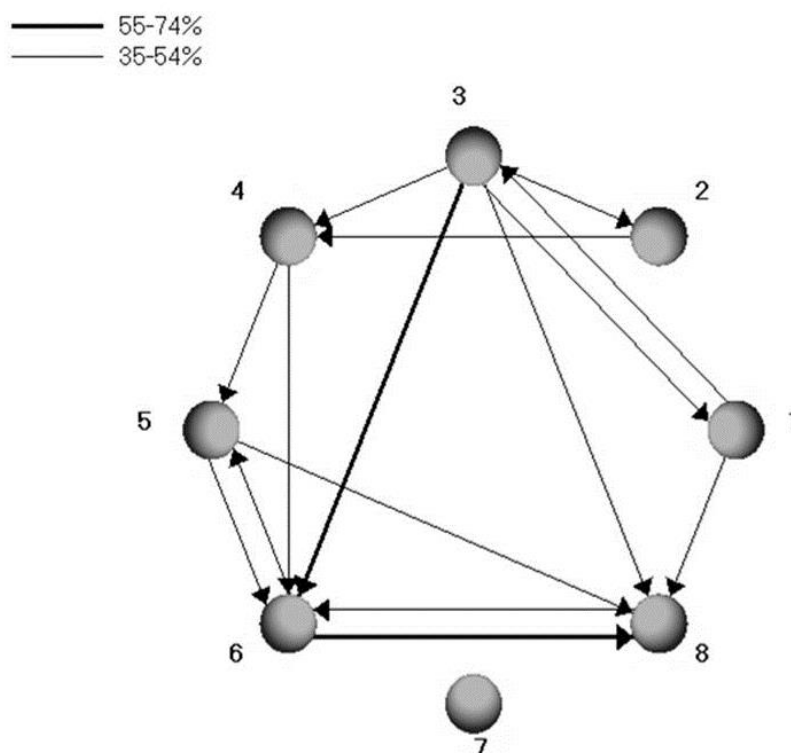


Рис. 2. Ориентированный мультиграф бинарных отношений на множестве мер включения описания макрозообентоса исследованных озер по наличию видов:

1 – Яково, 2 – Мальцево, 3 – Круглое, 4 – Барчин, 5 – Данилово, 6 – Ленёво, 7 – Карбалык, 8 – Урманное.

Таблица 2

Основные характеристики макрозообентоса исследованных озер, 2016 г.

	Доминирующие таксоны	Численность, тыс. экз./м ²		Биомасса, г/м ²		Уровень трофности
		прибрежье	центр	прибрежье	центр	
Яково	<i>Stictochironomus crassiforceps</i>	0,35	0	0,71	0	ультраолиготрофный
Мальцево	<i>Chironomus</i> sp.	1,71	0,51	1,28	5,68	β-олиготрофный – β-мезотрофный
Круглое	–	0,28	0	1,00	0	ультраолиготрофный – α-олиготрофный
Барчин	<i>Cladotanytarsus</i> sp.	0,42	3,62	0,11	7,59	ультраолиготрофный – β-мезотрофный
Данилово	<i>Chironomus</i> sp.	1,42	1,03	7,64	11,0	β-мезотрофный – α-эвтрофный
Ленёво	–	0,35	0	0,21	0	ультраолиготрофный
Карбалык	<i>Cladotanytarsus</i> sp.	1,21	0	0,22	0	ультраолиготрофный
Урманное	–	1,21	0,34	3,72	2,07	β-олиготрофный – α-мезотрофный

Примечание: «--» – доминанты не выявлены (встречаемость менее 50 %).

Минимальные значения численности и биомассы отмечены в озерах Лёново и Яково, максимальные – в оз. Данилово. Для части озёр было характерно отсутствие макрозообентоса в центральной части озера на жидких илах (сапропелях) с восстановительными условиями. По численности доминирующей таксономической группой в озерах были комары-звонцы (сем. Chironomidae), по биомассе – комары-звонцы и моллюски. Классы биомассы донных беспозвоночных большинства озёр по шкале В.П. Китаева [30] изменялись от «самого низкого» до «среднего», что соответствует ультраолиготрофному – β-мезотрофному типам водоемов. «Повышенный» класс характерен только для оз. Данилово.

Зоогеографический анализ фауны показал, что видовой состав макрозообентоса исследованных озёр состоит из широко распространенных в Палеарктике и Голарктике видов, а также тех, которые характерны для западной части Палеарктики. Фауна донных беспозвоночных включает виды с семью типами распространения. Основу фауны составляют транспалеарктические виды (40 %). Меньшее значение имеют голарктические (26 %) и западно-пале-

арктические виды (23 %). На виды-космополиты приходится 5 %. Доля остальных видов (голарктически-ориентальные, голарктически-ориентально-неотропические и голарктически-эфиопско-неотропические) не превысила 2 %. Таким образом, полученные данные подтверждают то, что в соответствии с принятыми для водных беспозвоночных системами зоогеографического районирования [17, 24-25, 33] данная территория относится к западной части Палеарктики.

Трофическая структура. С учетом преобладающего способа питания в исследованных озерах выделено шесть основных трофических групп донных макробеспозвоночных: грунтозаглатыватели, собиратели-детритофаги, факультативные фильтраторы (далее – собиратели-детритофаги), собиратели-облигатные фильтраторы, соскребатели, размельчители и хищники.

Наибольшим таксономическим разнообразием в макрозообентосе исследованных озёр отличались хищники (34 вида), преобладали пиявки, личинки стрекоз, комаров-мокрецов Ceratopogonidae жуков из семейства Dytiscidae, клопы из семейств Gerridae, Velidae, Nepidae и Notonectidae (рис. 3).

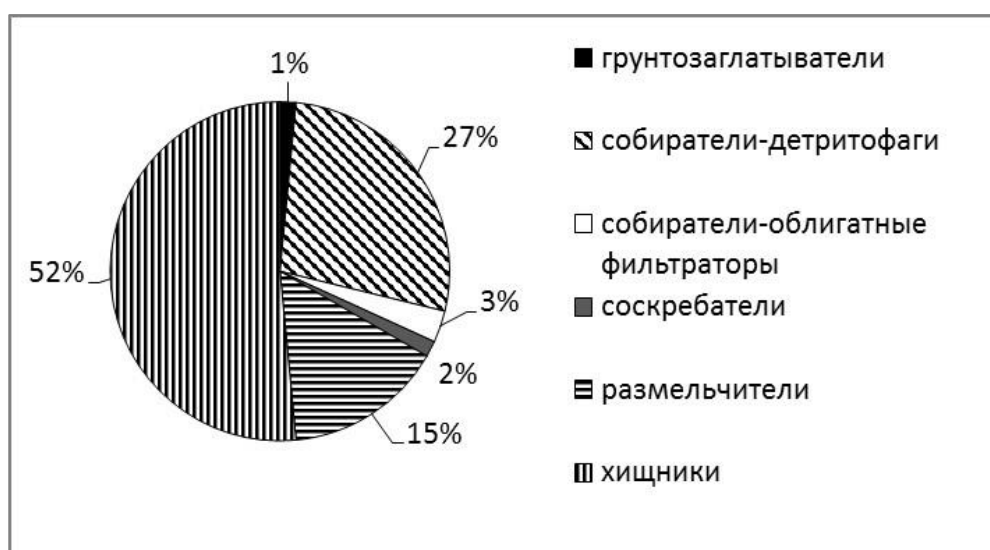


Рис. 3. Трофический спектр видового состава макрозообентоса исследованных озёр

В донных сообществах были отмечены хищные личинки ручейников из семейства Polycentropodidae, хирономид подсемейства Tanypodinae и рода *Crypto-chironomus*, а также прочих двукрылых (Stratiomyidae, Chaoboridae). Разнообразны были и собиратели-детритофаги. Эта группа включала 18 видов донных макробеспозвоночных, представлена олигохетами из семейства Naididae, брюхоногими моллюсками, личинками двукрылых из семейства Chironomidae и поденками из семейства Baetidae. Размельчители (10 видов) были представлены брюхоногими моллюсками рода *Lymnaea*, ручейниками из семейств Limnephilidae, жуками семейства Chrysomelidae. Кроме того, к этой же категории отнесены хирономиды рода *Endochironomus*. Группу собирателей – облигатных фильтраторов образовали два вида двустворчатых моллюсков из семейства Sphaeriidae. По одному роду донных макробеспозвоночных выделено в группах грунтозаглатывателей (*Tubifex*) и соскребателей (*Halipus*).

Часть выявленных видов можно отнести как к соскребателям, так и к измельчителям – это личинки ручейников сем. Leptoceridae, а также *Gammarus lacustris*. Подобная ситуация также характерна для представителей отряда Lepidoptera, которые относятся к собирателям-облигатным фильтраторам и соскребателям.

В исследованных озерах обнаружены все трофические группы, выделенные в классификации В.А. Яковлева. По числу видов доминируют хищники, субдоминируют собиратели-детритофаги. Согласно теории Р.Т. Пейна [34] разнообразие сообществ и доля хищников (а также число их видов) находятся в прямой зависимости. Роль их велика не только как регуляторов «биологической продуктивности», но и как факторов устойчивости и стабильности экосистемы в целом [35-38]. Хищники, особенно специализированные, способ-

ствуют повышению разнообразия, а значит, структурной сложности сообществ [39]. Следовательно, экосистемы изученных озер можно охарактеризовать как стабильные и сложноорганизованные.

По биомассе трофические группы в различных озерах представлены по-разному. В озерах, расположенных в пределах Новосибирской области, в прибрежных сообществах доминировали измельчители, их доля составила 72 % от общей биомассы донных беспозвоночных, субдоминировали собиратели-детритофаги (10 %). В пелагиали основную массу составили собиратели-детритофаги и хищники. Такое распределение ведущих трофических группировок характерно для эвтрофных озер. В озерах, расположенных в пределах Омской и Томской областей, максимальный вклад в биомассу зообентоса вносят собиратели-глотатели и хищники. Преобладание собирателей-глотателей и хищников характерно для небольших (< 0,2 км) мезотрофных озер [26].

По сравнению с озерами степной и лесостепной зонами Западной Сибири отмечено достаточно высокое видовое разнообразие донных беспозвоночных (до 12 видов в пробе, индекс видового разнообразия достигал 3,14). В направлении от подтаежной к сухостепной подзоне наблюдается смена доминирующих таксонов. Если в степной и лесостепной зонах лимитирующим фактором развития донных сообществ являлась высокая минерализация вод [40-41], то в подтаежной зоне (т.е. в зоне достаточного увлажнения) она не имеет лимитирующего значения, однако скорее всего, начинает проявляться фактор повышенной гумификации, т.к. для большинства изученных озер характерна высокая цветность воды (до темно-коричневой) и заболоченность их водосборных бассейнов. При этом следует отметить, что на состав и структуру макрозообентоса оказывали влияние и

другие важные факторы: морфометрические и гидрологические особенности озер (например, степень проточности), что неизбежно повысило разброс значений относительно средних величин.

Заключение

В исследованных озерах выявлено 70 видов макробеспозвоночных из шести классов: Oligochaeta, Hirudinea, Bivalvia, Gastropoda, Crustacea и Insecta. Среди насекомых наибольшее количество видов отмечено у двукрылых, также из насекомых встречались жуки, поденки, ручейники, стрекозы, клопы и бабочки. Доминирующей таксономической группой в озерах были личинки комаров-звонцов. Наибольшее сходство таксономического состава донных сообществ отмечено для пар озер «Круглое-Ленёво» и «Ленёво-Урманное», наиболее оригинальной оказалась фауна оз. Карбалык.

Изученные озера характеризовались значительным разбросом значений численности и биомассы донных беспозвоночных. Уровень из развития из-

менялся от ультраолиготрофного до бета-мезотрофного. Максимальные значения численности и биомассы донных беспозвоночных выявлены для оз. Данилово.

Фауна макробеспозвоночных подтаежной подзоны Западной Сибири представлена видами с семью типами распространения. В основном, видовой состав зообентоса состоит из видов, широко распространенных в Палеарктике и Голарктике, а также характерных для западной части Палеарктики.

В исследованных озерах выделено шесть основных трофических групп гидробионтов: грунтозаглатыватели; собиратели-детритофаги, факультативные фильтраторы; собиратели-облигатные фильтраторы; соскребатели; размельчители; хищники.

В направлении от сухостепной к подтаежной подзоне наблюдается смена доминирующих таксонов. По сравнению с лесостепной зоной в подтаежной зоне ниже видовое разнообразие и обилие донных макробеспозвоночных.

Выражаем благодарность д.г.-м.н. В.Д. Страховенко и к.б.н. Н.И. Ермолаевой за помощь в проведении экспедиции и отборе проб. Работа выполнена государственного задания ИВЭП СО РАН (проект № 0383-2016-0003) при частичной поддержке гранта РФФИ 17-05-00404А.

Список литературы

1. Росляков Н.А., Страховенко В.Д., Сысо А.И. Месторождения сапропелевых залежей Новосибирской области // Развитие минерально-сырьевой базы Сибири: от Обручева В.А., Усова М.А., Урванцева Н.Н. до наших дней. Мат. Всерос. форума. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – С. 276-279.
2. Страховенко В.Д., Таран О.П., Ермолаева Н.И. Геохимическая характеристика сапропелевых отложений малых озер Обь-Иртышского междуречья // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55. – №10. – С. 1466-1477.
3. Страховенко В.Д., Росляков Н.А., Сысо А.И., Ермолаева Н.И., Зарубина Е.Ю., Таран О.П., Пузанов А.В. Геохимическая характеристика сапропелей Новосибирской области // Водные ресурсы. – 2016. – Т. 43. – №3. – С. 336-344.
4. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.
5. Вдовина О.Н., Безматерных Д.М. Состав и структура макрозообентоса озер подтаежной подзоны Западной Сибири // Гидробиологический журнал. – 2019. – Т. 55. – № 1. – С. 114-118.
6. Определитель пресноводных беспозвоночных России: в 6 т. – Л.: ЗИН РАН, 1992-2004.

7. Глухова В.М. Личинки мокрецов подсемейства Palpomyinae и Ceratopogoninae фауны СССР. – Л.: Наука, 1979. – 230 с.
8. Жадин В.И. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1952. – 376 с.
9. Лепнева С.Г. Ручейники. – М.-Л.: Наука, 1964. – Т. 2. Вып. 1. – 562 с. (Фауна СССР, № 88.)
10. Лукин Е.И. Пиявки пресных и солоноватых водоемов. Фауна СССР. Пиявки. – Л.: Наука, 1976. – Т. 1. – 486 с.
11. Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Chironominae фауны СССР (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae). – Л.: Наука, 1983. – 296 с.
12. Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Orthoclaadiinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae). – Л.: Наука, 1970. – 343 с.
13. Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Podonominae и Tanypodinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae). – Л.: Наука, 1977. – 154 с.
14. Чекановская О.В. Водные малощетинковые черви СССР. – М.-Л.: АН СССР, 1962. – 411 с.
15. Encyclopedia of Life [Электронный ресурс]. – URL: <http://eol.org>.
16. Fauna Europaea [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.faunaeur.org>.
17. Бельшев Б.Ф., Харитонов А.Ю. География стрекоз бореального фаунистического царства. – Новосибирск: Наука, 1981. – 280 с.
18. Зорина О.В. Фауна, систематика и распределение комаров-звонцов трибы Chironomini (Diptera, Chironomidae) юга Российского Дальнего Востока: автореф. дис... к.б.н. – Владивосток: БПИ ДВО РАН, 2002. – 23 с.
19. Кикнадзе И.И., Истомина А.Г. Кариотипы и хромосомный полиморфизм сибирских видов хирономид (Diptera, Chironomidae) // Сиб. экол. журн. – 2000. – № 4. – С. 445-460.
20. Патрушева В.Д. Мошки Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: Наука, 1982. – 322 с.
21. Стадниченко А.П. Прудовикообразные (пузырчиковые, витушковы, катушковые). – Киев: Наукова думка, 1990. – 290 с. (Фауна Украины, Т. 29., Вып. 4.)
22. Старобогатов Я.И. Фауна моллюсков и зоогеографическое районирование континентальных водоемов земного шара. – Л.: Наука, 1970. – 372 с.
23. Шобанов Н.А., Шилова А.И., Беянина С.И. Объем и структура рода Chironomus Meig. (Diptera, Chironomidae): обзор мировой фауны // Экология, эволюция и систематика хирономид. – Тольятти, Борок: ИБВВ и ИЭВБ РАН, 1996. – С. 44-96.
24. Kruglov N.D., Starobogatov Ya.I. Guide to Recent mollusks of northern Eurasia. 3. Annotated and illustrated catalogue of species of the family Lymnaeidae (Gastropoda Pulmonata Lymnaeiformes) of Palearctic and adjacent river drainage areas. Part. 1. – Ruthenica. – 1993. – 3(1). – P. 65-92.
25. Kruglov N.D., Starobogatov Ya.I. Guide to Recent mollusks of northern Eurasia. 3. Annotated and illustrated catalogue of species of the family Lymnaeidae (Gastropoda Pulmonata Lymnaeiformes) of Palearctic and adjacent river drainage areas. Part. 2. – Ruthenica. – 1993. – 3(2). – P. 161-180.
26. Яковлев В.А. Пресноводный зообентос северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика). – Апатиты: Изд-во Кольск. науч. центра РАН, 2005. – Ч. 2. – 145 с.
27. Монаков А.В. Питание пресноводных беспозвоночных. – М.: Ин-т проблем экологии и эволюции РАН, 1998. – 319 с.
28. Емельянова Л.В. Гаммариды литорали днепровских водохранилищ. – Киев: Наукова думка, 1994. – 144 с.

29. Цихон-Луканина Е.А. Трофология водных моллюсков. – М.: Наука, 1987. – 176 с.
30. Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. – Петрозаводск: КНИЦ РАН, 2007. – 395 с.
31. Баканов А.И. Количественная оценка доминирования в экологических сообществах. – М., 1987. – 63 с. – Рук. деп. в ВИНТИ 08.12.1987. № 8593-В87.
32. Андреев В.Л. Классификационные построения в экологии и систематике. – М.: Наука, 1980. – 142 с.
33. Чертопруд М.В. Биогеографическое районирование пресных вод Евразии по фауне макробентоса // Журн. общей биологии. – 2010. – Т. 71. – № 2. – С. 144-162.
34. Paine R.T. Food-webs: Linkage, interaction strength and community structure // J. Animal. Ecol. – 1980. – Vol. 49. – P. 667-685.
35. Алимов А.Ф. Разнообразие, сложность, стабильность, выносливость экологических систем // Журн. общей биологии. – 1994. – Т. 55. – № 3. – С. 285-302.
36. Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 151 с.
37. Алимов А.Ф. Структурно-функциональный подход изучению сообществ водных животных // Экология. – 1982. – Т. 28. – № 2. – С. 7-17.
38. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. – СПб.: Наука, 2001. – 147 с.
39. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. – М.: Мир, 1989. – Т. 1. – 667 с.
40. Безматерных Д.М., Жукова О.Н. Состав, структура и факторы формирования сообществ донных беспозвоночных озер юга Обь-Иртышского междуречья // Экология. – 2013. – № 2. – С. 152-160. – DOI: 10.7868/S0367059713020054.
41. Вдовина О.Н., Безматерных Д.М. Особенности макрозообентоса озер различного уровня минерализации юга Обь-Иртышского междуречья // Гидробиологический журнал. – 2016. – № 1. – С. 69-77.

References

1. Roslyakov N.A., Strakhovenko V.D., Syso A.I. Mestorozhdeniya sapropelevykh zalezhey Novosibirskoy oblasti // Razvitiye mineralno-syryevoy bazy Sibiri: ot Obrucheva V.A., Usova M.A., Urvantseva N.N. do nashikh dnei. Mat. Vseros. foruma. – Tomsk: Izd-vo TPU, 2013. – S. 276-279.
2. Strakhovenko V.D., Taran O.P., Yermolayeva N.I. Geokhimicheskaya kharakteristika sapropelevykh otlozheny malykh ozer Ob-Irtyshskogo mezhdurechya // Geologiya i geofizika. – 2014. – Т. 55. – №10. – S. 1466-1477.
3. Strakhovenko V.D., Roslyakov N.A., Syso A.I., Yermolayeva N.I., Zarubina Ye.Yu., Taran O.P., Puzanov A.V. Geokhimicheskaya kharakteristika sapropeley Novosibirskoy oblasti // Vodnye resursy. – 2016. – Т. 43. – №3. – S. 336-344.
4. Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem. – SPb.: Gidrometeoizdat, 1992. – 318 с.
5. Vdovina O.N., Bezmaternykh D.M. Macrozoobenthos Composition and Structure in the Lakes of the Sub-Taiga Sub-Zone of the Western Siberia // Hydrobiological Journal. – 2019. – Vol. 55. – Is. 3. – P. 103-107. – DOI: 10.1615/HydrobJ.v55.i3.120.
6. Opredeletel presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii: v 6 t. – L.: ZIN RAN, 1992-2004.
7. Glukhova V.M. Lichinki mokretsov podsemeystva Palpomyinae i Ceratopogoninae fauny SSSR. – L.: Nauka, 1979. – 230 s.
8. Zhadin V.I. Mollyuski presnykh i solonovatykh vod SSSR. – M.-L.: Izd-vo AN SSSR, 1952. – 376 s.

9. Lepneva S.G. Rucheyniki. – M.-L.: Nauka, 1964. – T. 2. Vyp. 1. – 562 s. (Fauna SSSR, № 88.)
10. Lukin Ye.I. Piyavki presnykh i solonovatykh vodoyemov. Fauna SSSR. Piyavki. – L.: Nauka, 1976. – T. 1. – 486 s.
11. Pankratova V.Ya. Lichinki i kukolki komarov podsemeystva Chironominae fauny SSSR (Diptera, Shironomidae = Tendipedidae). – L.: Nauka, 1983. – 296 s.
12. Pankratova V.Ya. Lichinki i kukolki komarov podsemeystva Orthocladiinae fauny SSSR (Diptera, Shironomidae = Tendipedidae). – L.: Nauka, 1970. – 343 s.
13. Pankratova V.Ya. Lichinki i kukolki komarov podsemeystva Podonominae i Tanypodinae fauny SSSR (Diptera, Shironomidae = Tendipedidae). – L.: Nauka, 1977. – 154 s.
14. Chekanovskaya O.V. Vodnye maloshchetinkovye chervi SSSR. – M.-L.: AN SSSR, 1962. – 411 s.
15. Encyclopedia of Life. – URL: <http://eol.org>.
16. Fauna Europaea. – URL: <http://www.faunaeur.org>.
17. Belyshev B.F., Kharitonov A.Yu. Geografiya strekoz borealnogo faunisticheskogo tsarstva. – Novosibirsk: Nauka, 1981. – 280 s.
18. Zorina O.V. Fauna, sistematika i raspredeleniye komarov-zvontsov triby Chironomini (Diptera, Chironomidae) yuga Rossyskogo Dalnego Vostoka: avtoref. dis... k.b.n. – Vladivostok: BPI DVO RAN, 2002. – 23 s.
19. Kiknadze I.I., Istomina A.G. Kariotipy i khromosomny polimorfizm sibirskikh vidov khironomid (Diptera, Chironomidae) // Sib. ekol. zhurn. – 2000. – № 4. – S. 445-460.
20. Patrusheva V.D. Moshki Sibiri i Dalnego Vostoka. – Novosibirsk: Nauka, 1982. – 322 s.
21. Stadnichenko A.P. Prudovikoobraznye (puzyrchikovye, vitushkovye, katushkovye). – Kiyev: Naukova dumka, 1990. – 290 s. (Fauna Ukrainy, T. 29., Vyp. 4.)
22. Starobogatov Ya.I. Fauna mollyuskov i zoogeograficheskoye rayonirovaniye kontinentalnykh vodoyemov zemnogo shara. – L.: Nauka, 1970. – 372 s.
23. Shobanov N.A., Shilova A.I., Belyanina S.I. Obyem i struktura roda Chironomus Meig. (Diptera, Chironomidae): obzor mirovoy fauny // Ekologiya, evolyutsiya i sistematika khironomid. – Tolyatti, Borok: IBVV i IEVB RAN, 1996. – S. 44-96.
24. Kruglov N.D., Starobogatov Ya.I. Guide to Recent mollusks of northern Eurasia. 3. Annotated and illustrated catalogue of species of the family Lymnaeidae (Gastropoda Pulmonata Lymnaeiformes) of Palearctic and adjacent river drainage areas. Part. 1. – Ruthenica. – 1993. – 3(1). – P. 65-92.
25. Kruglov N.D., Starobogatov Ya.I. Guide to Recent mollusks of northern Eurasia. 3. Annotated and illustrated catalogue of species of the family Lymnaeidae (Gastropoda Pulmonata Lymnaeiformes) of Palearctic and adjacent river drainage areas. Part. 2. – Ruthenica. – 1993. – 3(2). – P. 161-180.
26. Yakovlev V.A. Presnovodny zoobentos severnoy Fennoskandii (raznoobraziye, struktura i antropogennaya dinamika). – Apatity: Izd-vo Kolsk. nauch. tsentra RAN, 2005. – Ch. 2. – 145 s.
27. Monakov A.V. Pitaniye presnovodnykh bespozvonochnykh. – M.: In-t problem ekologii i evolyutsii RAN, 1998. – 319 s.
28. Emelyanova L.V. Gammaridy litorali dneprovskikh vodokhranilishch. – Kiyev: Naukova dumka, 1994. – 144 s.
29. Tsikhon-Lukanina Ye.A. Trofologiya vodnykh mollyuskov. – M.: Nauka, 1987. – 176 s.
30. Kitayev S.P. Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ikhtiologov. – Petrozavodsk: KNTs RAN, 2007. – 395 s.
31. Bakanov A.I. Kolichestvennaya otsenka dominirovaniya v ekologicheskikh soobshchestvakh. – M., 1987. – 63 s. – Ruk. dep. v VINITI 08.12.1987. № 8593-V87.

32. Andreyev V.L. Klassifikatsionnye postroyeniya v ekologii i sistematike. – M.: Nauka, 1980. – 142 s.
33. Chertoprud M.V. Biogeograficheskoye rayonirovaniye presnykh vod Yevrazii po faune makrobentosa // Zhurn. obshchey biologii. – 2010. – T. 71. – № 2. – S. 144-162.
34. Paine R.T. Food-webs: Linkage, interaction strength and community structure // J. Animal. Ecol. – 1980. – Vol. 49. – P. 667-685.
35. Alimov A.F. Raznoobraziye, slozhnost, stabilnost, vynoslivost ekologicheskikh sistem // Zhurn. obshchey biologii. – 1994. – T. 55. – № 3. – S. 285-302.
36. Alimov A.F. Vvedeniye v produktsionnuyu gidrobiologiyu. – L.: Gidrometeoizdat, 1989. – 151 s.
37. Alimov A.F. Strukturno-funktsionalny podkhod izucheniyu soobshchestv vodnykh zhivotnykh // Ekologiya. – 1982. – T. 28. – № 2. – S. 7-17.
38. Alimov A.F. Elementy teorii funktsionirovaniya vodnykh ekosistem. – SPb.: Nauka, 2001. – 147 s.
39. Bigon M., Kharper Dzh., Taunsend K. Ekologiya. Osobi, populyatsii i soobshchestva. – M.: Mir, 1989. – T. 1. – 667 s.
40. Bezmaternykh D.M., Zhukova O.N. Composition, structure and factors of formation of communities of benthic invertebrates in lakes of the South of the Ob-Irtysh interfluvium // Russian J. of Ecology. – 2013. – Vol. 44. – № 2. – P. 170-177. – DOI: 10.1134/S1067413613020057.
41. Vdovina O.N., Bezmaternykh D.M. Peculiarities of Macrozoobenthos in Lakes of Different Mineralization of the Southern Section of the Ob-Irtysh Interfluvium // Hydrobiological Journal. – 2016. – Vol. 52. – No. 3. – P. 65-73. – DOI: 10.1615/HydrobJ.v52.i3.60.

MACROZOOBENTOS IN LAKES OF A SUBTAIGA SUBZONE OF WEST SIBERIA

O.N. Vdovina, D.M. Bezmaternykh

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul

E-mail: olgazhukova1984@yandex.ru, bezmater@iwep.ru

The composition and structure of benthic invertebrate communities from 8 lakes of the subtaiga subzone of West Siberia were investigated in 2016. The bottom fauna of the lakes includes 70 species from 6 classes of invertebrates. The macroinvertebrate fauna of this subzone is represented by 7 types of distribution, the species composition of zoobenthos consists of species widely represented in the Palaearctic and the Holarctic. The trophic structure of the studied zoobenthos was characterized, and six main trophic groups of hydrobionts were identified.

Key words: macrozoobenthos, lakes, natural zones, taiga, West Siberia.

Received March 5, 2019

УДК 504.054

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НАЗЕМНЫХ И ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ В РАЙОНЕ ЛИКВИДАЦИИ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ НА «ХИМЗАВОДЕ» – ФИЛИАЛЕ ОАО «КРАСМАШ» (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)

И.В. Горбачев¹, Т.А. Рождественская¹, А.В. Пузанов¹, А.В. Салтыков¹, А.В. Тарабара²

¹Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, E-mail: giv1980@yandex.ru

²ООО «ЭкоРК», Москва, E-mail: avtrbr@mail.ru

Проведен экологический мониторинг вне производственных площадок Химзавода – филиал ОАО «КРАСМАШ» (Красноярский край), который проводит ликвидацию жидкостных баллистических ракет подводных лодок. Исследованы снежный покров, почвы, растительные материалы (хвоя), поверхностные воды, донные отложения. За три года наблюдений не выявлено загрязнения ни одного из компонентов окружающей среды. Количественные и качественные показатели их состояния характеризуются фоновыми величинами. Ракетное топливо – несимметричный диметилгидразин – и его производные в наземных и водных экосистемах не обнаружены.

Ключевые слова: экологический мониторинг, почва, снежный покров, поверхностные и снеговые воды, растительность, донные отложения, несимметричный диметилгидразин, нитрозодиметиламин, тетраметилтетразен.

DOI: 10.24411/2410-1192-2019-15207

Дата поступления 2.03.2019

В соответствии с договорами о сокращении наступательных вооружений (СНВ-1 и СНВ-2) в 1993 г. в Российской Федерации началась ликвидация жидкостных баллистических ракет подводных лодок (БРПЛ) на специально созданных производственных объектах. В Красноярском крае такого рода работа ведется на предприятии Химзавод – филиал ОАО «КРАСМАШ». На всех типах БРПЛ используется в качестве топлива несимметричный диметилгидразин (НДМГ), окислителя – азота тетраоксид (АТ). Удаленные из топливных систем остатки компонентов ракетного топлива (КРТ) и загрязненные ими стоки, а также дренажные пары КРТ обезвреживаются термическим методом на специальных стационарных системах дожигания паров и промстоков. После слива остатков КРТ, пропаривания и продувки топливных баков и трубопроводов осуществляется

резка корпусов и утилизация ракет. При уничтожении промстоков, образующихся при отмывке складского оборудования и утилизации межконтинентальных баллистических ракет возможно загрязнение объектов окружающей среды НДМГ. Токсичность некоторых продуктов трансформации не ниже, чем у НДМГ.

В связи с этим исследование состояния окружающей среды района Химзавода – является весьма актуальной задачей. Экологический мониторинг компонентов ландшафтов проводился в 2014-2016 гг. за пределами производственных площадок объекта

Химзавод расположен в п. Подгорный, в 30 км к северо-востоку от г. Красноярска на правом берегу реки Енисей. Он окружен лесным массивом (березово-сосновый, осиново-березово-сосновый, сосново-березово-осиновый леса). Травянистый покров разнотрав-

но-злаковый, папоротниково-разнотравно-злаковый, разнотравно-злаково-папоротниковый. Почвенный покров представлен темно-серыми и серыми лесными почвами.

Объектами исследования являлись почва, снежный покров, поверхностные и снеговые воды, растительность (хвоя), донные отложения. Анализы выполнены в аккредитованном испытательном лабораторном центре ФГБУЗ ЦГиЭ № 51 ФМБА России фотометрическим методом. Заложены мониторинговые площадки (рис. 1). Отобраны поверхностные воды в озерах, а также донные отложения р. Толгут (точка 4). Свойства почв и донных отложений приведены в таблицах 1 и 2.

Почвы. Для оценки возможных изменений состояния почв вне производственных площадок были рассмотрены наиболее стабильные в отсутствие ан-

тропогенного влияния и эрозионных процессов показатели свойств почв: актуальная кислотность (рН), содержание гумуса и органического углерода, емкость катионного обмена и количество физической глины и физического песка, которые мало зависят от погодных условий (температура, осадки) одного вегетационного периода. Остальные компоненты химического состава почв – минеральные соединения азота, макрокатионы и анионы – лабильны, их содержание напрямую связано с количеством осадков и температурой конкретного теплого периода года, которые определяют скорость внутрипочвенного выветривания и микробиологических процессов. Так, в окислительных условиях в почвах усиливается нитрификация, а в восстановительных – аммонификация.

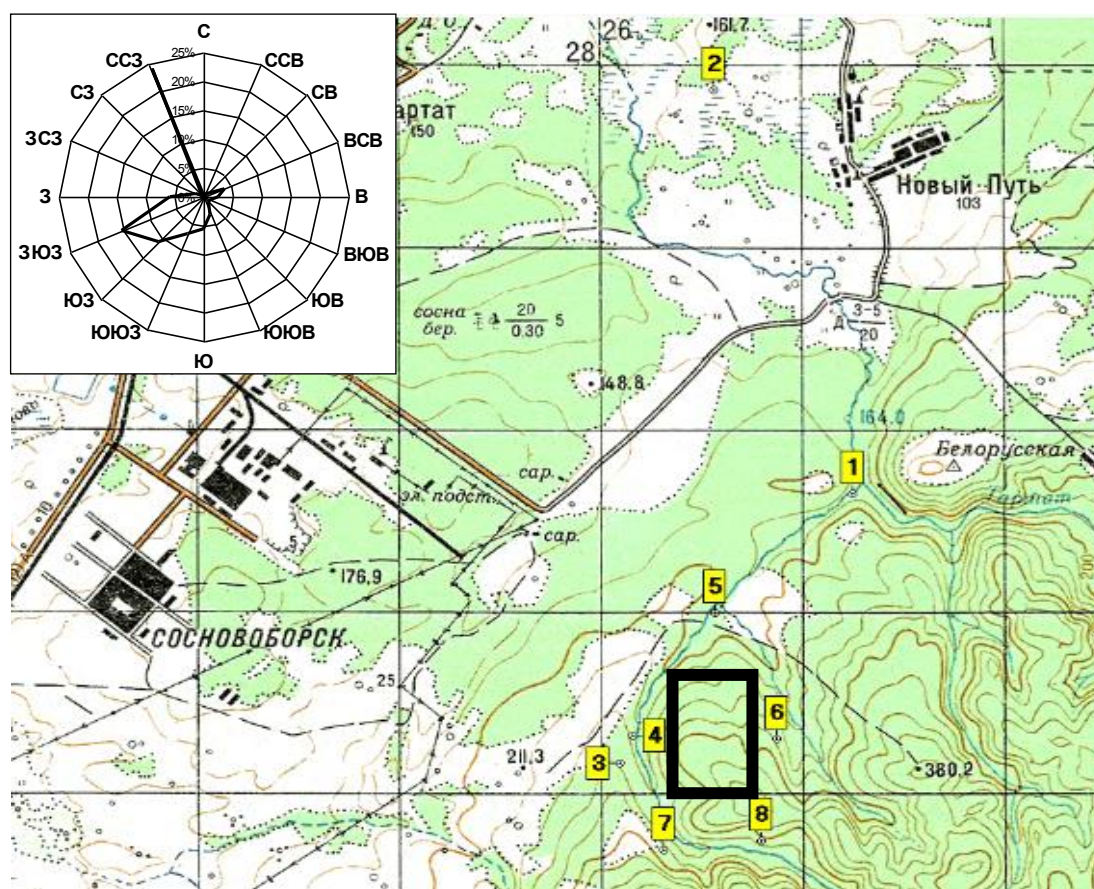


Рис. 1. Схема расположения точек отбора проб в районе Химзавода (филиал ОАО «КРАСМАШ»)

Анализ свойств и состава почв (серые лесные и темно-серые лесные) исследуемого района показал, что по величине актуальной кислотности почвенного раствора (рН) они являются слабокислыми (рН в пределах 5-6 ед.) и нейтральными (рН 6-7) (табл. 1). Содержание гумуса в большинстве проб – высокое (табл. 1), однако для темно-

серой лесной почвы этот показатель ниже, как и немного углерода в фоновой почве (точка 2). Количество веществ органической природы в остальных образцах отвечает подтиповой принадлежности почв – в серой лесной почве оно в 1,5-2 раза меньше, чем в темно-серых лесных.

Таблица 1

Общие свойства почв (0-20 см)

Дата отбора	рН, ед.	Гумус, %	Физические		Сумма водорастворимых солей, %	NO ₃ ⁻ , мг/кг	NO ₂ ⁻ , мг/кг	NH ₄ ⁺ обменный, мг/кг	ЕКО*
			песок, %	глина, %					
Точка 2. Фон. Почва – темно-серая лесная среднетяжелая суглинистая									
XI 2014	6,7	3,7	76	24	0,04	14,6	0,6	29	34
VI 2015	6,0	3,3	78	22	0,05	11,4	0,3	52	26
X 2015	6,3	5,8	61	39	0,04	28,5	0,3	31	30
V 2016	7,2	6,2	79	21	0,04	12,6	0,6	33	33
IX 2016	6,7	5,5	80	20	0,02	6,4	0,5	36	36
Точка 1. Почва – серая лесная среднетяжелая суглинистая									
XI 2014	6,2	4,2	68	32	0,05	43,9	0,4	29	35
VI 2015	5,3	4,6	77	23	0,07	35,5	0,2	62	28
X 2015	6,2	4,9	60	40	0,05	32,7	0,2	22	27
V 2016	6,4	5,1	74	26	0,04	23,5	0,6	29	31
IX 2016	6,5	5,5	81	19	0,02	16,8	1,2	39	44
Точка 3. Почва – темно-серая лесная среднетяжелая суглинистая									
XI 2014	6,6	8,7	72	28	0,05	14,9	0,7	37	43
VI 2015	6,0	9,6	76	24	0,09	56,0	0,1	67	39
X 2015	6,4	8,5	68	32	0,06	25,4	0,5	26	41
V 2016	6,1	8,7	73	27	0,05	21,0	0,4	37	38
IX 2016	6,5	6,9	78	22	0,02	8,4	0,7	36	38
Точка 5. Почва – темно-серая лесная среднетяжелая легкосуглинистая									
XI 2014	7,3	7,0	80	20	0,08	8,0	0,9	29	39
VI 2015	6,5	9,3	80	20	0,10	45,8	0,2	77	38
X 2015	6,9	8,4	71	29	0,08	25,6	0,4	33	38
V 2016	6,0	8,1	75	25	0,04	12,9	0,7	35	38
IX 2016	6,1	5,7	83	17	0,03	9,2	1,1	28	32
Точка 6. Почва – темно-серая лесная мощная легкосуглинистая									
XI 2014	6,4	8,5	80	20	0,07	25,7	0,8	49	40
VI 2015	6,3	8,0	78	22	0,12	58,2	0,3	78	36
X 2015	6,4	8,6	75	25	0,08	33,7	0,5	36	38
V 2016	5,8	8,5	71	29	0,04	10,2	1,0	21	36
IX 2016	6,4	6,9	81	20	0,03	34,5	0,4	19	42
Точка 7. Почва – темно-серая лесная среднетяжелая легкосуглинистая									
VI 2015	5,7	6,8	83	17	0,07	54,8	0,1	64	33
X 2015	5,9	6,8	78	22	0,06	32,5	0,5	35	33
V 2016	5,9	8,7	76	24	0,04	28,0	0,5	37	36
IX 2016	6,8	6,5	81	19	0,02	10,1	0,4	26	38
Точка 8. Почва – темно-серая лесная мощная легкосуглинистая									
X 2015	6,2	7,7	78	22	0,06	27,8	0,6	37	33
V 2016	6,3	8,6	76	24	0,04	10,7	0,5	20	38
IX 2016	6,7	4,1	79	22	0,03	9,4	2,0	30	39
Коэффициент вариации (без данных проб из фоновой точки), %									
	6	23	7	22	46	58	68	44	11
Среднее значение ± 3δ** (без данных проб из фоновой точки)									
	5.1-7.5	2.3-12.2	60.2-91.7	8.3-39.8	–	–	–	–	24.1-49.3

Примечание: «–» – не определяли; * – емкость катионного обмена, ммоль(экв)/100 г почвы; **δ – среднее квадратичное отклонение от среднего.

Таблица 2

Общие свойства донных отложений, р. Толгут (точка 4)

Дата отбора	рН, ед.	С орг., %	Сумма фракций, %		Сумма водорастворимых солей, %	NO ₃ ⁻ , мг/кг	NO ₂ ⁻ , мг/кг	NH ₄ ⁺ обменный, мг/кг	ЕКО*
			>0,01 мм	<0,01 мм					
X 2014	7,4	0,9	89,3	10,7	0,05	8,4	1,0	21,2	22,4
X 2015	7,3	1,0	88,1	11,9	0,04	10,1	0,8	14,2	20,8
IX 2016	8,4	0,6	88,7	11,3	0,03	35,2	2,1	9,9	13,6

Поскольку почти все исследуемые почвы содержат большое количество гумуса, то их почвенный поглощающий комплекс хорошо развит, и им свойственна довольно высокая величина ЕКО (табл. 1).

Количество нитратов, концентрация которых в почвах нормируется Гигиеническими нормативами [1] (ПДК по NO₃⁻ 130 мг/кг), не превышает допустимой нормы. Содержание нитритов в почвах весьма низкое. Высокий динамизм аммонийной формы азота не позволяет разработать нормативы содержания соединения в почвах, которые с агрохимических позиций характеризуются высокой концентрацией аммония (более 8 мг/кг аммонийного азота).

Анализ водной вытяжки из почвы дает сведения о составе и количестве легкорастворимых веществ в ней и применяется для характеристики степени и характера засоления. Засоленными считаются почвы, имеющие сумму водорастворимых солей больше 0,2 %. По результатам анализа водной вытяжки исследуемые почвы являются незасоленными (табл. 1). В минеральной части почвенных растворов преобладают гидрокарбонаты (в основном кальция). Содержание натрия в абсолютном большинстве проб ниже предела обнаружения метода.

По гранулометрическому составу рассматриваемые образцы почв в основном легкосуглинистые (табл. 1), иногда встречаются супесчаные разновидности. В целом, гранулометрический состав легкий, т.к. обычно верхняя часть профиля серых лесных почв не-

сколько обеднена илистой фракцией, что связано с оподзоливанием и проявлением лессиважа. Преобладающей фракцией является мелкопесчаная или крупнопылеватая (точки 3 и 6).

Коэффициенты вариации показателей, рассматриваемых в качестве индикаторных, не превышают 33 %, а в случае рН и содержания физического песка – 10 %. Следовательно, совокупность почвенных образцов качественно и количественно однородная. Наличие слабой и умеренной вариации свойств связано с естественной дискретностью почв.

Все уровни рН, содержания гумуса и органического углерода, физической глины и физического песка, величины емкости катионного обмена заключены в пределах: среднее содержание ± 3 среднеквадратичных отклонения от среднего. Поэтому распределение характеристик подчиняется нормальному закону, что свидетельствует о природных источниках почвенного вещества. Превышений величин всех исследуемых показателей состояния почв над уровнем фона не выявлено.

Донные отложения в сравнении с почвой содержат меньшее количество органического вещества, хлоридов, магния, что обусловлено легким гранулометрическим составом и хорошей растворимостью некоторых соединений, обеспечивающих их вынос из донных отложений (табл. 2). В гранулометрическом составе преобладает фракция песка (около 90 %). Индикационные показатели варьируют в небольших пределах.

Поверхностные воды. Пробы поверхностных вод отбирали на двух мониторинговых площадках: № 1 и № 2. Фоновые значения концентрации контролируемых параметров определяли в образце в точке 2, находящейся в 6-ти км в северном направлении от Химзавода.

Качество воды водных объектов хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рекреационного водопользования в России регламентируется Гигиеническими нормативами ГН 2.1.5.1315-03 [2] и СанПиН 2.1.5.980-00 [3]. По классификации О.А. Алёкина [4] воды исследуемых озёр относятся к гидрокарбонатным кальциевым (табл. 3). По величине общей минерализации воды – пресные (минерализация менее 0,5 г/дм³). Реакция среды вод в точке 1 – слабощелочная (рН в пределах 7,5-8,5 ед.), в точке 2 – слабощелочная и щелочная (рН в пределах 8,5-9,5 ед.); значение рН в воде последней превышает нормативы [3] в июне 2015 г. и мае 2016 г. Количество карбонатов и гидрокарбонатов соответствует данным для поверхностных вод. Концентрации хлоридов и сульфатов – в основном ниже предела обнаружения методов либо превышают его незначительно.

Содержание минеральных соединений азота существенно ниже их ПДК [2], причем в воде контролируемого озера (точка 1) в 4 пробах из 5 количество нитритов не превышает аналитического порога (табл. 3). По количеству азота аммония в воде согласно [5] оз. Подгорное можно отнести как к классу «очень чистые водоемы» (ноябрь 2014 г. и июнь 2015 г.), так и к классу «умеренно загрязненные» (октябрь 2015 г. и май 2016 г.), а также «чистые» (сентябрь 2016 г.), оз. Новый путь – «умеренно загрязненные» (октябрь 2015 г.), «чистые» и «очень чистые водоемы» – в другие периоды обследования.

Повышение концентрации ионов аммония в водах в октябре 2015 г., причем фонового озера в большей степени,

отражает некоторое ухудшение санитарного состояния водных объектов. Это может быть обусловлено либо другими техногенными источниками загрязнения, либо является следствием изменения внутриводоемных биогеохимических процессов его образования. В следующие сроки пробоотбора ситуация по рассматриваемому показателю существенно улучшилась.

Таким образом, величины нормируемых показателей ионного состава воды оз. Подгорного не превышают уровня фона и соответствуют водам водных объектов хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рекреационного водопользования [2-3]. В воде фонового озера отмечалось высокое значение рН в июне 2015 г. и мае 2016 г.

Снеговой покров как динамичная система отражает состояние атмосферы и является одним из эффективных способов контроля веществ, загрязняющих ее, а в дальнейшем и гидро- и педосферу. В исследованных образцах содержание карбонатов, хлоридов, натрия, фосфатов ниже пределов обнаружения методов (табл. 4). В большинстве проб ниже аналитического порога и количество сульфатов. Реакция жидкой фазы снега варьировала от слабокислой до щелочной, а в целом снеговые воды характеризуются высокими значениями рН (табл. 4-5).

Исследуемые снеговые воды относятся к категории ультрапресных природных вод. Тем не менее, их минерализация существенно превышает уровень глобального фона (табл. 4-5). Выше также концентрации гидрокарбонатов, кальция, магния, нитратов, в том числе и в пробе с фоновой площадки.

В целом, жидкая фаза снега района исследования характеризуется высоким в сравнении с данными по Сибирскому федеральному округу и по России содержанием макроионов, нитратов, более щелочной реакцией среды. Однако превышения содержаний компонентов химического состава снеговых вод над местным фоном (точка 2) не выявлено.

Таблица 3

Свойства и макроионный состав поверхностных вод, мг/дм³

Сроки отбора	pH, ед.	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	Минерализация
<i>Точка 1. Озеро Подгорное</i>												
XI 2014	8,1	18	219,6	<10	13,4	60,0	31,2	<1,0	1,74	<0,033	<0,05	86,9
VI 2015	8,2	18	231,8	<10	12,0	52,0	14,4	3,1	0,17	<0,033	<0,05	314,0
X 2015	8,1	<10	213,5	<10	<10,0	44,0	28,8	<1,0	0,91	<0,033	0,34	300,4
V 2016	7,4	<10	115,9	<10	11,7	36,2	6,0	<1	3,96	0,050	0,26	165,0
IX 2016	7,9	12	262,3	<10	<10,0	56,0	14,4	3,9	1,98	<0,033	0,23	341,6
<i>Точка 2. Фонт. Озеро Новый путь</i>												
XI 2014	8,4	30	335,5	11,2	12,0	72,0	28,8	<1,0	1,88	0,046	0,08	101,9
VI 2015	8,9	24	170,8	12,6	<10,0	44,0	7,2	5,9	1,14	<0,033	<0,05	247,7
X 2015	8,2	<10	213,5	20,3	<10,0	32,0	31,2	<1,0	1,98	<0,033	0,41	305,3
V 2016	9,0	24	170,8	10,5	10,6	32,0	9,6	4,1	3,62	0,080	<0,05	241,5
IX 2016	8,1	12	201,3	<10	<10,0	44,0	14,4	4,2	1,71	0,129	0,25	265,7
ПДК [2]	—	—	—	350	500	—	50	200	45	3,3	1,5*	—
Требования к составу [3]	6,5-8,5	—	—	350	500	—	—	—	—	—	—	не >1000

Примечания: * — по азоту; «—» — нет данных.

Таблица 4

Свойства и макроионный состав снеговых вод, мг/дм³

Номер точки	Год	pH, ед.	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	Минерализация
2. Фон	2015	8,7	<10	54,9	<10	14,0	28,0	2,4	<1,0	5,97	<0,033	0,37	<0,002	100,0
	2016	7,5	<10	36,6	<10	<10	12,0	7,2	<1,0	2,52	0,049	0,20	<0,002	71,5
1	2015	7,6	<10	36,6	<10	10,9	16,0	4,8	<1,0	6,17	<0,033	0,22	<0,002	69,0
	2016	7,2	<10	36,6	<10	12,5	16,0	4,8	<1,0	3,52	0,053	0,21	<0,002	75,5
3	2015	8,0	<10	30,5	<10	<10	16,0	2,4	<1,0	4,29	<0,033	0,51	<0,002	58,3
	2016	6,4	<10	18,3	<10	<10	12,0	2,4	<1,0	2,28	<0,033	0,14	<0,002	46,2
5	2015	7,7	<10	30,5	<10	<10	16,0	2,4	<1,0	4,33	<0,033	0,37	<0,002	56,8
	2016	7,2	<10	36,6	<10	<10	16,0	2,4	<1,0	2,45	0,040	0,14	<0,002	67,7
6	2015	7,8	<10	18,3	<10	<10	4,0	2,4	<1,0	4,63	<0,033	0,47	<0,002	33,3
	2016	6,6	<10	24,4	<10	<10	12,0	2,4	<1,0	2,55	0,046	0,11	<0,002	51,9
7	2015	7,7	<10	24,4	<10	<10	12,0	2,4	<1,0	3,89	<0,033	0,37	<0,002	45,9
	2016	6,4	<10	18,3	<10	<10	8,0	7,2	<1,0	2,25	<0,033	0,14	<0,002	45,8
8	2016	6,2	<10	24,4	<10	<10	8,0	2,4	1,4	2,35	<0,033	0,11	<0,002	48,4

Таблица 5

Свойства и ионный состав (мг/л) атмосферных осадков на территории России

Год	pH	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	NO_3^-	NH_4^+	Минерализация
<i>Средневзвешенные за год концентрации ионов в осадках на станциях фонового мониторинга РФ</i>										
2014 [6]	3,6-7,8	0,3-6,2	0,5-1,8	1,2-2,8	0,2-0,9	0,4-2,1	0,1-0,4	0,4-2,1	0,2-0,8	5,1-14,2
2015 [7]	5,9-6,4	3,2-16,0	0,7-4,4	1,6-8,2	0,6-2,2	1,3-3,7	0,4-1,5	1,0-2,9	0,3-0,9	14,2-30,9
2016 [8]	5,4-6,3	0,4-2,9	0,3-1,6	0,9-3,7	0,2-1,0	0,5-1,2	0,1-0,6	0,5-2,0	0,3-0,9	–
2017 [9]	5,2-6,2	0,1-4,8	0,4-1,7	0,9-4,2	0,2-2,7	0,3-1,2	0,1-0,4	0,4-2,4	0,2-1,2	3,9-17,2
<i>Средневзвешенная концентрация ионов в осадках Сибирского федерального округа</i>										
2014 [6]	6,2	6,3	1,7	9,1	1,0	1,9	1,7	1,7	0,5	24,7
2015 [7]	6,2	6,2	1,6	8,2	1,1	1,7	1,5	1,6	0,5	–
2017 [9]	6,2	6,7	2,6	8,2	1,6	2,1	1,6	2,0	0,7	26,2

Примечание: «–» – нет данных.

Несимметричный диметилгидразин (НДМГ) обладает канцерогенным, эмбриотоксическим, гонадотоксическим, аллергенным эффектом, политропным действием, вызывает отравление при любых путях поступления в организм. НДМГ выделяется среди химических веществ высокой реакционной способностью и миграционной активностью в природных средах. Он представляет угрозу неблагоприятного воздействия на различные компоненты экосистемы вследствие вовлечения в биогеохимический круговорот [10-11]. При окислении в зависимости от условий образуются диметиламин, тетраметилтетразен, нитрозодиметиламин, метилендиметилгидразин, формальдегид и другие продукты окисления.

Исследованиями [11] установлено, что основным конечным продуктом распада НДМГ в почве является аммиак, в который превращается около 95 % вещества (из 1 моля НДМГ образуется 1,9 молей аммиака), допустимый уровень НДМГ в почве при прогнозировании опасности загрязнения грунтового потока превышает 10 мг/кг, а концентрация 0,3 мг/кг безопасна по миграционному водному показателю вредности с учетом поверхностного смыва вещества в открытые водоемы. Наименьшая концентрация НДМГ, при которой обнаруживаются значимые изменения биохимической активности почвы – 1,0 мг/кг. Согласно [11] пороговая концентрация

НДМГ в почве по влиянию на ферментативные процессы может быть принята на уровне 1,0 мг/кг. ПДК НДМГ в почвах составляет 0,1 мг/кг [12], в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – 0,02 мг/дм³ [10].

Нитрозодиметиламин (НДМА) хорошо растворим в воде, спирте, эфире и других органических растворителях. Обладает умеренной реакционной способностью за счет нитрозоаминной группы. Вступает в реакцию окисления и восстановления. В зависимости от восстанавливающего агента реакция может протекать с образованием несимметричного диметилгидразина, диметилгидразина, диметиламина и др. НДМА легко расщепляется под действием неорганических кислот и ультрафиолетового облучения на исходный амин и азотную кислоту. Для человека при попадании внутрь смертельные дозы НДМА в диапазоне 10-60 мг/кг. ПДК в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – 0,01 мг/дм³ [10].

Тетраметилтетразен (ТМТ) – продукт разложения несимметричного диметилгидразина. Растворим в воде и жирах. При остром отравлении проявляется раздражение слизистых дыхательных путей и угнетение деятельности нервной системы. Гибель наступает в течение суток. ПДК для воды [10] – 0,01 мг/дм³.

Таблица 6

Содержание НДМГ и его производных в компонентах природной среды (2016), мг/кг

Номер точки	НДМГ			НДМА		ТМТ	
	снег	почва	хвоя	снег	почва	снег	почва
2 – фон	<0,01	<0,02	<0,2	<0,01	<0,01	<0,1	<0,2
1	<0,01	<0,02	<0,2	<0,01	<0,01	<0,1	<0,2
3	<0,01	<0,02	<0,2	<0,01	<0,01	<0,1	<0,2
5	<0,01	<0,02	<0,2	<0,01	<0,01	<0,1	<0,2
6	<0,01	<0,02	<0,2	<0,01	<0,01	<0,1	<0,2
7	<0,01	<0,02	<0,2	<0,01	<0,01	<0,1	<0,2
8	<0,01	<0,02	<0,2	<0,01	<0,01	<0,1	<0,2

Таблица 7

Содержание загрязняющих веществ в воде и донных отложениях водных объектов, 2016 г.

Место отбора	Вещество	Содержание
<i>В воде водоемов, мг/дм³</i>		
Т 1, оз. Подгорное	НДМГ	<0,01
	НДМА	<0,01
	ТМТ	<0,1
Т 2, оз. Новый путь (фон)	НДМГ	<0,01
	НДМА	<0,01
	ТМТ	<0,1
<i>В донных отложениях, мг/кг</i>		
Т 4, р. Толгут	НДМГ	<0,02
	НДМА	<0,01
	ТМТ	<0,2

Ни в одном из исследуемых объектов НДМГ и продуктов его трансформации за все годы наблюдений не обнаружено. В качестве примера приведены данные за 2016 г. (табл. 6-7).

Выводы

Свойства почв мониторинговых площадок характеризуются фоновыми величинами показателей и варьируют в пределах естественной флуктуации. Изменение химического состава почв за три года наблюдений не установлено.

Воздействие Химзавода – филиала ОАО «КРАСМАШ» на окружающую среду квалифицируется как допустимое, поскольку содержание загрязняющих веществ в компонентах природной среды находится в пределах ПДК.

Выбросы Химзавода – филиала ОАО «КРАСМАШ» на протяжении всего периода наблюдений не оказывают негативного влияния на компоненты ландшафтов вне производственных площадок.

Не выявлено воздействия завода и на гидрохимию сопряженных водоемов. Все отобранные пробы воды соответствует нормативным требованиям, предъявляемым к водам водных объектов хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рекреационного водопользования.

Жидкая фаза снега района исследования характеризуется высоким в сравнении с данными по Сибирскому федеральному округу и по России содержанием макрокомпонентов, нитратов, более щелочной реакцией среды. Однако превышения концентраций компонентов химического состава снеговых вод над местным фоном не выявлено.

Список литературы

1. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – М., 2006.
2. Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – М., 2003.

3. СанПиН 2.1.5.980-00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод. – М., 2000.
4. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1953. – 296 с.
5. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справ. – Эколайн, 2000. <http://www.ecoline.ru/mc>.
6. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2014 г. – М., Росгидромет, 2015. – <http://www.meteorf.ru/>.
7. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2015 г. – М., Росгидромет, 2016. – <http://www.meteorf.ru/>.
8. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2016 г. – М., Росгидромет, 2017. – <http://www.meteorf.ru/>.
9. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2017 г. – М., Росгидромет, 2018. – <http://www.meteorf.ru/>.
10. ГОСТ Р 52985-2008 Экологическая безопасность ракетно-космической техники. Общие технические требования.
11. Шкаева И.Е., Радилов А.С., Дулов С.А. и др. Обоснование гигиенического стандарта безопасности (ПДК) несимметричного диметилгидразина в почве // Мир науки, культуры, образования. – 2010. – № 5 (24). – С. 267-271.
12. Гигиенический норматив ГН 2.1.7.2735-10 «Предельно допустимая концентрация (ПДК) 1,1-диметилгидразина (гептила) в почве» – М., 2010.

References

1. Gigiyenicheskiye normativy GN 2.1.7.2041-06 Predelno dopustimye kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v pochve. – М., 2006.
2. Gigiyenicheskiye normativy GN 2.1.5.1315-03 Predelno dopustimye kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v vode vodnykh ob'yektov khozyaystvenno-pityevogo i kulturno-bytovogo vodopolzovaniya. – М., 2003.
3. SanPiN 2.1.5.980-00 Gigiyenicheskiye trebovaniya k okhrane poverkhnostnykh vod. – М., 2000.
4. Alekin O.A. Osnovy gidrokhimii. – L.: Gidrometeoizdat, 1953. – 296 s.
5. Guseva T.V., Molchanova Ya.P., Zaika Ye.A. i dr. Gidrokhimicheskiye pokazateli sostoyaniya okruzhayushchey sredy: sprav. – Ekolayn, 2000. <http://www.ecoline.ru/mc>.
6. Obzor sostoyaniya i zagryazneniya okruzhayushchey sredy v Rossyskoy Federatsii za 2014 g. – М., Rosgidromet, 2015. – <http://www.meteorf.ru/>.
7. Obzor sostoyaniya i zagryazneniya okruzhayushchey sredy v Rossyskoy Federatsii za 2015 g. – М., Rosgidromet, 2016. – <http://www.meteorf.ru/>.
8. Obzor sostoyaniya i zagryazneniya okruzhayushchey sredy v Rossyskoy Federatsii za 2016 g. – М., Rosgidromet, 2017. – <http://www.meteorf.ru/>.
9. Obzor sostoyaniya i zagryazneniya okruzhayushchey sredy v Rossyskoy Federatsii za 2017 g. – М., Rosgidromet, 2018. – <http://www.meteorf.ru/>.
10. GOST R 52985-2008 Ekologicheskaya bezopasnost raketno-kosmicheskoy tekhniki. Obshchiye tekhnicheskiye trebovaniya.
11. Shkayeva I.E., Radilov A.S., Dulov S.A. i dr. Obosnovaniye gigiyenicheskogo standarta bezopasnosti (PDK) nesimmetrichnogo dimetilgidrazina v pochve // Mir nauki, kultury, obrazovaniya. – 2010. – № 5 (24). – S. 267-271.
12. Gigiyenicheskiy normativ GN 2.1.7.2735-10 «Predelno dopustimaya kontsentratsiya (PDK) 1,1-dimetilgidrazina (geptila) v pochve» – М., 2010.

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF GROUND AND WATER
ECOSYSTEMS IN THE AREA OF ELIMINATION OF ROCKET
EQUIPMENT AT CHEMICAL PLANT, A BRANCH OF «KRASMASH»
PUBLIC CORPORATION (KRASNOYARSK KRAI)

I.V. Gorbachev, T.A. Rozhdestvenskaya, A.V. Puzanov, A.V. Saltykov, A.V. Tarabara

¹Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, E-mail: giv1980@yandex.ru

²ООО «EkoRK», Moscow, E-mail: avtrbr@mail.ru

Environmental monitoring was implemented in the course of elimination of liquid-bone ballistic missiles of submarines outside the chemical plant, a branch of «KRASMASH» public corporation. Snow cover, soils, plant materials (acerose leaves), surface water and bottom sediments were studied. Three year-observations give no evidence of any environmental component pollution. Quantitative and qualitative indicators of their state are within the background ones. Rocket fuel (asymmetric dimethylhydrazine) and its derivatives were not detected in terrestrial and aquatic ecosystems.

Keywords: environmental monitoring, soil, snow cover, surface and snow waters, vegetation, bottom sediments, asymmetric dimethylhydrazine, nitrosodimethylamine, tetramethyltetrazene.

Received March 2, 2019

УДК 556.5; 574.5

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА МАНЖЕРОКСКОЕ ПО ПИГМЕНТНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ФИТОПЛАНКТОНА

А.В. Котовщиков

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

По данным экспедиционных обследований 2007, 2010 и 2018 гг., включающих один зимний и два летних периода, изучено количество и соотношение фотосинтетических пигментов фитопланктона озера. Выявлено высокое содержание хлорофилла а (Хл а) в воде, которое соответствовало уровню гиперэвтрофных водоемов во все периоды. Летом повышенное обилие фитопланктона было характерно для открытой части озера. Сообщества водорослей на заросших участках умеренно развиты, а их пигментный состав более разнообразен. Изучение характеристик фитопланктона после проведения рекультивации озера в 2018 г. выявило почти полное отсутствие в нем живых водорослей. В этот период водная взвесь содержала осадочные растительные пигменты сапропеля с максимальной концентрацией Хл а в воде – 237 мг/м³. Качество воды в озере по содержанию Хл а во все периоды соответствовало классу 4 (загрязненная).

Ключевые слова: водоросли, хлорофилл, гумифицированное озеро, сапропель, трофический статус, качество воды.

DOI: 10.24411/2410-1192-2019-15208

Дата поступления 4.03.2019

Манжерокское озеро расположено в долине р. Катунь у подножия ее правого склона на абсолютной высоте 373 м (77 м над урезом реки). Высота гор, окаймляющих долину в этом месте, составляет 900-1150 м. Озеро мелководное, слабопроточное, эллипсовидной формы, в длину имеет 1000 м, в ширину – 400 м, его площадь – 376000 м². Озерная котловина представляет собой плоскодонную впадину с пологими склонами [1-6]. Максимальная глубина до 2018 г. составляла 3,3 м, а после проведенных летом 2018 г. дноуглубительных работ, стала достигать 5 м и более.

Питание озера осуществляется за счет грунтового потока со склонов гор, а также подземными водами глубинных разломов, которые разгружаются через родники [5]. Область питания озера составляет 9,5 км² [4]. Из озера вытекает ручей, который впадает в реку Едрала – правый приток р. Катунь. В засушливые периоды значительная часть воды ухо-

дит в подстилающие рыхлые отложения [5]. Испарение с открытой водной поверхности может достигать 50 % расходной части водного баланса [4].

Режим озера определил условия для его интенсивной эвтрофикации. Котловина заполнена тонкодисперсными илами – желеобразными темно-бурыми сапропелями [7] с высоким содержанием органического вещества (20-30 %). Мощность сапропелевых илов до их частичного изъятия в 2018 г. составляла 2,0-5,4 м. [5, 8]. Вода в озере имеет темную желтовато-коричневую и коричневую окраску, что характерно для гумифицированных водоемов. До проведения дноуглубительных работ озеро интенсивно зарастало высшей водной растительностью. Площадь сообществ кувшинки чисто-белой и гидриллы муточатой составляла около 35-40 % акватории. Не заросшими оставались только центральная часть водоема и участок вдоль северо-западного берега [9].

Озеро Манжерокское является памятником природы республиканского значения и является одним из популярных туристических объектов Горного Алтая. Высокая степень рекреационной нагрузки на озеро способствует развитию негативных процессов трансформации и деградации его экосистемы [10]. Это обуславливает необходимость оценки его экологического состояния.

В современных гидроэкологических исследованиях в качестве показателя уровня развития водорослей используют содержание хлорофилла (Хл) *a* как основного фотосинтетического пигмента водорослей [11-13]. Концентрация Хл *a*, рассчитанная на единицу объема воды, считается универсальным эколого-физиологическим показателем, который позволяет получить сведения о пространственном распределении фитопланктона, санитарно-биологических характеристиках качества воды и трофическом статусе водоемов [14-17]. В процессе фотосинтеза могут участвовать дополнительные Хл *b* и *c*. Значения соотношения различных пигментов используют в качестве инструмента предварительной идентификации основных групп водорослей [18]. Для оценки функциональной активности и физиологического состояния сообщества водорослей определяют содержание дегра-

дированных форм Хл – феопигментов (Фео). Накопление желтых пигментов – каротиноидов (К) – в фитопланктоне считается признаком физиологического неблагополучия водорослей [19]. Это отмечают при старении популяции, истощении минерального питания, при недостатке или избытке света. Для оценки соотношения желтых и зеленых пигментов используют показатель К/Хл, а также пигментный индекс (ПИ), выраженный через отношение оптических плотностей ацетонового экстракта в соответствующих максимумах поглощения (E_{430}/E_{664}) [20]. Повышение этого отношения свидетельствует об ухудшении состояния сообщества и увеличении его пигментного разнообразия [21]. Для нормально функционирующего фитопланктона индекс равен обычно 1,3-4,0 [22].

Целью работы была оценка экологического состояния озера по количеству и соотношению фотосинтетических пигментов фитопланктона.

Материалы и методы

Пробы воды для определения содержания фотосинтетических пигментов фитопланктона отбирали 29 марта 2007 г., 9 июля 2010 г. и 8 августа 2018 г. из поверхностного горизонта в разных частях акватории озера (рис.).

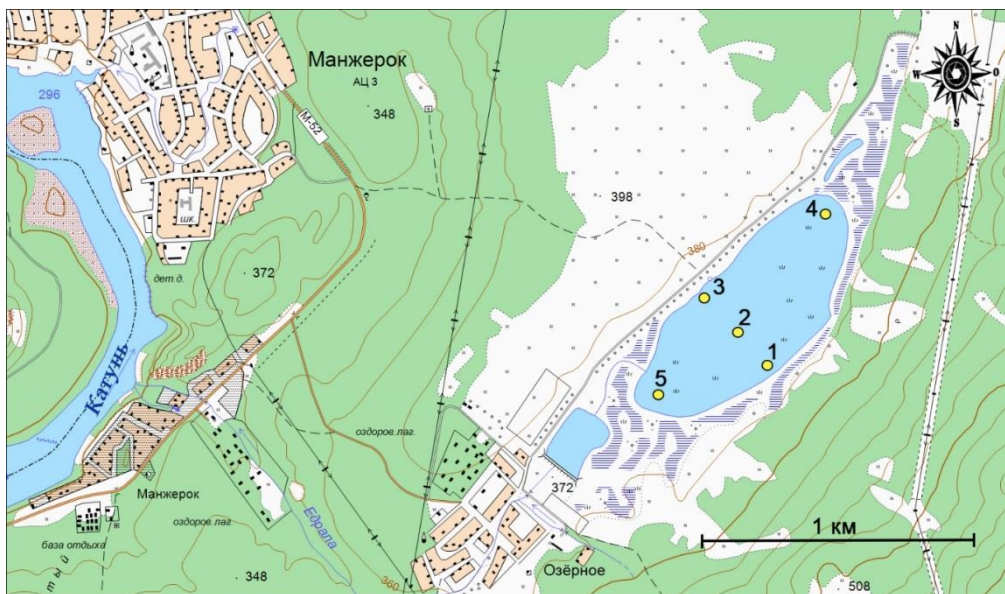


Рис. Карта оз. Манжерокское и его окрестностей с указанием станций отбора проб

В 2010 г. станции 1, 4 и 5 были расположены в сообществах кувшинки чисто-белой. Водоросли планктона концентрировали из воды фильтрованием через мембраны «Владипор» типа МФАС-ОС-3 с диаметром пор 0,8 мкм. Содержание фотосинтетических пигментов анализировали спектрофотометрическим методом в ацетоновом экстракте [23-24].

Результаты и обсуждение

Содержание Хл *a* в планктоне озера во все даты обследования было очень высоким (табл.). В большинстве случаев значения превышали 25 мг/м³, т.е. соответствовали гиперэвтрофным водоемам по международной шкале [17].

В марте 2007 г., в конце периода ледостава, концентрация Хл *a* варьировала по акватории от 40 до 98 мг/м³. Максимум отмечен у северо-западного берега в районе пляжа. Доля Хл *a* в сумме с Хл *b* и Хл *c* была высокой и большей частью превышала 90 %, что свойственно планктону высокой плотности. Хл *b* практически отсутствовал, а вклад Хл *c* составлял заметную часть 8-16 %. Это

обусловлено доминированием в планктоне в это время криптофитовых водорослей [25], содержащих Хл *c*. Несмотря на неблагоприятные условия освещенности подо льдом, относительное содержание Фео, а также показатели К/Хл и ПИ были низкими, что свидетельствует о нормальном физиологическом состоянии водорослей в этот период. Это объясняется тем, что большинство криптофитовых жгутиконосцев способны к жизнедеятельности при ограниченном поступлении света, т.к. переходят к гетеротрофии. Объектами их питания являются в т.ч. клетки бактериопланктона, вероятно, хорошо развитого в этом гумифицированном водоеме.

Содержание в воде большого количества биогенных и органических веществ косвенно подтвердила токсикологическая оценка. Вода из озера стимулировала рост клеток зеленых водорослей и увеличивала плодовитость низших ракообразных. Скорее всего, этот эффект не связан с токсическим загрязнением озера, а обусловлен естественным наличием в воде питательных веществ [26].

Таблица

Пигментные характеристики фитопланктона оз. Манжерокское

Стан- ция	Н, м	Т, °С	Хл <i>a</i> , мг/м ³	Доля хлорофиллов, %			Фео, %	К/Хл	ПИ
				<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>			
29 марта 2007 г. (толщина льда 0,5-0,6 м)									
1	1,5	0,5	39,5	92,2	0	7,8	21,6	0,62	2,04
2	1,8	1,5	44,7	91,6	0	8,4	20,6	0,65	2,04
3	1,6	0,8	98,0	83,2	1,1	15,6	28,0	0,92	2,52
4	0,8	0,8	54,9	89,4	1,6	9,0	19,5	0,78	2,12
5	1,0	0,8	47,9	90,4	0	9,6	25,6	0,70	2,02
9 июля 2010 г.									
1	3,3	19,6	66,3	96,8	0	3,2	7,8	0,55	1,73
2	3,2	19,6	94,4	95,7	0	4,3	4,8	0,51	1,66
3	2,4	19,8	27,3	94,3	0,5	5,2	22,3	0,63	1,89
4	2,1	22,0	9,69	81,1	4,3	14,6	40,1	0,84	2,25
5	2,8	22,0	13,5	89,2	0,9	9,9	32,0	0,74	2,10
8 августа 2018 г.									
2	5,0	25,0	237	76,7	22,9	0,4	97,2	0,89	2,32
3	2,2	21,3	188	76,8	22,5	0,6	97,5	0,90	2,32

Примечание: Н – глубина в месте отбора проб; Т – температура воды.

В июле 2010 г. содержание Хл *a* составляло 9,7-94 мг/м³. Максимум отмечен в открытой части озера, а наименьшие значения (<14 мг/м³) наблюдались в северо-восточной и юго-западной частях озера, обильно заросших высшей водной растительностью. Доля Хл *a* в сумме с дополнительными хлорофиллами, так же как и подо льдом, была очень высокой (до 97 %). Вклад Хл *b* и Хл *c* был наиболее заметен в заросших макрофитами частях озера. В этих же пунктах отмечены повышенные значения Фео и пигментных показателей (К/Хл и ПИ). Такие особенности пигментного состава свидетельствуют, что в условиях, создаваемых высшей водной растительностью, развивается более разнообразный фитопланктон с умеренным обилием. В составе летнего фитопланктона озера преобладают в основном зеленые водоросли и цианопрокариоты, диатомовые играют второстепенную роль [25].

В августе 2018 г., после проведения дноуглубительных работ, вода в озере представляла собой суспензию донных отложений (ила). Прозрачность воды не превышала нескольких сантиметров. Поэтому изученный пигментный состав скорее характеризовал не сообщество фитопланктона, а фонд осадочных растительных пигментов водоема. Концентрация Хл *a* в воде достигала 237 мг/м³. Значительная доля Хл *b* (до 24 %) в составе зеленых пигментов в этот период может быть связана с непланктонной природой пигментов. Известно, что Хл *b* является одним из вспомогательных пигментов фотосинтеза у высших растений [27]. Значительный объем седиментации в оз. Манжерокское, очевидно, давали отмершие остатки макрофитов, занимавших в предыдущие годы до 40 % его акватории [9]. Кроме того, важной частью сообществ бескислородных илов являются анаэробные

фототрофные бактерии [28]. Максимум поглощения ацетонового экстракта некоторых бактериохлорофиллов близок к таковому Хл *b* фитопланктона [29]. Вся биомасса хлорофилла практически полностью (до 98 %) была представлена разрушенными формами (Фео), что характерно для пигментного состава донных отложений [30]. Значения К/Хл и ПИ были относительно низкими, что связано с высоким содержанием осадочного хлорофилла в воде.

Заключение

Проведенные исследования показали, что уровень развития фитопланктона в оз. Манжерокское (по концентрации Хл *a*) и в зимний и в летний периоды был очень высоким и соответствовал гиперэвтрофным водоемам. Высокое обилие водорослей подо льдом было обусловлено доминированием криптофитовых жгутиконосцев, что подтверждено относительными пигментными показателями. В летний период наибольшее развитие фитопланктона отмечали в открытой части озера. На участках, заросших высшей водной растительностью, фитопланктон характеризовался умеренным обилием и высоким пигментным разнообразием. Сразу после проведения рекультивации озера летом 2018 г. вода в озере содержала большое количество взмученного сапропеля. Изученный в это время пигментный состав характеризовал не сообщество фитопланктона, а осадочные растительные пигменты водоема. Концентрация Хл *a* в воде при этом достигала максимальной величины – 237 мг/м³. По наиболее часто встречающимся значениям концентрации Хл *a*, как одного из эколого-санитарных (трофо-сапробиологических) показателей качества [31], вода озера соответствует классу 4 (загрязненная).

Список литературы

1. Селедцов Н.Г. Айское, Манжерокское и Теньгинское озера Горного Алтая // Изв. Алт. отд. Географ. об-ва СССР. – 1963. – Вып. 2. – С. 54-73.

2. Гурский Г.В., Топольник Л.П., Миронов В.В. Геологическое строение и полезные ископаемые площади листов М-45-4-Г, М-45-16-Б (Горный Алтай) // Отчет Манжерокской партии по геолого-съемочным работам масштаба 1:50000 за 1970-1972 гг. – Новокузнецк, 1973.
3. Ильин В.В. Флора и растительность Манжерокского озера (Алтай) // Ботанический журнал. – 1982. – Т. 67. – № 2. – С. 210-220.
4. Галахов В.П. Водный баланс озера Манжерок // Мир науки, культуры, образования. – 2008. – № 1 (8). – С. 26-29.
5. Цимбалей Ю.М. Экологические проблемы рекреационного освоения озера Манжерокское (Северный Алтай) // Мир науки, культуры, образования. – 2008. – № 2 (9). – С. 22-26.
6. Русанов Г.Г., Важов С.В. Нерешенные проблемы озер Манжерокское и Ая. – Бийск: АГПИУ им. В.М. Шукшина, 2017. – 168 с.
7. Бляхарчук Т.А., Митрофанова Е.Ю., Эйрих А.Н. Комплексные палеоэкологические исследования донных отложений озера Манжерокское в предгорьях Алтая // Тр. Карельского научного центра РАН. – 2015. – № 9. – С. 81-99.
8. Бурение для оценки мощности донных отложений оз. Манжерок в Майминском районе Республики Алтай: отчет о геологических работах. ОАО АлтайТИСИЗ. – Барнаул, 2007. – 15 с.
9. Зарубина Е.Ю., Соколова М.И. Трансформация структуры растительного покрова Манжерокского озера (Республика Алтай) за 35-летний период // Вест. Томского гос. ун-та. Биология. – 2016. – № 4 (36). – С. 47-61.
10. Важов В.М., Черемисин А.А., Яськов М.И., Фефелова А.Ю. Озеро Манжерокское: состояние и перспективы // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2017. – № 2-1. – С. 84-88.
11. Mischke U., Venohr M., Behrendt H. Using Phytoplankton to Assess the Trophic Status of German Rivers // Int. review of hydrobiology. – 2011. – Vol. 96. – Iss. 5. – P. 578-598.
12. Haggard B.E., Scott J.T., Longing S.D. Sestonic Chlorophyll-a Shows Hierarchical Structure and Thresholds with Nutrients across the Red River Basin, USA // J. of environmental quality. – 2013. – Vol. 42. – Iss. 2. – P. 437-445.
13. Tracking management-related water quality alterations by phytoplankton assemblages in a tropical reservoir / Hu. R. et al. // Hydrobiologia. – 2016. – Vol. 763. – Iss. 1. – P. 109-124.
14. Сиренко Л.А. Определение содержания растительных пигментов в среде как показатель интенсивности развития водорослей // Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике. – Киев: Наук. думка, 1975. – С. 48-50.
15. Курейшевич А.В. Пигменты фитопланктона и факторы, влияющие на их содержание в водоеме (на примере Днепровских водохранилищ): автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Киев, 1988. – 24 с.
16. Елизарова В.А. Хлорофилл как показатель биомассы фитопланктона // Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоемов. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – С. 126-131.
17. Environment Canada: national guidelines and standards office. Water policy and coordination directorate. Canadian guidance framework for the management of phosphorus in freshwater system. – Ottawa: National Guidelines and Standards Office Water Policy and Coordination Directorate Environment Canada, 2004. – Report № 1-8. – 133 p.
18. Variation of phytoplankton assemblages of Kongsfjorden in early autumn 2012: a microscopic and pigment ratio-based assessment / Bhaskar J.T. et al. // Environmental monitoring and assessment. – 2016. – Vol. 188. – Iss. 4. – Number: UNSP 224.

19. Foy R.H. A comparison of chlorophyll a and carotenoid concentrations as indicators of algal volume // *Freshwater Biol.* – 1987. – Vol. 17. – № 2. – P.237-250.
20. Margalef R. Correlations entre certain caracteres synthetiques des populations de phytoplankton // *Hydrobiologia.* – 1961. – Vol. 18. – P. 155-164.
21. Минеева Н.М. Растительные пигменты в воде Волжских водохранилищ. – М.: Наука, 2004. – 156 с.
22. Бульон В.В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов. – Л.: Наука, 1983. – 150 с.
23. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 320 с.
24. ГОСТ 17.1.4.02-90. Государственный контроль качества воды. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла *a*. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – С. 587-600.
25. Митрофанова Е.Ю. Подледный фитопланктон мелководного Манжерокского озера (Горный Алтай, Россия) // *Мир науки, культуры, образования.* – 2009. – № 5 (17). – С. 16-19.
26. Горгуленко В.В., Кириллов В.В. Токсикологическая оценка качества воды озера Манжерокское (Западная Сибирь) в подледный период // *Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: матер. III междунар. науч. конф. (Минск, Нарочь, 17-22 сентября 2007 г.).* – Минск: Изд-во БГУ, 2007. – С. 306-307.
27. Тарчевский И.А. Основы фотосинтеза. – М.: Высшая школа, 1977. – 253 с.
28. Кузнецов С.И. Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность. – Л.: Наука, 1970. – 440 с.
29. Hurley J.P., Watras C.J. Identification of bacteriochlorophylls in lakes via reverse-phase HPLC // *Limnol. Oceanogr.* – 1991. – № 36(2). – P. 307-315.
30. Сигарева Л.Е. Хлорофилл в донных отложениях волжских водоемов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 217 с.
31. Окснюк О.П. и др. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // *Гидробиол. журн.* – 1993. – № 29 (4). – С. 62-76.

References

1. Seledtsov N.G. Ayskoye, Manzherokskoye i Tenginskoye ozera Gornogo Altaya // *Izv. Alt. otd. Geograf. ob-va SSSR.* – 1963. – Вып. 2. – С. 54-73.
2. Gursky G.V., Topolnik L.P., Mironov V.V. Geologicheskoye stroeniye i poleznye iskopyayemye ploshchadi listov M-45-4-G, M-45-16-B (Gorny Altay) // *Otchet Manzherokskoy partii po geologo-syemochnym rabotam masshtaba 1:50000 za 1970-1972 gg.* – Novokuznetsk, 1973.
3. Ilyin V.V. Flora i rastitelnost Manzherokskogo ozera (Altay) // *Botanichesky zhurnal.* – 1982. – Т. 67. – № 2. – С. 210-220.
4. Galakhov V.P. Vodny balans ozera Manzherok // *Mir nauki, kultury, obrazovaniya.* – 2008. – № 1 (8). – С. 26-29.
5. Tsimbaley Yu.M. Ekologicheskiye problemy rekreatsionnogo osvoyeniya ozera Manzherokskoye (Severny Altay) // *Mir nauki, kultury, obrazovaniya.* – 2008. – № 2 (9). – С. 22-26.
6. Rusanov G.G., Vazhov S.V. Nereshennyye problemy ozer Manzherokskoye i Aya. – Bysk: AGGPU im. V.M. Shukshina, 2017. – 168 s.
7. Blyakharchuk T.A., Mitrofanova Ye.Yu., Eyrikh A.N. Kompleksnyye paleoekologicheskiye issledovaniya donnykh otlozheniy ozera Manzherokskoye v predgoryakh Altaya // *Tr. Karelskogo nauchnogo tsentra RAN.* – 2015. – № 9. – С. 81-99.

8. Bureniye dlya otsenki moshchnosti donnykh otlozheny oz. Manzherok v Mayminskom rayone Respubliki Altay: otchet o geologicheskikh rabotakh. OAO AltayTISIZ. – Barnaul, 2007. – 15 s.
9. Zarubina Ye.Yu., Sokolova M.I. Transformatsiya struktury rastitelnogo pokrova Manzherokskogo ozera (Respublika Altay) za 35-letny period // Vest. Tomskogo gos. un-ta. Biologiya. – 2016. – № 4 (36). – S. 47-61.
10. Vazhov V.M., Cheremisin A.A., Yaskov M.I., Fefelova A.Yu. Ozero Manzherokskoye: sostoyaniye i perspektivy // Sovremennyye tendentsii razvitiya nauki i tekhnology. – 2017. – № 2-1. – S. 84-88.
11. Mischke U., Venohr M., Behrendt H. Using Phytoplankton to Assess the Trophic Status of German Rivers // Int. review of hydrobiology. – 2011. – Vol. 96. – Iss. 5. – P. 578-598.
12. Haggard B.E., Scott J.T., Longing S.D. Sestonic Chlorophyll-a Shows Hierarchical Structure and Thresholds with Nutrients across the Red River Basin, USA // J. of environmental quality. – 2013. – Vol. 42. – Iss. 2. – P. 437-445.
13. Tracking management-related water quality alterations by phytoplankton assemblages in a tropical reservoir / Hu. R. et al. // Hydrobiologia. – 2016. – Vol. 763. – Iss. 1. – P. 109-124.
14. Sirenko L.A. Opredeleniye sodержaniya rastitelnykh pigmentov v srede kak pokazatel intensivnosti razvitiya vodorosley // Metody fiziologo-biokhimicheskogo issledovaniya vodorosley v gidrobiologicheskoy praktike. – Kiyev: Nauk. dumka, 1975. – S. 48-50.
15. Kureyshevich A.V. Pigmenty fitoplanktona i faktory, vliyayushchiye na ikh sodержaniye v vodoyeme (na primere Dneprovskikh vodokhranilishch): avtoref. diss. ... kand. biol. nauk. – Kiyev, 1988. – 24 s.
16. Elizarova V.A. Khlorofill kak pokazatel biomassy fitoplanktona // Metodicheskiye voprosy izucheniya pervichnoy produktsii planktona vnutrennikh vodoyemov. – SPb.: Gidrometeoizdat, 1993. – S. 126-131.
17. Environment Canada: national guidelines and standards office. Water policy and coordination directorate. Canadian guidance framework for the management of phosphorus in freshwater system. – Ottawa: National Guidelines and Standards Office Water Policy and Coordination Directorate Environment Canada, 2004. – Report № 1-8. – 133 p.
18. Variation of phytoplankton assemblages of Kongsfjorden in early autumn 2012: a microscopic and pigment ratio-based assessment / Bhaskar J.T. et al. // Environmental monitoring and assessment. – 2016. – Vol. 188. – Iss. 4. – Number: UNSP 224.
19. Foy R.H. A comparison of chlorophyll a and carotenoid concentrations as indicators of algal volume // Freshwater Biol. – 1987. – Vol. 17. – № 2. – P. 237-250.
20. Margalef R. Correlations entre certains caracteres synthetiques des populations de phytoplankton // Hydrobiologia. – 1961. – Vol. 18. – P. 155-164.
21. Mineyeva N.M. Rastitelnye pigmenty v vode Volzhskikh vodokhranilishch. – M.: Nauka, 2004. – 156 s.
22. Bulyon V.V. Pervichnaya produktsiya planktona vnutrennikh vodoyemov. – L.: Nauka, 1983. – 150 s.
23. Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem / Pod red. V.A. Abakumova. – SPb.: Gidrometeoizdat, 1992. – 320 s.
24. GOST 17.1.4.02-90. Gosudarstvenny kontrol kachestva vody. Metodika spektrofotometricheskogo opredeleniya khlorofilla a. – M.: Izd-vo standartov, 2003. – S. 587-600.
25. Mitrofanova Ye.Yu. Podledny fitoplankton melkovodnogo Manzherokskogo ozera (Gorny Altay, Rossiya) // Mir nauki, kultury, obrazovaniya. – 2009. – № 5 (17). – S. 16-19.
26. Gorgulenko V.V., Kirillov V.V. Toksikologicheskaya otsenka kachestva vody ozera Manzherokskoye (Zapadnaya Sibir) v podledny period // Ozernye ekosistemy: biologicheskiye protsessy, antropogennaya transformatsiya, kachestvo vody: mater. III mezhdunar. nauch. konf. (Minsk, Naroch, 17-22 sentyabrya 2007 g.). – Minsk: Izd-vo BGU, 2007. – S. 306-307.

27. Tarchevsky I.A. Osnovy fotosinteza. – M.: Vysshaya shkola, 1977. – 253 s.
28. Kuznetsov S.I. Mikroflora ozer i eye geokhimicheskaya deyatel'nost'. – L.: Nauka, 1970. – 440 s.
29. Hurley J.P., Watras C.J. Identification of bacteriochlorophylls in lakes via reverse-phase HPLC // Limnol. Oceanogr. – 1991. – № 36(2). – P. 307-315.
30. Sigareva L.E. Khlorofill v donnykh otlozheniyakh volzhskikh vodoyemov. – M.: To-varishchestvo nauchnykh izdany KMK, 2012. – 217 s.
31. Oksiyuk O.P. i dr. Kompleksnaya ekologicheskaya klassifikatsiya kachestva poverkhnostnykh vod sushi // Gidrobiol. zhurn. – 1993. – № 29 (4). – S. 62-76.

ASSESSMENT OF ECOLOGICAL STATE OF LAKE MANZHEROKSKOYE BY PIGMENT CHARACTERISTICS OF PHYTOPLANKTON

A.V. Kotovshchikov

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

Based on field research during one winter and two summer periods of 2007, 2010 and 2018, the number and ratio of photosynthetic pigments of the lake phytoplankton were studied. High content of Chl-a in water, which corresponded to the level of hypereutrophic water bodies in all periods, was revealed. In summer, high abundance of phytoplankton was characteristic of the open part of the lake. Algae communities in overgrown areas are moderately developed, and their pigment composition is more diverse. The study of pigment characteristics of phytoplankton after lake reclamation in 2018 revealed almost complete absence of living algae. During this period, the water suspension contained sedimentary plant pigments of sapropel with a maximum concentration of Chl-a in water – 237 mg/m³. The lake water quality in terms of Chl-a content in all periods corresponded to class 4 (polluted).

Key words: phytoplankton, chlorophyll, humified lake, sapropel, trophic state, water quality.

Received March 4, 2019

ХРОНИКА СОБЫТИЙ ♦ CHRONICLE OF EVENTS

К 90-ЛЕТИЮ АЛЕКСЕЯ МИХАЙЛОВИЧА МАЛОЛЕТКО

Г.Я. Барышников

Алтайский государственный университет, Барнаул



6 марта 2019 г. исполнилось бы 90 лет Алексею Михайловичу Малолетко. Он совсем немного не дожил до своего славного юбилея. Будущий доктор географических наук, профессор Томского и Алтайского государственных университетов мог и не достичь таких высот, если бы не ряд совершенно случайных событий. Об этом мне стало известно из его разрозненных бессистемных рассказов. Родился он в простой крестьянской семье, проживавшей в то время в деревне Николо-Петровка Минусинского района Красноярского края. В начале коллективизации (1930-е гг.) семья переехала в шахтерский поселок Черногорские копи (ныне г. Черногорск) в Хакасии, где он пошел в школу, которую окончил в 1946 г.

По настоянию учительницы русского языка и литературы Ганчуковой Марии Аркадьевны он поехал в Томск поступать на историко-филологический факультет университета, на котором она когда-то училась. Послав в Томск необходимые документы, Алексей вскоре получил вызов. На первых вступительных экзаменах он получил две четверки, и вдруг парень, с которым он проживал в одной комнате общежития и который поступал на географический факультет, сказал, что в приемной комиссии он случайно подслушал разговор, что Алексея не зачислят. Впереди была еще пара экзаменов, а у будущего географа – пятерка и четверка!.. Что же делать? И Алексей поверил ему, что надо поступать на географический факультет, где был, кстати, недобор абитуриентов. В то время все претенденты на студенты университета сдавали единые экзамены. Алексей обратился в приемную комиссию и написал заявление: «Если не пройду по конкурсу на историко-филологический факультет, прошу зачислить на географический».

И вот экзамены сданы, надо ехать домой и ожидать судьбоносного решения приемной комиссии. Мать перед отъездом Алексея в Томск говорила: «Вот тебе деньги на поездку туда, а обратно – как сумеешь». А дорога-то долгая – трое суток в пути, предстояло сделать три пересадки (Тайга, Ачинск, Абакан). Как без денег? Только на крыше вагона. На станции Сон (Красноярская ж.д.) на привокзальном базарчике женщина продавала пирожки. Такие аппетитные! Так вкусно пахли! И Алексей не удержался от соблазна. Достал из

чемоданчика кусочек мыла (дефицит!) и протянул в обмен на еду. Женщина не могла отказаться от такой редкости и подала пирожок, а потом, внимательно посмотрев на голодного парня, дала еще один.

Накануне первого сентября Алексей с тревогой ждал вызова на занятия, но его все не было. И он принял решение – ехать в Томск. С тревогой подходил он к университету. На стенах первого этажа – фанерные стенды со списками студентов-первокурсников. Алексей нашел историко-филологический факультет и дважды пересмотрел списки. Результат отрицательный – фамилии Малолетко не было! И вдруг он вспомнил про заявление о географическом факультете. Удача! Его имя есть в списке первокурсников-географов! Теперь он студент, и надо идти в деканат, чтобы взять направление в общежитие.

В пятиэтажном здании Алексея встретила комендант Валентина Ивановна, которая к студенту отнеслась с материнской симпатией. Оказалось, он похож был на ее сына, который погиб на фронте. И она пообещала хорошее место и поселила на втором этаже, недалеко от винтовой лестницы, в небольшой трехместной комнате. Когда комендант привела студента, там уже жили двое – участники войны, оба с последствиями тяжелых ранений: Иван Кузьмич Тюнин был без глаза, другой – Петр Степанов – без ноги. Комендант представила студента: «Это мой сыночек! Прошу не обижать его». Бывшие фронтовики дружно побещали ей это. Вскоре они купили бутылку водки – надо выпить за знакомство (повод для выпивки). Налили и Алексею, он пил впервые. Водка показалась приятной, даже сладкой. Алексей сказал об этом новым знакомцам, тогда один из них отвечал: «Попьешь с наше – тоже будешь морщиться!» Но студент недолго жил с фронтовиками. Вскоре он стал им мешать, и они вежливо попросили его уйти прочь. Тогда он перешел в сосед-

нюю комнату, где стал ее седьмым жильцом.

Обучение в университете началось с трудового семестра. Всех первокурсников направили на уборку урожая в ближайшие колхозы. Первокурсникам-географам пришлось работать в пос. Красный Яр (левый берег Оби). Старенький пароход «Обь», не торопясь, доставил их до места. Студентов разместили в двух больших комнатах. Молчаливая колхозница сытно накормила. Ребята всегда усердно выполняли порученную им нехитрую работу. За три недели, которые пролетели почти незаметно, студенты лучше узнали друг друга, и между ними завязались даже дружеские отношения. В результате поездки студенческая группа стала хорошим коллективом.

Но это был не первый, да и не последний случай дарового использования студенческого труда. Как рассказывал один из преподавателей географического факультета Алексей Анисимович Земцов (1920-2001), в годы войны студентов направляли на Томский электромеханический завод, где они работали в литейном цехе, отливая корпуса мин. В те же годы университет для отопления учебных корпусов и общежитий своими силами добывал даже уголь на шахтах Кузбасса. Из парней-старшекурсников формировалась бригада, и они как заправские шахтеры спускались в лаву, кайлом долбили угольный пласт, грузили уголь в вагонетки и вручную толкали вагонетки по штольне к стволу. Как только вагон с углем был готов, шахта отправляла его в Томск. Руководил бригадой «шахтеров» студент-геолог Стас Шацкий. Однажды он настолько обворожил женщину-диспетчера, что она отправила университету чужой вагон угля. Реакция руководства шахты была очень острой. Ректору пришлось немедленно вернуть бригаду в Кузбасс, и студенты снова спустились в забой, чтобы добывать уголь в счет украденного вагона. На втором курсе студенческая группа

Алексея прокладывала трамвайный путь по проспекту Кирова около электролампового завода.

По карточкам студенты получали 500-граммовый хлебный паёк и имели трехразовое питание в столовой. Щи – традиционная еда студенческого рациона, их варили почти из одной капусты, к ним в придачу выдавали пару соленых чебака. Деревенские вдобавок получали продукты из дома, и конечно им жилось гораздо лучше. Но иногда они угощали и городских студентов. Особенно запомнилось картофельное пюре – толченая картошка, сваренная на молоке и томленная в русской печке. Были и хорошо обеспеченные студенты, которые к хлебному пайку подкупали еще и хлеб на базаре, где буханка хлеба стоила 200 руб., а стипендия была только 140 руб. Иногда объединившись для выживания, пара студентов продавала дорого одну хлебную карточку, а вырученную сумму они тратили на питание в столовой. Но хлеба при этом приходилось каждому только по 250 г в день.

Обычными были и разовые заработки (калымы): разгрузка вагонов с углем, работа на складах, где при инвентаризации производили взвешивание товарной продукции, и т.д. Очень ценилась работа сторожем, когда ночью можно было выспаться, а утром со свежей головой идти на лекции. Но девушки практически не могли найти посильную работу. Обычно подработки сопровождались пропуском занятий, и старостам групп приходилось фиксировать это, подавая очередные рапортчики в деканат. Однажды и над Алексеем возникла угроза исключения из университета.

В 1948 г. деканом вместо демократичного Григория Григорьевича Григора стал довольно жесткий руководитель – доцент Наум Александрович Нагинский. Вступив на должность декана, он решил укрепить трудовую дисциплину среди студентов, расшатавшую предшественником Григором. И сделать это он хотел так, чтобы наказав одного,

остальные боялись пропускать занятия. Нужно отдать должное новому декану: он пригласил Алексея Малолетко в деканат и поинтересовался, почему он пропустил много часов. Он не знал, что студент был в серьезном безденежье и в рабочие дни «калымил», где придется. Но на вопрос декана Алексей ответил кратко: «Причина неуважительная». Он всегда считал, что это лишь его личная проблема. Однако такая позиция чуть не стала роковой для него. Скорее всего, декан с пониманием отнесся бы к «проблеме» студента. А судить об этом можно по одному, мало кому известному его поступку. Однажды сокурсница Шура Шуплецова проговорила подружкам, что она выбросится из окна общежития или бросится с моста в Томь из-за хронического безденежья. Если парни еще могли подзаработать на погрузке-разгрузке, то для девчат заполучить работу уборщицы считалось большим везением. Подружки Шуры рассказали декану об этом намерении. Продолжение истории было неожиданным. Декан вызвал Шуру Шуплецову и после короткого разговора сказал, что будет давать ей ежемесячно 300 руб. (стипендия 140 руб. в месяц), которые она вернет после окончания университета. Он помог Шуре распределиться в экспедицию Красноярского аэрогеодезического предприятия, работавшего на «северах». Шура рассчиталась с деканом в первый же год ее работы. Об этой «сделке» студенты не знали, а рассказала о ней сама Шура много лет спустя.

Однажды после звонка на перерыв в аудиторию вошел декан, а за ним преподаватели, комсорг и профорг. Все они расселись перед притихшими студентами. Разговор начал декан. Он сказал, что советское студенчество – самое передовое, самое лучшее, но некоторые студенты не достойны этого высокого звания, и от них следует избавляться. Одним из таких нерадивых он назвал Алексея Малолетко. И у сидящего за последней партой студента от нежиз-

данности на лице застыла улыбка, которая буквально взорвала декана: «Улыбаетесь!? Доулыбаетесь!». Он предложил аудитории заклеить позором и потребовать безотлагательного исключения. Фактически декан хотел, чтобы эту назидательную акцию совершило возмущенное студенчество, но не он как руководитель.

Однако экзекуция не состоялась. Никто из преподавателей не поддержал декана, да и студенты дружно выступили, встав на защиту товарища. Только сосед по комнате Саша Ильичёв решительно поддержал декана: «А вдруг войну объявят? А где Малолетко? А нет Малолетко! Предлагаю наказать его, снять со стипендии на полмесяца!» Ильичёв был фронтовиком, партийцем и иначе не мог. Наказать, наверное, надо, но когда студент живет на одну стипендию, то лишение ее явилось бы чересчур бесчеловечным наказанием. Декан повернулся и молча пошел на выход, а за ним потянулась и «свита». Сокурсница Лия Иванова (Шорохова) много лет спустя рассказала, что вскоре после неудачной экзекуции декан вызвал ее и стал расспрашивать о прогульщике. Алексей Михайлович благодарен студентам курса, которые дружно выступили в его защиту, и свою первую монографию (1972) посвятил им: *«Географам, товарищам по учебе в Томском университете, посвящаю эту книгу»*.

Потом Алексей Михайлович полюбился декану за то, что часто выступал с оригинальными докладами на всех студенческих конференциях (по материалам первой производственной практики в Притоболье). Позже, держа в руках дипломную работу Алексея (Геоморфология Нижнего Притоболья), Наум Александрович сказал, что если бы ее бы немного подработать, то можно опубликовать отдельной книжицей. Однако этого не произошло, но две статьи по материалам дипломной работы позднее были напечатаны в «Вопросах гео-

графии Сибири» (1953). Это были первые публикации Алексея.

Мечты студентов тех лет были очень скромными: хлеб досыта да чай с сахаром. После ликвидации карточной системы (1948) в хлебных магазинах стало полно покупателей, среди которых было немало студентов. Инвалиды войны имели право покупать хлеб без очереди, но давали на руки не более одной буханки. Студент Иван Потапов, потерявший на фронте половину руки, расталкивая культёй «простой люд», выносил друзьям булку за булкой, пока у них не кончались деньги. Наконец-то сбылась мечта – и хлеба у студентов стало вволю. «Калымы» за кусок хлеба закончились, а значит, и посещение лекций перестало быть проблемой.

В 1951 г., сдав выпускные экзамены и получив диплом об окончании обучения в университете, Алексей Малолетко должен был ехать по направлению в Якутию, где Амакинская экспедиция искала и разведывала месторождения алмазов. Но приобщиться к этим работам молодому специалисту не довелось. Из Западно-Сибирского геологического управления приехал ведущий инженер Казаринов с намерением пригласить специалиста для работы в Кулундинской экспедиции. Декан с согласия ректора сделал это без труда. Но в Новосибирске это вновь переиграли и направили молодого специалиста в Салаирскую экспедицию, где разворачивались работы на поиски месторождений гидраргиллитовых (гиббситовых) и диаспоровых бокситов. Таким образом, свою трудовую карьеру Алексей Михайлович начал в Западно-Сибирском геологическом управлении, где в течение 15 лет проводил полевые экспедиционные работы. При этом никаких новинок в части самих работ не было. Приемы и методы работ практически не требовали каких-то новшеств. Иное дело – интерпретация фактического материала.

С 1965 г. Алексей Михайлович занимался преподавательской работой в

Томском государственном университете. При обилии и разнообразии работы она не выходила за рамки традиционных методов преподавания (лекции, практические работы, экскурсии и др.). Однако стало больше возможностей для научных исследований: участие в экспедициях, да и длительный летний отпуск можно потратить для занятия наукой. С 1976 г. Алексей Михайлович – проректор в Алтайском государственном университете. Однако на преподавательскую работу времени практически не было.

Позже А.М. Малолетко снова возвращается в Томск (1987). В Томском университете в разные годы он разработал и читал лекции, в основном близкие ему по роду производственной деятельности: геология россыпей, общее землеведение, геоморфология СССР, методы полевых геоморфологических исследований, прикладная геоморфология, основные проблемы геоморфологии, палеогеография, гидрогеология, основы геофизики (для метеорологов), основы геофизики (для гидрологов), геохимия ландшафтов, методы полевых географических исследований, географическое прогнозирование, основы мелиоративной географии, история географических открытий, склоновые процессы, введение в науковедение, топонимику (географическая ономастика) и др. Давнее увлечение топонимикой помогли А.М. Малолетко разработать и интересно преподавать студентам, в общем-то, не свойственный географу лекционный курс «географическая ономастика» и написать несколько учебных пособий на эту тему.

Тем не менее, и чисто геологический материал позволил выработать палеогеографический полнокомпонентный (геология, рельеф, водоемы, почвенный покров, животный мир, растения и др.) анализ территории. Им были проведены палеогеографические исследования на юге Западно-Сибирской низменности, в предгорьях Алтая и на

Салаире. Особенно эффективными эти методы оказались при оценке перспектив на платформенные (гиббситовые) бокситы, в практике поиска гипергенных месторождений полезных ископаемых и водоносных горизонтов на основе реконструкции древней гидросети.

В 1960 г. А.М. Малолетко был назначен старшим геологом, а затем и главным геологом Алтайской гидрогеологической партии (с. Верх-Катунское). Обширная и разнотипная по своей геологической истории территория работ партии способствовали формированию у Алексея Михайловича представлений о закономерностях развития природных условий этой территории в мезозое и кайнозое, в частности, формирование водоносных горизонтов в нелитифицированных породах мезозоя и кайнозоя. По сути, с этого времени и начинается его творческий путь, проявившийся во внедрении новых, ранее не применяемых методов ведения гидрогеологических работ, к которым относится палеогеографический анализ, что благоприятно сказалось на творчестве и поступление в заочную аспирантуру.

Будучи аспирантом-заочником, А.М. Малолетко в 1950-е гг. под руководством доцента Томского университета Н.А. Нагинского написал кандидатскую диссертацию на тему «Палеогеография Салаирского кряжа в мезокайнозое», которую защитил лишь спустя несколько лет – 14 мая 1965 г. в объединенном совете при Томском политехническом институте. Официальными оппонентами были проф. В.А. Халлов и доц. А.А. Земцов.

В декабре 1974 г. А.М. Малолетко защитил докторскую диссертацию на тему «Регионально-палеогеографический анализ, его методы и проблемы» (официальные оппоненты – Л.Н. Ивановский, М.П. Нагорский и З.А. Сваричевская). С декабря 1975 г. он стал профессором Томского университета, а с сентября 1976 г. – профессором и заведующим кафедрой географии Алтайско-

го. В апреле 1976 г. А.М. Малолетко назначен проректором по научной работе АлтГУ. С 24 августа 1979 г. – профессор кафедры охраны природы. В 1987 г. он вернулся в Томский университет и до 27 мая 1992 г. был заведующим кафедрой экономической и социальной географии, затем переведен на должность профессора кафедры физической географии.

Но основной научной областью А.М. Малолетко в 1960-1970-е гг. являлась углубленная разработка методов палеогеографического анализа. В 1971-1985 гг. А.М. Малолетко провел комплексные исследования на ряде озер Сибири (Айское, Телецкое, Иткуль, Хантайское). Особенно значительны были результаты исследования бассейна р. Хантайки в Красноярском Заполярье. Впервые инструментально была определена глубина Хантайского озера (387 м). Итогом многолетних экспедиций (1976-1985) в Заполярье явилась коллективная монография «Природа Хантайской гидросистемы», которая сделала регион наиболее изученным в плане географии среди других регионов Сибирского Заполярья.

В последние годы А.М. Малолетко стал уделять большое внимание мемориальной тематике – жизнеописанию и анализу творческого пути исследователей сибирских регионов, преимущественно Алтая.

Несколько лет Алексей Михайлович был проректором по научной работе Алтайского государственного университета. Не все ему удалось сделать для географии на этом посту, но его попытка открыть географическую специальность в одном из главных вузов Алтайского края не прошла даром – началась подготовка людей, принимающих нужное решение. Университет уже заявил о

себе как о вуз, имеющий большой научный потенциал.

Выпускники Томского государственного университета – представители томской школы географов – довели дело до логического конца: в 1986 г. в Алтайском государственном университете появился географический факультет. Сегодня на Алтае сформировалось устойчивое географическое сообщество, которое в большинстве своем состоит из учеников Алексея Михайловича. Многие из них стали кандидатами наук, доцентами, а другие докторами наук, профессорами.

Алексей Михайлович опубликовал свыше 700 научных работ, среди которых более 50 монографий и учебников. Ученый закончил 6-томную монографию «Древние народы Сибири по данным топонимики», которая уже сейчас стала классикой географической мысли.

Алексей Михайлович был почетным членом Русского географического общества, лауреатом Демидовской премии (Барнаул, 2000), дважды дипломантом Всероссийского научных работ в области архивоведения, документоведения и археографии (Москва, 1995-1996 и 1997-1998), награжден медалями «Ветеран труда», «За заслуги перед Томским государственным университетом» (1998), «За заслуги перед городом» и почетными грамотами.

Алексей Михайлович был крайне скромным человеком. Его никогда не прельщали высокие титулы и звания. Самой большой наградой для него всегда была возможность общения с молодежью. Этому он посвятил свою жизнь, готовя специалистов высшей квалификации в должности профессора Томского и Алтайского государственных университетов. И мы, его ученики, помним об этом.

DOI: 10.24411/2410-1192-2019-15209

УСЛОВИЯ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ ♦ PUBLICATION TERMS

Журнал публикует оригинальные (ранее не опубликованные и не направленные в другие издания) научные и научно-популярные статьи, посвященные географическим и экологическим исследованиям, естественно-географическому образованию, краеведению, а также отражающие деятельность Русского географического общества. Авторы представляют статьи на русском языке, тщательно отредактированные. Направленные в журнал *научные статьи (сообщения)* проходят независимое рецензирование. Редакция оставляет за собой право вносить редакторскую правку и отклонять статьи.

Статья оформляется следующим образом:

- на русском языке: УДК*; название статьи (прописными буквами); Ф.И.О. автора/ов (полностью), должность и звание, место работы, контактная информация для взаимодействия с автором: E-mail (обязательно) или номер телефона, факс;
- аннотация (300–400 знаков без учета пробелов) и ключевые слова*;
- далее – текст статьи (структурированный на несколько разделов) и библиографический список;
- на английском языке*: название статьи, Ф.И.О. автора/ов, аннотация (500-600 знаков без учета пробелов), ключевые слова;
- примеры в тексте статьи оформляются курсивом;
- примечания к тексту – в виде постраничных сносок со сквозной нумерацией;
- рисунки и таблицы – по ширине текста и дополнительно в формате jpg, bmp;
- библиографический список – по ГОСТу 7.0.5-2008, в порядке цитирования;
- библиографические ссылки в тексте статьи оформляются в квадратных скобках. Например: ТЕКСТ, ТЕКСТ, ТЕКСТ [1]. В случае дословной цитаты, указывается также номер страницы приведенной цитаты, т.е. «ТЕКСТ, ТЕКСТ, ТЕКСТ ...» [2, с. 5].

** – только для статей раздела «Научные сообщения»*

Статью необходимо печатать:

- в редакторе MS WORD;
- формате А 4, шрифтом 12 пт. (Times New Roman);
- отступ для абзаца – 0,7 см;
- текст – без переносов;
- межстрочный интервал – 1,0;
- отступ от сторон листа – 2,5 см;
- страницы статьи должны быть пронумерованы только для печатной версии, для электронного варианта – без нумерации страниц.

Образец оформления статей

УДК 910 + 332.1

НАЗВАНИЕ СТАТЬИ... НАЗВАНИЕ СТАТЬИ... НАЗВАНИЕ СТАТЬИ

Александр Николаевич Донцов¹, Алексей Викторович Звонцов²

¹Институт водных и экологических проблем, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1, dontsov@iwer.ru.

²Алтайский государственный университет, 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 61, zvontsov@iwer.ru.

Аннотация... Аннотация... Аннотация... Аннотация... Аннотация... Аннотация... Аннотация... Аннотация... Аннотация... Аннотация...

Ключевые слова: ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова.

ТЕКСТ... ТЕКСТ... ТЕКСТ... [1]. ТЕКСТ... [2]. ТЕКСТ... ТЕКСТ... [3]. ТЕКСТ... ТЕКСТ... [4]. ТЕКСТ... «ТЕКСТ...» [5, с. 24].

*Журнал
Известия Алтайского отделения
Русского географического общества*

№ 1 (52) 2019

Свидетельство о регистрации СМИ
ПИ № ТУ22-00534

Зарегистрирован Управлением Федеральной службы по надзору в сфере
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
по Алтайскому краю и Республике Алтай

Подписано в печать 03.03.2019. Дата выхода в свет 10.03.2019.
Формат 60х84 1/8. Печать – цифровая. П.л. 11,25
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+