

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ – АЛТАЙСКОЕ КРАЕВОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ВОО «РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО»

ИЗВЕСТИЯ АЛТАЙСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

(ИЗВЕСТИЯ АО РГО)

Журнал

ISSN 2410-1192

июнь 2021

№ 2 (61)

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., чл. корр. РАН,
г. Новосибирск
Бутвиловский В.В., д.г.н., г. Дрезден, Германия
Веснина Л.В., д.б.н., проф., г. Барнаул
Винокуров Ю.И., д.г.н., проф., г. Барнаул
Водичев Е.Г., д.и.н., проф., г. Новосибирск
Гармаев Е.Ж., д.г.н., чл. корр. РАН, г. Улан-Удэ
Гусев А.И., д.г.-м.н., проф., г. Бийск
Гутак Я.М., д.г.-м.н., проф., г. Новокузнецк
Двинских С.А., д.г.н., проф., г. Пермь
Дунец А.Н., д.г.н., проф., г. Барнаул
Егорина А.В., д.г.н., проф., Казахстан
Ельчинина 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
Куролап С.А., д.г.н., проф., г. Воронеж
Лхагвасурэн Чойжинжав, проф., г. Ховд, Монголия
Мазуров М.П., д.г.-м.н., проф., г. Новосибирск
Парначев В.П., д.г.-м.н., проф., г. Томск
Подобина В.М., д.г.-м.н., проф., г. Томск
Попов П.А., д.б.н., проф., г. Новосибирск
Ротанова И.Н., к.г.н., доц., г. Барнаул
Рудский В.В., д.г.н., проф., Московская обл.
Рыбкина И.Д., д.г.н., доц., г. Барнаул
Савичев О.Г., д.г.н., проф., г. Томск
Севастьянов В.В., д.г.н., проф., г. Томск
Сенников Н.В., д.г.-м.н., проф., г. Новосибирск
Сухова М.Г., д.г.н., проф., г. Горно-Алтайск
Сысо А.И., д.б.н., проф., г. Новосибирск
Ташев А.Н., к.б.н., проф., Болгария
Труевцева О.Н., д.и.н., проф., г. Барнаул
Чернышов А.И., д.г.-м.н., проф., г. Томск
Чибилев А.А., д.г.н., акад. РАН, г. Оренбург
Ядренкина Е.Н., д.б.н., проф., г. Новосибирск
Яныгина Л.В., д.б.н., доц., г. Барнаул

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

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

Регистрационный номер СМИ ПИ № ТУ22-00790. Подписной индекс в каталоге Роспечати 95004
© Известия Алтайского отделения Русского географического общества, 2021

г. Барнаул – 2021

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
June, 2021
Founded in 1961

ISSN 2410-1192
No 2(61)
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. V.P. Parnachev (Tomsk, Russia)
Prof. M.M. Buslov (Novosibirsk, Russia)	Prof. V.M. Podobina (Tomsk, Russia)
DrSc V.V. Butvilovsky (Dresden, Germany)	Prof. P.A. Popov (Novosibirsk, Russia)
Prof. A.I. Chernyshov (Tomsk, Russia)	PhD I.N. Rotanova (Barnaul, Russia)
Acad. RAS Prof. A.A. Chibilyov (Orenburg, Russia)	Prof. V.V. Rudsky (Moscow region, Russia)
Prof. A.N. Dunets (Barnaul, Russia)	Prof. I.D. Rybkina (Barnaul, Russia)
Prof. S.A. Dvinskikh (Perm, Russia)	Prof. O.G. Savichev (Tomsk, Russia)
Prof. A.V. Egorina (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan)	Prof. N.V. Sennikov (Novosibirsk, Russia)
Prof. O.A. Elchinina (Gorno-Altai, Russia)	Prof. V.V. Sevastyanov (Tomsk, Russia)
Prof. E.Zh. Garmayev (Ulan-Ude, Russia)	Prof. M.G. Sukhova (Gorno-Altai, Russia)
Prof. A.I. Gusev (Biysk, Russia)	Prof. A.I. Syso (Novosibirsk, Russia)
Prof. Ya.M. Gutak (Novokuznetsk, Russia)	Prof. A.N. Tashev (Bulgaria)
Prof. L.I. Inisheva (Tomsk, Russia)	Prof. O.N. Truevtseva (Barnaul, Russia)
PhD V.V. Kirillov (Barnaul, Russia)	Prof. L.V. Vesnina (Barnaul, Russia)
Prof. Yu.B. Kirsa (Barnaul, Russia)	Prof. Yu.I. Vinokurov (Barnaul, Russia)
Prof. L.A. Komarova (Biysk, Russia)	Prof. E.G. Vodichev (Novosibirsk, Russia)
Acad. RAS Prof. A.E. Kontorovich (Novosibirsk, Russia)	Prof. E.N. Yadrenkina (Novosibirsk, Russia)
Prof. B.I. Kochurov (Moscow, Russia)	DrSc L.V. Yanygina (Barnaul, Russia)
Prof. S.A. Kurolap (Voronezh, Russia)	Prof. V.V. Zaika (Kyzyl, Russia)
Prof. Lhagvasuren Chojinjav (Khovd, Mongolia)	DrSc A.T. Zinoviev (Barnaul, Russia)
Prof. M.P. Mazurov (Novosibirsk, Russia)	PhD D.V. Zolotov (Barnaul, Russia)

Technical editor – PhD Olga N. Vdovina

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

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

Subscription index in «Rospechat» catalogue 95004

© Bulletin of the Altay branch of the Russian Geographical society, 2021

Barnaul – 2021

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

РАЗДЕЛ 1. ГЕОГРАФИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

- Архипова И.В., Смирнов В.В., Заносова В.И.* ИССЛЕДОВАНИЕ РОДНИКОВ ПЕРЕДГОРНЫХ РАЙОНОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ..... 5
- Головин А.В., Стояцева Н.В.* РАЗВИТИЕ РЕКРЕАЦИИ В БАССЕЙНЕ РЕКИ БУРЛА: 3-D МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРИСТИЧЕСКОЙ БАЗЫ НА БЕРЕГУ ОЗЕРА ПЕСЧАНОГО 16
- Железняк М.Н., Сериков С.И., Шац М.М.* СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП СОЗДАНИЯ ГТС «СИЛА СИБИРИ-2»: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ27

РАЗДЕЛ 2. ГЕОЛОГИЯ

- Богуславский А.Е., Андроханов В.А., Колмагорова Ю.О., Ужогова А.А., Госсен И.Н., Саева О.П.* ГЕОХИМИЧЕСКИЙ ФОН ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ НА УЧАСТКАХ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ 40
- Гусев А. И.* ПЕТРОЛОГИЯ И РУДОНОСНОСТЬ ГРАНИТ-ЛЕЙКОГРАНИТОВОГО УСТЬЯНСКОГО МАССИВА 51
- Коржнев В.Н.* ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ОСТРОВОДУЖНОЙ СИСТЕМЫ ГОРНОГО АЛТАЯ 62

РАЗДЕЛ 3. ЭКОЛОГИЯ. ФЛОРА. ФАУНА

- Вдовина О.Н., Безматерных Д.М.* НОВЫЕ ДАННЫЕ О МАКРОЗООБЕНТОСЕ САПРОПЕЛЕВЫХ ОЗЕР ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ..... 75
- Зарубина Е.Ю.* К ФЛОРЕ ГИГРОФИЛЬНЫХ МОХООБРАЗНЫХ ВОДОТОКОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «КРАСНОЯРСКИЕ СТОЛБЫ» 84

CONTENTS

SCIENTIFIC REPORTS

SECTION 1. GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

- Arkhipova I.V., Smirnov V.V., Zanosova V.V.* STUDY OF SPRINGS IN FOOTHILL REGIONS OF ALTAI KRAI..... 5
- Golovin A. V., Stoyashcheva N. V.* DEVELOPMENT OF RECREATION IN THE BURLA RIVER BASIN: 3-D MODELING OF A TOURIST BASE AT LAKE PESCHANOYE..... 16
- Zheleznyak M.N., Serikov S.I., Shatz M.M.* THE CURRENT STAGE CREATION OF THE POWER OF SIBERIA-2 GTS: PROBLEMS AND PROSPECTS..... 27

SECTION 2. GEOLOGY

- Boguslavsky A., Androhanov V., Kolmagorova Ju., Uzhogova A., Gossen I., Saeva O.* GEOCHEMICAL BACKGROUND OF HEAVY METALS IN SOILS AND PLANTS ON THE COAL MINE SPOIL SITES..... 40
- Gusev A.* PETROLOGY AND ORE MINERALIZATION OF GRANITE-LEUCOGRANITE UCTJANSKIY MASSIF OF RUDNY ALTAI..... 51
- Korzhev V. N.* THE FINAL STAGE OF THE DEVELOPMENT OF THE ISLAND-ARC SYSTEM OF THE ALTAI MOUNTAINS 62

SECTION 3. ECOLOGY. FLORA. FAUNA

- Vdovina O.N., Bezmaternykh D.M.* NEW DATA ON MACROZOOBENTHOS FROM SAPROPEL LAKES OF TOMSK OBLAST' 75
- Zarubina E. Yu.* TO THE FLORA OF HYGROPHILIC BRYOPHYTES WATER COURSES OF THE NATIONAL PARK KRASNOYARSKIE STOLBY 84

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ ♦ SCIENTIFIC REPORTS

Раздел 1

ГЕОГРАФИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Section 1 GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

УДК 556.36 (571.150)

**ИССЛЕДОВАНИЕ РОДНИКОВ ПРЕДГОРНЫХ РАЙОНОВ
АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

И.В. Архипова^{1,2}, В.В. Смирнов¹, В.И. Заносова³

¹Алтайское отделение ВОО "Русское географическое общество", Барнаул,

²Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул,

³«Центр инженерных технологий», Барнаул,

E-mail: reg22@rgo.ru

В статье представлены результаты полевых исследований источников подземных вод, расположенных в предгорных районах Алтайского края. Приведена методика определения органолептических и химических показателей качества родниковых вод. Непосредственно на родниках измерялся их дебит, температура, водородный показатель, окислительно-восстановительный потенциал и удельная электропроводность воды. В лаборатории по стандартным методикам оценивался макрокомпонентный состав вод, общая жесткость и концентрация железа. Выявлены и закартированы местонахождения родников, их целевое использование. Результаты исследования могут применяться для разработки мероприятий, направленных на охрану качества подземных вод и использоваться при актуализации оценки водно-ресурсного потенциала Алтайского края.

Ключевые слова: предгорья, подземные воды, источники, родниковая вода, дебит, химический состав, качество вод, каптаж.

DOI: 10.24412/2410-1192-16101

Дата поступления 29.04.2021

Родники представляют собой естественные выходы подземных вод на поверхность и являются важным компонентом природного ландшафта. Основными естественными факторами формирования родников являются геоморфологические, геологические, гидрогеологические и климатические, которые определяют гидрохимический режим источников в местах разгрузки подземных вод. В настоящее время на фоне возросшего интереса населения к использованию родниковой воды в пи-

тчевых целях (считая ее обладающей лечебными свойствами), режим источников и качество воды изменяются под влиянием антропогенных факторов. Поэтому актуальной проблемой является изучение качества воды источников, разработка рекомендаций по использованию, восстановлению и охране родников, состояние которых также служит индикаторами изменения экологической обстановки водосборных территорий.

Материал и методика исследований

В результате экспедиционных работ, выполненных за счет средств Фонда президентских грантов «Чистые родники Алтая», проведенных в апреле – октябре 2020 года, исследовано 99 родников. Многие из них имеют ценность как источники альтернативного водоснабжения, часто используются для религиозных обрядов или располагаются на территории рекреационных зон (рис.). На все обследованные родники составлены экологические паспорта.

Изучение химического состава родниковых вод проводилось в полевых и лабораторных условиях. Отбор и подготовка проб проводились в соответствии с ГОСТ Р 51592-2000 [1].

Органолептические свойства родниковой воды (мутность, цветность), а также обобщенные показатели её качества определялись в полевых условиях. Оперативное измерение электропровод-

ности (ЕС) и общего содержания (TDS) проводилось с использованием прибора COM100 компании HM-Digital. Содержание растворенного кислорода (в мг/дм³) определялось с использованием портативного полевого оксиметра AMSTAT AMT08 с точностью измерения по O₂ – 0,1 мг/дм³. Для определения температуры воды использовался высокоточный полевой электронный термометр YARM с погрешностью измерения ±0,01°С.

При лабораторных исследованиях выполнялись анализы по определению макрокомпонентного состава родниковых вод, при этом применялись стандартные методики анализа химического состава природных вод. Спектрофотометрический метод использовался для определения мутности, цветности воды, содержания в ней ионов кальция, магния, хлоридов, сульфатов и общего железа.

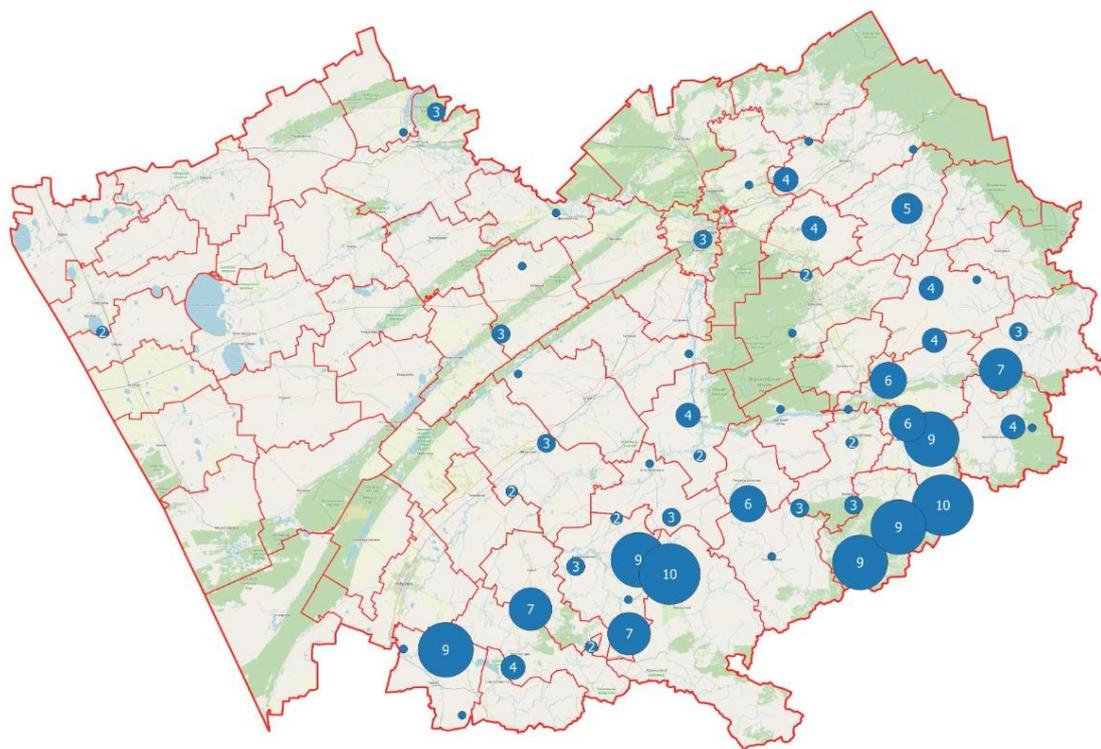


Рис. Схема размещения обследованных объектов на территории Алтайского края

Для спектрофотометрических измерений использовался портативный 9-диапазонный фотометр КФК (производитель ЗОМЗ-SHVABE). Сертификат РОСС RU.АБ69. Н01780.

Потенциометрические измерения рН и щелочности воды проводились с использованием линейки портативных лабораторных приборов серии НМ-Digital. Измерение проводилось в режиме калибровки 442ТМ, разработанной компанией Myron L Co. Стандарт калибровки 442ТМ имитирует свойства натуральной воды (реки, озера, скважины, питьевая вода) с комбинацией 40% бикарбоната натрия, 40% сульфата натрия и 20% хлорида.

Дебит источников при наличии каптажного водотока проводился с использованием тарированной емкости объемом 20 литров с замером времени наполнения секундомером.

Для пополнения базы сведений по родникам выполнены картографические работы об их местонахождении. Географическая привязка объектов проводилась в географической системе WGS84 (EPSG:4326) с использованием GPS/GLONASS навигатора в режиме DGPS.

Результаты и их обсуждение

Территория исследований представляет собой предгорные аккумулятивные равнины. На юге и западе края Предалтайская равнина опоясывают область Алтайских гор, и представляет собой полого наклонные слаборасчленённые поверхности с изредка встречающимися низкими, расплывчатой формы сопками. Ближе к горам или около высоких предгорий они выше и глубоко расчленены, принимают вид увалов с абсолютными высотами до 400 м. Невысокие увалы разделяют речные долины, вытянутые в направлении, близком к меридиональному. Низкогорья отличаются густой сетью логов и балок. Среди речных долин преобладают трапеще-

видные с широкими террасированными днищами.

Восточную периферию равнинной части края замыкает Предсалаирская равнина, отделенная от Бийско-Чумышской возвышенности долиной р. Чумыша. Рельеф этой части края характеризуется холмисто-увалистыми формами с плоскими и выпуклыми водораздельными пространствами, имеющими углы наклона в 3–12°, и густой сетью долин (притоков р. Чумыша), врезанных на 100 и более метров.

Переходные к горам Алтая и Салаира области предгорных равнин занимают зону прогиба и представляют собой мощные толщи накоплений аллювиально-делювиального материала, залегающего на палеозойском фундаменте, или древние денудационные возвышенности.

Гидрогеологические условия исследуемой территории отличаются большим разнообразием и сложностью, так как она представляет собой краевую зону сложного Западно-Сибирского артезианского бассейна пластовых вод, граничащего с Алтае-Саянской складчатой областью трещинных и трещинно-жильных вод. Питание подземных вод на участках развития на поверхности аллювиальных, делювиальных отложений и коры выветривания палеозойских образований происходит за счет интенсивной инфильтрации атмосферных осадков. Для более глубоких горизонтов подземных вод не исключено питание за счет притока по зонам дробления и древним речным долинам, выполненным рыхлообломочным материалом, со стороны горных сооружений Алтая. Коллекторские свойства скальных пород палеозоя определяются интенсивностью трещиноватости, зависящей от физико-механических свойств пород и их геоструктурного положения [2].

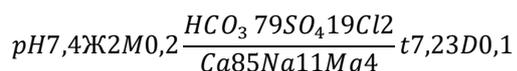
Исследованные в Алтайском крае родники формируются в различных геоморфологических условиях, обусловленных действием геологических,

гидрогеологических и физико-географических процессов.

Отличия в геоморфологической позиции, мощность покровных отложений и интенсивность водообмена обуславливают особенности формирования подземных вод и их родникового стока в различных фациальных комплексах водовмещающих пород. Преимущественно родниковая разгрузка исследуемой территории имеет нисходящий характер, выход трещинно-жильных вод на поверхность земли характеризуется восходящими родниками [3]. Ниже приведена характеристика 17 репрезентативных источников, расположенных в шести административных районах края.

Курьинский район расположен в границах местностей, которые известны под названиями Рудный Алтай и Горная Колывань. Рельеф территории в направлении с северо-запада на юго-восток меняется с холмистой равнины на предгорья и горы [4]. В районе обнаружены и описаны 3 источника.

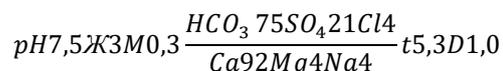
Родник «Святой источник» горы Синюха, которая является высшей точкой (1210 м над ур. м.) Колыванского хребта, расположен на ее северном склоне. Выходы подземных вод приурочены к зонам трещиноватости Колыванского гранитного массива и терригенных известково-кремнистых образований палеозоя. Родник нисходящий малодебитный. Вода источника прозрачная, бесцветная, без запаха и привкуса, холодная ($t=7,2^{\circ}\text{C}$). По химическому составу – гидрокарбонатная кальциевая, пресная с минерализацией 0,2 г/дм³, мягкая, нейтральная:



Этот небольшой источник каптирован, используется туристами для питьевых целей, он является священным местом для православных христиан старой веры. Родник и прилегающая территория нуждается в благоустройстве [5].

Родник «Семейный» расположен в окрестности бывшего села Рудовозово у

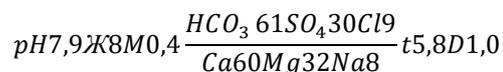
подножия горы Красный Яр и состоит из 16 источников, являющихся областью локальной разгрузки подземных вод терригенных толщ (песчаников, сланцев, конгломератов). Тип родника субаквальный восходящий с суммарным дебитом более 10 л/с. Вода источника прозрачная, бесцветная, без запаха и привкуса, холодная ($t=5,3^{\circ}\text{C}$). По химическому составу вода источника гидрокарбонатная кальциевая, пресная с минерализацией 0,3 г/дм³, мягкая, нейтральная:



Родниковая вода используется населением для питьевых целей, каптажное устройство отсутствует. Со стороны склоны горы Красный Яр сооружена подпорная бетонная стена (1,5×3 м) для защиты источника от поверхностного стока.

Территория Змеиногорского района делится на равнинную-западную, предгорную-центральную и горную-восточную части. В районе обследовано и описано 5 родников [6].

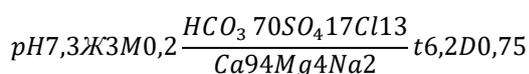
Родник «Серебрянка» расположен на выезде из с. Барановка у подножья холма. Источник является местом выхода подземных вод, приуроченных к терригенным горным породам. Образованный источником ручей впадает в р. Гольцовка. Родник, нисходящий с дебитом более 1,0 л/с. Вода в нем прозрачная, бесцветная, без запаха, но имеет горьковатый привкус, что обусловлено присутствием в воде солей сульфата магния, холодная ($t=5,8^{\circ}\text{C}$). По химическому составу вода источника сульфатно-гидрокарбонатная магниевокальциевая, пресная с минерализацией 0,4 г/дм³, жесткая, слабощелочная:



Родник имеет каптажное устройство, прилегающая территории обустроена, вода используется населением

для питьевых и лечебных целей. Родник освящен и имеет культовое значение.

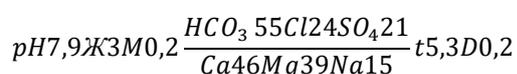
«Нижний родник» расположен по дороге в с. Саввушку. Источник находится у подножья северного склона Колыванского хребта и каптирует трещинно-жильные подземные воды горного массива. Родник, нисходящий с дебитом около 0,75 л/с. Вода в нем прозрачная, бесцветная, без запаха и привкуса, холодная ($t=6,2^{\circ}\text{C}$). По химическому составу вода источника гидрокарбонатная кальциевая, пресная с минерализацией 0,2 г/дм³, мягкая, нейтральная:



Родник имеет каптажное устройство, прилегающая территории обустроена, вода активно используется населением для питьевых целей. Родник освящен и имеет культовое значение.

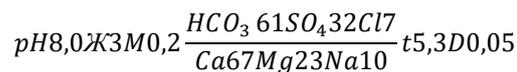
Локтевский район расположен в пределах элювиально-делювиальной цокольной равнины с мелкосопочным рельефом. В районе обследовано и описано 7 источников.

Родник «Серебряный ключ» находится в 8 км на северо-восток от с. Устьянка на склоне речной долины. Водовмещающими породами являются отложения коры выветривания палеозойских образований. Родник, нисходящий с дебитом около 0,2 л/с. На участке выхода источника отмечаются заболоченные участки, а сформированный родником водоток впадает в р. Сухая речка. Родниковая вода прозрачная, бесцветная, без запаха и привкуса, холодная ($t=5,3^{\circ}\text{C}$). Химический состав воды источника характеризуется смешанным анионным составом с преобладанием гидрокарбонатов, по катионному составу вода магниевая-кальциевая, ультрапресная с минерализацией менее 0,2 г/дм³, мягкая, слабощелочная:



Родниковая вода используется населением для питьевых целей, однако относительно повышенная концентрация сульфатов и хлоридов в пресных водах свидетельствует о возможном поступлении в источник поверхностных сточных вод. В микроколичествах в воде «Серебряного ключа» обнаружено серебро (0,05 мкг/дм³) [7].

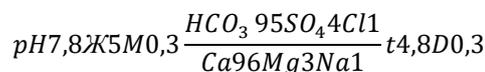
Родник «Покровский» расположен в окрестностях с. Покровка на склоне холма. Родник нисходящий, с дебитом 0,05 л/с, каптирует подземные воды отложений зоны выветривания палеозойских образований. Вода в источнике прозрачная, бесцветная, без запаха и привкуса, холодная ($t=10,5^{\circ}\text{C}$). По химическому составу родниковая вода сульфатно-гидрокарбонатная кальциевая, пресная с минерализацией 0,2 г/дм³, мягкая, слабощелочная:



Родник каптирован, прилегающая к нему территория обустроена. Используется источник населением для питьевых целей. В 2004-м настоятель Свято-Никольской церкви освятил источник.

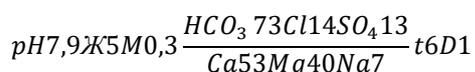
Территория Краснощековского района по рельефу представляет собой предгорья и низкогорья Алтая. На севере – равнины, в средней части – сопки, юг занимают горы [8]. Всего в районе обследовано и описано 19 источников.

Родник «Генеральский» расположен в окрестностях с. Генералка и каптирует подземные воды терригенных толщ (песчаников, известняков, сланцев). Родник, нисходящий с дебитом около 0,3 л/с. Вода в нем прозрачная, бесцветная, без запаха и привкуса, холодная ($t=4,8^{\circ}\text{C}$). По химическому составу вода источника гидрокарбонатная кальциевая, пресная с минерализацией 0,3 г/дм³, средней жесткости, слабощелочная:



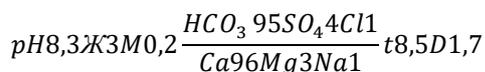
Родник каптирован и используется туристами для питьевых целей.

Родник «Чинетинский» расположен практически в селе Чинета, его выход приурочен к уступу I надпойменной террасы р. Чинетка, сложенной аллювиальными гравийно-галечниковыми отложениями с песчаным заполнителем. Родник, нисходящий с дебитом менее 1,0 л/с. Вода прозрачная, бесцветная, без запаха и привкуса, холодная ($t=6,0^{\circ}\text{C}$). По химическому составу вода источника гидрокарбонатная магниевая-кальциевая, пресная с минерализацией $0,3 \text{ г/дм}^3$, средней жесткости, слабощелочная:



Родник каптирован и используется населением для питьевых целей.

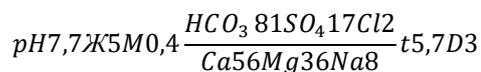
Родник «Талый Ключ» расположен у бывшего одноименного населенного пункта. Источник представляет собой многочисленные естественные выходы на поверхность подземных вод, приуроченных к гравийно-щебнистым отложениям долины р. Ини. Родник субаквального типа, восходящий, высокодебитный с суммарным дебитом более 10 л/с. Вода источника прозрачная, бесцветная, без запаха и привкуса, холодная ($t=8,5^{\circ}\text{C}$). По химическому составу вода источника гидрокарбонатная магниевая-кальциевая, пресная с минерализацией $0,2 \text{ г/дм}^3$, мягкая, слабощелочная:



Родник не каптирован, он играет важную роль в поддержании водного баланса и сохранении стабильности наземных биоценозов.

Родник «Святой ключ» находится в окрестностях с. Новошипуново и расположен у подножья Толстой сопки. Источник является местом выхода трещинно-пластовых подземных вод, приуроченных к зоне выветривания горных пород. Родник, нисходящий с дебитом более 3 л/с. Родниковая вода прозрачная, бесцветная, без запаха и привкуса, холодная ($t=5,7^{\circ}\text{C}$). По химическому со-

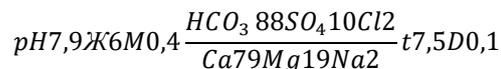
ставу вода источника гидрокарбонатная магниевая-кальциевая, пресная с минерализацией $0,4 \text{ г/дм}^3$, средней жесткости, слабощелочная:



Родник каптирован, используется местным населением для питьевых целей.

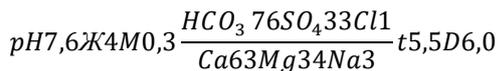
Родник без названия находится за селом Усть-Козлуха (возле базы А. Медведева).

Источник расположен в подошве склона сопки, водовмещающими порода являются терригенные горные породы, перекрытые чехлом делювиальных отложений. Родник, нисходящий с незначительным (менее $0,1 \text{ л/с}$) и нестабильным дебитом. По химическому составу вода источника гидрокарбонатная кальциевая, пресная с минерализацией $0,4 \text{ г/дм}^3$, средней жесткости, слабощелочная, холодная ($t=7,5^{\circ}\text{C}$):



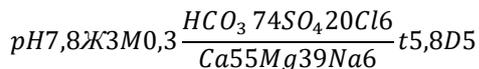
Родник каптирован, но в настоящее время каптажное устройство заилено, прилегающая территория имеет неудовлетворительное санитарное состояние. Источник используется для водопоя скота, который имеет свободный доступ к роднику, что способствует постепенному его исчезновению.

Родник «Лисицинский-1» располагается на западной окраине с. Акимовка на правом берегу р. Ложенка в 50 м от русла. Водовмещающими породами являются известняки, песчано-известковые терригенные образования зон выветривания горных пород. Тип родника – восходящий с дебитом в течение года $4,6\text{--}6,0 \text{ л/с}$. Подземные воды родника прозрачные, бесцветные, без запаха и привкуса, холодные ($t=5,5^{\circ}\text{C}$). По химическому составу пресные с минерализацией $0,3 \text{ г/дм}^3$, сульфатно-гидрокарбонатные магниевая-кальциевые, средней жесткости, слабощелочные:



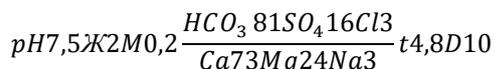
Родник обустроен, местными жителями вода источника используется как питьевая и лечебная. В начале 2000-х гг. питьевая вода родника разливалась и имела торговую марку «Золотая Алтайская сереброзолотосодержащая вода».

Родник «Серебряный источник» находится в пещере под названием «Водяная» в г. Малый Монастырь. Водоем с родником расположен на глубине 60 метров и приурочен к карстовым образованиям в карбонатных породах. Источник восходящий и его дебит достигает 5 л/с. Родниковые воды холодные ($t=5,8^{\circ}C$), имеют повышенную мутность, незначительные запах и привкус. По химическому составу пресные с минерализацией 0,3 г/дм³, сульфатно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, мягкие, слабощелочные:



Родник не каптирован и является памятником природы регионального значения [9].

Родник «Горный ключ» расположен в 5 км к юго-западу от с. Усть-Пустынка на правом берегу р. Чарыша. Он формируется у основания склона горы, на уровне первой надпойменной террасы, близ контакта известняков и сланцев и имеет несколько выходов подземных вод на поверхность. Родник, восходящий со значительным дебитом (более 10 л/с). Вода в нем прозрачная, бесцветная, без запаха и привкуса, холодная ($t=4,8^{\circ}C$). По химическому составу вода источника гидрокарбонатная кальциевая, пресная с минерализацией 0,2 г/дм³, мягкая, нейтральная.

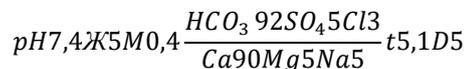


Источник, формирующий постоянный водоток, является памятником природы краевого значения (Постановление

Администрации Алтайского края от 13.04.1998 № 234) [9].

В рельефе территории Чарышского района выделяются несколько высотных поясов (ярусов). Самый верхний – высокогорный, альпийский. Ниже скалистых хребтов расположен второй пояс – выровненная поверхность, речная сеть, много озер. Такие плато – отличные летние пастбища. Еще ниже расположен наиболее обширный пояс эрозионного среднегорного рельефа [10]. Всего в районе обнаружено и описано 13 источников.

Родник «Восточный» находится на окраине с. Алексеевка у реки Поперечная. Родник, восходящий со значительным дебитом (более 5,0 л/с), и является местом естественной разгрузки подземных вод, приуроченных к пойменному аллювию реки. Вода в нем прозрачная, бесцветная, без запаха и привкуса, холодная ($t=5,1^{\circ}C$). По химическому составу вода источника гидрокарбонатная кальциевая, пресная с минерализацией 0,4 г/дм³, средней жесткости, нейтральная.



Родник каптирован и используется населением для питьевых целей. Во время прохождения паводков на р. Поперечная родник подтапливается и затопливается.

На небольшой территории Петропавловского района соединяются участки низкогорья Алтая (400–900 м), Прералтайской равнины, древних террас реки Оби и долины других рек [11]. В районе обнаружено и описано 10 родников, расположенных в окрестностях села Соловьиха Петропавловского района.

Родник «Журкин ключ» расположен на территории с. Соловьиха и каптирует подземные воды, приуроченные к грубообломочному материалу склонового делювия. Источник нисходящий, имеет дебит около 3 л/с. Родниковая вода прозрачная, бесцветная, без запаха и при-

вкуса, холодная ($t=4,8^{\circ}\text{C}$). По химическому составу вода источника гидрокарбонатная кальциевая, пресная с минерализацией $0,3 \text{ г/дм}^3$, средней жесткости, нейтральная.

$$pH7,1Ж4M0,3 \frac{HCO_3 \ 71SO_4 \ 22Cl7}{Ca67Mg30Na3} t4,8D3$$

Источник образует Журкин ручей протяженностью около 50 метров, впадающий в Хомячев ручей. Во времена активного функционирования колхоза, воду из родника возили на полевой стан для питьевых целей. Источник и место слияния ручьев имеет рекреационное значение.

Территория Кытмановского района находится в пределах Бийско-Чумышской возвышенности и Предсалаирской равнины [12]. В районе обнаружено и описано 4 источника.

Родник «Святой источник во имя пророка Божия Илиш» расположен в окрестностях села Курья на юго-восточном берегу р. Чумыша. Пойменный аллювий сложен супесями, суглинками с прослоями песков к которому и приурочены выходы подземных вод. Источник нисходящий, имеет незначительный (менее $0,1 \text{ л/с}$) дебит. Родниковая вода прозрачная, бесцветная, без запаха и привкуса, холодная ($t=5,9^{\circ}\text{C}$). По химическому составу вода источника сульфатно-гидрокарбонатная кальциевая, пресная с минерализацией $0,7 \text{ г/дм}^3$, жесткая, нейтральная.

$$pH7,3Ж8M0,7 \frac{HCO_3 \ 58SO_4 \ 35Cl7}{Ca76Mg13Na11} t5,9D0,1$$

Образованный источником водоток впадает в пойменные озера (старицы). Родник каптирован.

Все исследованные источники имеют важное значение в питании поверхностных водотоков и водоёмов, и необходимы для поддержания водного баланса территорий. Многие родники представляет собой природные объекты, являющиеся важным компонентом окружающих их ландшафтов, а также имеют научную и культурную ценность.

url

Органолептические показатели вод большинства источников соответствуют требованиям нормативных документов, предъявляемых к источникам децентрализованного водоснабжения [13]. Родниковые воды холодные, измеренная температура колеблется от $4,8^{\circ}\text{C}$ (родник «Генеральский») до $11,5^{\circ}\text{C}$ (родник «Чинетинский»).

Родниковые воды исследуемой территории пресные с минерализацией $0,2-0,7 \text{ г/дм}^3$. По химическому составу воды преимущественно гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, реже гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые. Химический анализ проб родниковой воды показывает, что вода большинства исследованных родников соответствует санитарно-гигиеническим нормативам по содержанию макрокомпонентов. Однако исследованиями установлена частичная техногенная метаморфизация состава родниковых вод во времени (сульфатизация) с вытеснением ионов гидрокарбоната и кальция.

Для характеристики качества родниковых вод был выполнен сравнительный анализ показателей окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), так его уровень можно рассматривать как степень бактериальной загрязненности воды, поскольку существует прямая связь между уровнем ОВП и количеством колиформных бактерий в воде. Величина ОВП воды в исследованных источниках изменялась от $+75 \text{ мВ}$ (родник «Талый ключ») до $+145 \text{ мВ}$ («Нижний родник») (для сравнения – обычная водопроводная питьевая вода имеет ОВП $+200 \text{ мВ}$). Относительно низкие показатели окислительно-восстановительного потенциала свидетельствует о слабых бактерицидных свойствах родников вод, исключение составляет источник «Серебрянка» (ОВП $+197 \text{ мВ}$), что объясняется, скорее всего, присутствием в воде микроколичеств серебра.

Кислород в родниковой воде преимущественно имеет атмосферное происхождение. По количеству растворенного в воде кислорода можно косвенно судить о наличии органических веществ в ней, кислородный режим определяет экологическую чистоту и качество жизни водоема или водотока, образованных выходами (источниками) подземных вод. Замеры концентрации растворенного кислорода (O_2) проведены в шести родниках, значения лежат в пределах от 4,4 (родник «Восточный») до 11 мг/дм³ (родник «Семейный»). Минимальное допустимое содержание растворенного кислорода в природной воде составляет 4 мг/л. Показания ниже этого значения свидетельствуют о загрязнении воды. Достаточный объем растворенного кислорода в природной воде предупреждает микробиологическое восстановление множества химических элементов и улучшает органолептические питьевой воды.

Большинство родников каптированы, и оборудованы либо трубами и лотками, либо – железобетонными кольцами с крышкой или без неё, деревянными срубами с навесом или крышкой. Некаптированные источники имеют несколько выходов («головок») на поверхность и образуют водотоки различной протяженности. Дебит источников значительно различается и зависит, прежде всего, от местоположения родника, водовмещающих пород, каптажного оборудования, а также от антропогенной нагрузки на прилегающую к источнику местность. Высокодебитные родники (>10 л/с) имеют несколько сосредоточенных выходов подземных вод

и образуют поверхностные водотоки различной протяженности. Дебиты естественных выходов подземных вод не связанных с обводненными трещиноватыми зонами скальных пород не превышают 0,1-0,2 л/с. Измеренный дебит родников составляет от 0,3±0,1 (родник «Генеральский») до 3,0±0,1 л/с (родник «Святой ключ» с. Новошипуново).

Питание большинства родников происходит за счет вод, приуроченных к верхнему мощному покрову рыхлых четвертичных отложений, наиболее подверженных техногенному воздействию и загрязнению, что может сказаться на их экологическом состоянии. Поэтому использование родниковых вод в хозяйственно-питьевых и лечебных целях на исследуемой территории не представляется целесообразным в виду отсутствия мониторинга их санитарно-эпидемиологического состояния.

Паспортизация исследованных родников Алтайского края позволила предварительно сформулировать перечень водоохраных мероприятий, а также способствовала проведению просветительской работы и сотрудничеству с местными органами самоуправления и населением для обустройства родников с целью безопасного их использования.

Изучение современного состояния родников Алтайского края имеет не только несомненное научное значение, но весьма актуальна с точки зрения разработки практических мер их действенной охраны и научно обоснованной концепции рационального использования в условиях возрастающего антропогенного воздействия на природную среду.

Список литературы

1. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. – М.: Госстандарт России, 2001. – 45 с.
2. Коржнев В.Н. Проблема стратиграфического и структурного положения метаморфических комплексов горного Алтая // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. – 2019. – №55(4). – С. 36–50.

3. Копылов И.С., Лунев Б.С., Наумова О.Б., Маклашин А.В. Геоморфологические ландшафты как основа геоэкологического районирования // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 11 (часть 10) – С. 2196–2201
4. Курьинский район / *Весь Алтай* [Электронный ресурс]. – URL: <http://akunb.altlib.ru/o-tsentre-ekologiya/ekologicheskaya-karta-altaya/kurinskiy-rayon/>.
5. Святой источник горы Синюха [Электронный ресурс]. – URL: <https://rutraveller.ru/place/54068>.
6. Антюфеева, Т. В. Физико-географический очерк Змеиногорского района / Т. Е. Антюфеева, Г. Я. Барышников // *История Змеиногорска, XX век*. – Барнаул, 2004. – С. 5–22.
7. Воронина Ю.С., Дреер О.А., Какунина Е.К., Швецова Л.В. Комплексная характеристика родников Локтевского заказника // *Охрана окружающей среды и природных ресурсов стран Большого Алтая: мат. Междунар. науч. -практ. конф.* – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2013. – С. 58-61.
8. Краснощековский район / *Весь Алтай* [Электронный ресурс]. – URL: <http://altlib.ru/territorii/krasnoshhekovskiy-rayon/>.
9. В краю светлых родников: Краснощековский район // *Алтай: знакомое и неизвестное*. – 2006. – № 4 (9). – С. 49–50.
10. Чарышский район. / *Весь Алтай* [Электронный ресурс]. – URL: <http://altlib.ru/territorii/charyshskiy-rayon/>.
11. Петропавловский район / *Весь Алтай* [Электронный ресурс]. – URL: <http://altlib.ru/territorii/petropavlovskiy-rayon/>.
12. По-Сибири – Кытмановский район Алтайского края [Электронный ресурс]. – URL: <https://posibiri.ru/kytmanovskij-rajon-altajskogo-kрая/>.
13. СанПиН 2.1.4.1175-02 Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. – М.: Минздрав России, 2003. – 18 с.

Referencens

1. GOST R 51592-2000. Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob. – М.: Gosstandart Rossii, 2001. – 45 s.
2. Korzhnev V.N. Problema stratigraficheskogo i strukturnogo polozheniya metamorficheskikh kompleksov gornogo Altaya // *Izvestiya Altajskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva*. – 2019. – №55(4). – S. 36–50.
3. Kopylov I.S., Lunev B.S., Naumova O.B., Maklashin A.V. Geomorfologicheskie landshafty kak osnova geoekologicheskogo rajonirovaniya // *Fundamental'nye issledovaniya*. – 2014. – № 11 (chast' 10) – S. 2196–2201
4. Kur'inskij rajon / *Ves' Altaj* [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://akunb.altlib.ru/o-tsentre-ekologiya/ekologicheskaya-karta-altaya/kurinskiy-rayon/>.
5. Svyatoj istochnik gory Sinyuha [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://rutraveller.ru/place/54068>.
6. Antyufeeva, T. V. Fiziko-geograficheskij ocherk Zmeinogorskogo rajona / Т. Е. Antyufeeva, G. YA. Baryshnikov // *Istoriya Zmeinogorska, XX vek*. – Barnaul, 2004. – S. 5–22.
7. Voronina Yu.S., Dreer O.A., Kakunina E.K., Shvecova L.V. Kompleksnaya harakteristika rodnikov Loktevskogo zakaznika // *Ohrana okruzhayushchej sredy i prirodnyh resursov stran Bol'shogo Altaya: mat. Mezhdunar. nauch. -prakt. konf.* – Barnaul: Izd-vo AltGU, 2013. – S. 58-61.
8. Krasnoshchekovskij rajon / *Ves' Altaj* [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://altlib.ru/territorii/krasnoshhekovskiy-rayon/>.

9. V krayu svetlyh rodnikov: Krasnoshchekovskij rajon // Altaj: znakomoe i neizvestnoe. – 2006. – № 4 (9). – S. 49–50.
10. Charyshskij rajon. / Ves' Altaj [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://altlib.ru/territorii/charyishskiy-rayon/>.
11. Petropavlovskij rajon / Ves' Altaj [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://altlib.ru/territorii/petropavlovskiy-rayon/>.
12. Po-Sibiri – Kytmanovskij rajon Altajskogo kraya [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://posibiri.ru/kytmanovskij-rajon-altajskogo-kraya/>.
13. SanPiN 2.1.4.1175-02 Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody necentralizovannogo vodosnabzheniya. Sanitarnaya ohrana istochnikov. – M.: Minzdrav Rossii, 2003. – 18 s.

STUDY OF SPRINGS IN FOOTHILL REGIONS OF ALTAI KRAI

I.V. Arkhipova^{1,2}, V.V. Smirnov², V.I. Zanosova³

¹Altai regional branch of the Russian geographical society, Barnaul,

²Institute for water and environmental problems SB RAS, Barnaul,

³LLC «Center for engineering technologies», Barnaul,

E-mail: reg22@rgo.ru

The paper presents the results of field studies of underground water sources located in the foothills of Altai Krai as well as the method for determining organoleptic and chemical indicators of spring water quality. Discharge of springs, their temperature, hydrogen index, redox potential and specific electrical conductivity of water were measured in situ. The macrocomponent composition of water, its total hardness and iron concentration were evaluated in the laboratory using standard methods. The location of springs was mapped; their purposeful use was specified. The study findings can be applied in developing the measures on protection of underground water quality and in foregrounding the assessment of the water resource potential of Altai Krai.

Keywords: foothills, underground waters, springs, spring water, discharge of spring, chemical composition, water quality, tapping.

Received April 29, 2021

УДК 379.85, 504.45, 711.455, 712

РАЗВИТИЕ РЕКРЕАЦИИ В БАССЕЙНЕ РЕКИ БУРЛА: 3-D МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРИСТИЧЕСКОЙ БАЗЫ НА БЕРЕГУ ОЗЕРА ПЕСЧАНОГО

А. В. Головин, Н. В. Стоящева

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул,
E-mail: golovin.anton.vl@gmail.com, stoyash@mail.ru

В статье приведены результаты 3-D моделирования участка побережья озера Песчаного (Алтайский край). Целью работы является создание концептуальной 3-D модели базы отдыха на берегу оз. Песчаное. Исследование проведено на основе принципов и приемов ландшафтного проектирования. Для прибрежной территории оз. Песчаное выполнено функциональное зонирование и разработана концепция базы отдыха (участка побережья). С помощью программы realtime landscaping architect разработана трехмерная модель зон, пригодны для разных видов отдыха. Прибрежная территория оз. Песчаное наиболее перспективна для развития разных видов отдыха (пляжно-купальный, рекреационное рыболовство). Рекомендовано проектирование базы отдыха с делением территории на пять основных функциональных зон (кемпинговая, прогулочная, прогулочно-жилая, административная, транспортная) при максимальном сохранении естественных степных ландшафтов. В статье приведены результаты рекреационного зонирования и 3-D моделирования участка побережья озера Песчаного (Бурлинская озерная система, Алтайский край). По материалам натурных исследований и на основе принципов и приемов ландшафтного проектирования выполнено функциональное деление участка берега на зоны: кемпинговую, прогулочную, прогулочно-жилую, административную и транспортную. Показана концептуальная пространственная модель участка пляжно-купального отдыха.

Ключевые слова: туризм, рекреационная привлекательность, бассейн реки Бурла, озеро Песчаное, архитектурно-ландшафтный анализ, функциональное зонирование, 3-D моделирование.

DOI: 10.24412/2410-1192-16102

Дата поступления 9.06.2021

В Алтайском крае в последнее десятилетие получила активное развитие туристическая отрасль. В числе региональных приоритетов с 2011 г. отрасль была переведена на целевое финансирование в рамках федеральной целевой программы «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации» [1].

Однако для организации рекреации и туристской деятельности долгое время традиционно использовались предгорно-низкогорная часть края и пригородные зоны. И лишь в последние годы органы власти муниципальных районов стали обращать внимание на развитие туризма

в Кулундинской степи в связи с повышением интереса отдыхающих к лечебно-оздоровительным ресурсам водных объектов, прежде всего, озёр [2].

Отдыхающих привлекает наличие гидроминеральных ресурсов соленых озер, тогда как туристско-рекреационный потенциал пресных водоёмов Кулундинской степи, связанный с пляжным отдыхом, до сих пор является недооценённым. Основная причина — отсутствие позиционирования привлекательности данной территории на уровне региона, немаловажным сдерживающим фактором является слабая раз-

витость инфраструктуры, в том числе транспортной.

Особое внимание здесь стоит обратить на водные объекты бассейна с крупными пресными озёрами в нижнем течении – Бурлинской озёрной системой. Несмотря на высокую рекреационную привлекательность этих водоемов, некоторые исследователи [3] в качестве наиболее предпочтительного сценария развития территории в низовьях р. Бурла видят формирование туристического кластера исключительно промыслово-рекреационного типа.

Целью нашего исследования является предложение путей реализации рекреационного потенциала оз. Песчаного, как уже сейчас наиболее востребованного у отдыхающих для пляжно-купального отдыха, с учётом сохранения его пейзажной привлекательности.

Озеро Песчаное ранее уже рассматривалось отдельными авторами как перспективный водоем для строительства туристической базы [4]. Именно этот водоем стал объектом нашего изучения, как один из наиболее рекреационно привлекательных водных объектов не только в бассейне р. Бурла, но и на территории степной части Алтайского края.

Объект исследования

Бассейн р. Бурла расположен на крайнем северо-западе Алтайского края, на границе с Новосибирской областью и Республикой Казахстан. Река Бурла берет начало из оз. Бол. Пустынное на территории Алеусского ленточного бора, впадает в оз. Бол. Топольное. Длина реки в средние по водности годы составляет 489 км. Отличительной особенностью водосборного бассейна р. Бурла является наличие большого числа озер – более 280, большинство из которых (около 200) – бессточные соленые и горько-соленые.

Озеро Песчаное – проточное, расположено на территории Бурлинского района Алтайского края, недалеко от границы с Новосибирской областью, входит в состав Бурлинской озёрной системы (рис. 1). Берега озера сложены песками и суглинками, обрывистые, высотой 2–4 м, разрушающиеся. Рельеф побережья преимущественно плоский, местами, особенно в северной части, ближе к руслу р. Бурла – волнистый. Дно песчаное или песчано-илистое, рельеф дна пологий. Водоём характеризуется наличием широкой полосы мелководья, достигающей 50 м и более, его вода хорошо прогревается до температуры 24°C и выше [1].

Климат территории отличается коротким, но жарким летом, средние температуры июля составляют +20°C +21°C. Годовое количество суммарной солнечной радиации (100–140 ккал/см²) сопоставимо с показателями, характерными для территории Крыма. Осадков выпадает мало – 225–275 мм, однако большая их часть приходится на тёплый период года [5].

Прибрежная растительность однообразна. Кроме степных растений (ковыль, типчак и др.), отдельными группами произрастают тополя, берёзы, осины. Большие площади заняты древесным сорняком клёном ясенелистным. Вдоль воды местами обильна прибрежная растительность (тростник, розг, камыш).

Несмотря на однообразие окружающих ландшафтов, оз. Песчаное обладает высокой эстетической привлекательностью благодаря большой площади водной поверхности и значительной протяжённости песчаных пляжей.

Озера Бурлинской системы богаты рыбой и являются наиболее значимыми рыбохозяйственными водоёмами на территории Алтайского края.



Рис. 1. Озеро Песчаное в бассейне р. Бурла

При интенсивной промысловой эксплуатации вылов здесь составлял до 80 % (1995–2001 г.г.) от общего объема вылова рыбы по Алтайскому краю [6].

Песчаное занимает второе место по количеству выловленной рыбы. С 1944 по 2008 г.г. на озере работал Бурлинский рыбзавод. В водоёме обитают 12 аборигенных и заселённых видов рыб: щука, окунь, плотва, серебряный карась, золотой карась, сазан, судак, верховка, пелядь, лещ, красноперка, язь [7]. Для прибрежных территорий озёр бассейна р. Бурла (Бол. Пустынное, Мал. Топольное, Хомутиное, Песчаное, Хорошее, Бол. Топольное) авторами в 2019 г. была проведена рекреационная оценка с учётом эколого-эстетической и пляжно-купальной составляющей [1].

Эколого-эстетическая оценка территории осуществлялась по ряду критериев, в качестве основных были использованы следующие: дальность и панорамность обзора пейзажа, наличие в пейзаже доминанты, многоплановость, глубина и разнообразие перспектив, красочность, выразительность рельефа местности, сочетание суши и водных объектов, разнообразие растительных

сообществ, целесообразность встречаемой дикой фауны, выразительность запахов и звуков природы, вписываемость антропогенных объектов в природный пейзаж [1]. К вышеперечисленным уже во время обследования территории был добавлен еще один показатель – наличие следов рекреационной деятельности. В качестве критериев оценки водного объекта для пляжно-купального отдыха были выбраны 11 основных свойств водных объектов. Наиболее важными критериями для купания являются качество дна водоема, пляжа, воды, температура воды, скорость течения. Для возможности сопоставления двух видов оценок полученные значения были нормированы, их сумма стала результирующей оценкой рекреационного потенциала.

Сопоставление результатов двух оценок показало, что из рассмотренных водоёмов наибольший потенциал для развития рекреационной деятельности имеется у оз. Песчаное.

Озеро имеет такие благоприятные для купания качества, как песчаное дно и песчаный пляж, низкую скорость течения (до 0,3 м/с), оптимальную темпе-

ратуру (18–24°C). Такой важный фактор для купания, как химический состав воды, в водоёме также находится в пределах рекреационных норм (данные по состоянию на 2013 г.) [4]. Среди неблагоприятных качеств: наличие местами заросших тростником берегов, обрывистый восточный берег высотой 2–4 м, высокая рекреационная нагрузка. Однако эти недостатки не помешали водоёму получить наивысшую оценку [1].

Материал и методы исследования

Исследование проведено на основе ландшафтного проектирования территории, которое является важной архитектурной и градостроительной задачей, включающей комплекс мероприятий по озеленению и благоустройству открытых и закрытых пространств [8]. С учётом существующей правовой базы Е.Ю. Колбовский подразделяет ландшафтное проектирование на два подуровня: локальный и ландшафтно-архитектурный. На ландшафтно-архитектурном уровне осуществляется проектирование туристических комплексов, частных территорий, придомовых пространств, парков, скверов, садов [9].

Созданию ландшафтного проекта туристического комплекса, базы отдыха предшествует работа по детальному изучению планируемой территории с целью выявления ее достоинств в целом (или отдельных её частей) и для выбора варианта планировочных решений, с учетом гармоничного существования рекреационных объектов и природных ландшафтов с преобладанием природной основы [10].

В качестве источника данных при изучении проектируемой территории использовались результаты оцифровки космических снимков высокого разрешения, размещённых на ресурсе Google Earth за 2019 г. Было выполнено натурное обследование, включающее визуальный осмотр, архитектурно-ландшафтный анализ (оценка существующих насаждений, рельефа, клима-

тических особенностей, ветрового режима), фотофиксация, поиск возможных определяющих видовых точек и перспектив, исследовались градостроительные, историко-культурологические условия (изучение окружающей застройки, памятников), оценивались эстетические характеристики и условия для развития пляжно-купального отдыха.

Эффективным методом моделирования территории является функциональное зонирование, как создание дифференцированной планировочной структуры и регулирование потоков посетителей в целях снижения антропогенного воздействия на природные комплексы и культурно-исторические объекты [11, 12]. Для прибрежной территории оз. Песчаное выполнено функциональное зонирование и разработана концепция базы отдыха на берегу озера.

При разработке зонирования учитывались специфика природных условий (растительность, рельеф), привлекательность территории, доступность пляжа, наличие историко-культурных объектов и объектов инфраструктуры.

При выделении прогулочной зоны в первую очередь учитывалось наличие естественного пейзажа, открытых пространств, историко-культурных объектов (памятник), видовых точек.

Наличие пляжа, хорошие подходы к воде, благоприятные условия рельефа, разнообразие древесных и кустарниковых растений, отсутствие существующей инфраструктуры стали основой для выделения кемпинговой зоны.

Основой для выделения прогулочно-жилой зоны послужило фактическое наличие туристической базы отдыха, с имеющейся инфраструктурой (столовая, беседки, домики для проживания, пляж), стадиона, принадлежащего детскому оздоровительному лагерю «Солнечный», искусственными линейными посадками из тополей и берёз.

Разработка трёхмерной модели концепции производилась в программе

realtime landscaping architect. Это программное обеспечение с набором инструментов и моделей для создания 2-D планов и 3-D ландшафтных проектов.

Результаты и их обсуждение

Территория планирования расположена между оз. Песчаное на востоке, оз. Хомутиное на западе, р. Бурла на севере, автодорогой Устьянка-Новопесчаное на юге. Здесь на побережье оз. Песчаное с советских времен функционирует база отдыха «Волна», расположен детский оздоровительный лагерь «Солнечный» (не действующий), строятся новые кемпинги. На р. Бурла при впадении в оз. Песчаное расположен Бурлинский рыбхоз.

Несколько десятилетий назад на узком перешейке между озёрами Песчаное и Хомутиное располагалось с. Старопесчаное. Сегодня от него остались несколько заброшенных домов, фундаментов строений, обелиск воинам-землякам, павшим в годы Великой отечественной войны (ВОВ), небольшое деревенское кладбище (близ оз. Хомутиное).

Несмотря на однообразие окружающих ландшафтов, оз. Песчаное обладает высокой эстетической привлекательностью благодаря большой площади водной поверхности и значительной протяжённости песчаных пляжей (табл. 1).

Наличие в восточной части оз. Песчаное широкой полосы пляжа, а также пригодность использования озера для развития пляжно-купального отдыха предопределяет возможность создания именно на этом участке берега водоёма многофункциональной базы.

Разделение территории планирования на функциональные зоны для целей отдыха населения осуществляется при максимальном сохранении естественных степных ландшафтов.

Было выделено пять основных зон: кемпинговая, прогулочная, прогулочно-жилая, административная, транспортная (рис. 2).

Прогулочная зона расположена на возвышенном участке, на месте с. Старопесчаное. Здесь сохранились фрагменты жилых домов (стены, фундаменты) и памятник участникам ВОВ, требующий реставрации.

Территория характеризуется круговым обзором на озёра Песчаное, Хомутиное, а также пойму р. Бурла. Рельеф преимущественно ровный с уклоном в сторону оз. Песчаное. На большей части прогулочной зоны преобладает степная растительность. В северо-западной оконечности имеются линейные посадки из тополей и групповые заросли клёна ясенелистного.

Таблица 1

Сравнительная характеристика пляжей Бурлинской системы озёр по результатам оцифровки космических снимков высокого разрешения

Характеристика пляжей озёр	Песчаное	Хомутиное	Мал. Топольное	Хорошее
Общая сумма длин пляжей, км	5,2	0,9	1,6	3,2
Наибольшая протяжённость пляжа, км	2,7	0,7	0,8	1,0
Длина береговой линии, км	21,5	24,5	28,6	39,8
% пляжа от общей длины береговой линии	24,2	4,2	7,4	14,9



Рис. 2. Функциональное зонирование базы отдыха

В прогулочной зоне предлагается создание обширной дорожно-тропиночной сети, приводящей отдыхающих к разным ландшафтным композициям. Рекомендуется создание главной аллеи с посадками из яблонь и калин, соединяющей административную и кемпинговую зоны, и двух изгибающихся троп (восточную и западную).

Восточная тропа представляет собой открытый солнечный участок. Она приводит отдыхающих к отреставрированному памятнику, окруженному посадками из лиственниц. Существующие в настоящее время здания и их фрагменты должны быть либо снесены, либо отреставрированы. Заросли клёна ясенелистного – злостного древесного сор-

няка – ухудшают эстетический вид пейзажа, поэтому его рекомендуется заменить на более привлекательные виды древесных растений.

На западной тропе рекомендуется создание более затененного маршрута из древесных и кустарниковых групп, с имеющимися линейными посадками из тополей. Затенённый маршрут предназначен для людей плохо переносящих жаркое солнце.

Основным визуальным акцентом как в прогулочной зоне, так и в других зонах является оз. Песчаное, обзор на которое открывается практически из любой точки. Для территории характерно присутствие диких животных (птиц,

прежде всего, чаек), особое очарование придают запахи степных растений.

Для усиления пейзажности предлагается использовать древесные виды растений (березы, лиственницы, рябины, яблони и т.д.), кустарники (спиреи, дейции, кизильники, сирени и т.д.), декоративные злаки (ковыли, ячмени, вейники и т.д.). В ландшафтных композициях также существует возможность использования редких степных растений, включенных в Красную книгу Алтайского края (гониолимон высокий, ковыль опушеннолистный, ковыль перистый и др.) [13].

На всех тропах будут установлены скамейки для отдыха, урны. Здесь туристы смогут прогуляться, полюбоваться декоративными ландшафтными композициями и естественными пейзажами.

Кемпинговая зона расположена в северной части на территории с волнистым рельефом, с зарослями тополей и берез, окруженных степной растительностью (рис. 3).

Волнистый рельеф зоны дает возможность организовать места для палаток в небольших западинах, создавая ощущения уединения с природой у отдыхающих. Туристам предложен выбор расположения палаток в трёх подзонах: «лесной» (южная часть с тополовой рощей), «лесостепной» (центральная часть с одиночными тополями и березами), «степной» (преимущественно из естественной степной растительности в северной части). Все подзоны соединены тропиной сетью с другими зонами и пляжем, оборудованы удобные спуски к воде. Ландшафтные композиции из декоративных растений на территории этой зоны отсутствуют для сохранения естественности пейзажей.

Отдыхающим предоставляются организованные места для установки палаток, столы, скамьи, костровища, баня, летний душ, и другие услуги.

Прогулочно-жилую зону (рис. 4) предполагается расположить на месте туристической базы «Волна» и детского оздоровительного лагеря «Солнечный».



Рис. 3. Палаточный городок в «степной» части кемпинговой зоны



Рис. 4. Фрагмент прогулочно-жилой зоны:

1 – VIP подзона с домиками и личными беседками, 2 – группа беседок для всех отдыхающих, 3 – детская площадка

Зона условно поделена на подзоны:

1. жилые:

– VIP-подзона – подзона с домиками, личными беседками для отдыха вне помещения, территория облагорожена разнообразными цветниками. В домиках располагается душ, санузел, телевизор и другие удобства;

– подзона рядом с детской площадкой – здесь располагаются домики эконом класса, беседки для кратковременного отдыха. Близость детской площадки обеспечивает комфортный отдых для семей с детьми;

– подзона рядом со стадионом, волейбольной площадкой – здесь располагаются домики эконом-класса для проживания людей, которым нравится активный отдых;

2. спортивная – включает стадион с беговой дорожкой, волейбольной, баскетбольной площадкой;

3. хозяйственная – включает жилье для обслуживающего персонала, столовую для персонала и отдыхающих, прачечную, склады и т.д.

В ландшафтных композициях для этой зоны рекомендуется использовать больше цветочно-декоративных растений, таких, как качим метельчатый, кермеки, клематисы, эремурус узколистный и др.

Подбор декоративных растений для ландшафтных композиций, используемых на территории базы, должен осуществляться с учётом климатических особенностей территории и состоять из засухоустойчивых и морозоустойчивых растений, неприхотливых к составу почв [14].

Необходимо отметить, что функциональное зонирование прибрежной территории оз. Песчаного с целью развития здесь пляжно-купального отдыха выполнено без учета возможности использования водоема для рыболовного туризма. Подходящее место для оборудования рыболовного городка имеется в северной части планируемой базы отдыха, вблизи территории Бурлинского рыбхоза, на которой можно устраивать познавательные экскурсии, например о развитии промыслового рыболовства на Бурлинских озёрах. Развитие рыболовного туризма связано с созданием условий для комфортной рыбалки с берега или лодки, места для обеда и сна, т.е. должно быть предусмотрено строительство небольших домов, причала, рыболовного магазина и другой необходимой инфраструктуры.

Предложенное функциональное зонирование побережья оз. Песчаного и строительство многофункциональной базы отдыха позволит максимально выгодно использовать рекреационный по-

тенциал территории и обеспечить возможность отдыха на природе для разных групп населения. Кроме того, создаваемая инфраструктура в виде оборудованных мест под палатки и костровища, мест принятия пищи, установленных биотуалетов и контейнеров для мусора в кемпинговой зоне, а также повсеместной тропиной сети позволит снизить антропогенную нагрузку на побережье.

Выводы

Озёра степной зоны Алтайского края, в том числе Бурлинская система озёр, в последние годы стали пользоваться популярностью у отдыхающих не только из соседних районов, но и из соседних субъектов РФ. Однако из-за отсутствия инфраструктуры (качественных дорог, мест размещения) озёрам Бурлинской системы трудно соперничать с оз. Бол. Яровое, оз. Горькое, Завьяловскими озёрами.

Натурные исследования прибрежной территории оз. Песчаное показали наличие благоприятных факторов развития здесь рекреационной деятельности. Благоприятные природно-климатические условия, наличие рыбных ресурсов и высокая эстетическая

привлекательность местности позволяют развивать здесь пляжно-купальный отдых и рекреационное рыболовство.

Для привлечения туристов рекомендуется проектирование базы отдыха на берегу оз. Песчаное. Предлагается создать условия для проживания и времяпрепровождения разных групп населения: домики для проживания, организованные площадки для палаток и костровищ, проложить обширную тропиной сеть для прогулок, с использованием обзорных точек на разные ландшафтные композиции и т.д. Для уменьшения затрат на уход за растениями рекомендуется использовать неприхотливые декоративные степные виды растений.

Использование 3-D моделирования и визуализация проекта туристической базы позволяют разглядеть его мельчайшие детали, выявить недочёты в размещении домиков, малых архитектурных форм, инфраструктурных и других объектов уже на ранних этапах проектирования. Наглядная модель рекреационного объекта является наиболее привлекательным результатом проектирования для всех заинтересованных лиц, включая возможных инвесторов.

Список литературы

1. Стоящева Н.В., Головин А.В. Оценка рекреационного потенциала водных объектов на территории бассейна реки Бурла // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. – 2020. – № 2. – С. 14–21.
2. Дунец А.Н., Дирин Д.А. Территориальное планирование туристской сферы в Кулундинской степи // Grand Altai Research & Education. – 2016. – № 2. – С. 155–166.
3. Дирин Д.А., Крупочкин Е.П., Рыгалов Е.В. Геоинформационная оценка туристско-рекреационного потенциала степных территорий (на примере Кулундинской степи) // Интер Карто / Интер ГИС 23. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата: Материалы Междунар. конф., Южно-Сахалинск (Россия), Сеул (Республика Корея), Вашингтон (США) (Южно-Сахалинск, 26 июня – 7 июля 2017). – М.: Издательство Московского университета, 2017. – Т. 2. – С. 89–103.
4. Платко М.В., Шишкин А.В. К оценке рекреационных ресурсов озера-водохранилища Песчаное на р. Бурла // Наука и инновации: векторы развития: Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых. Сборник научных статей. – Барнаул: Изд-во Алтайского государственного университета, 2018. – С. 266–269.

5. Официальный сайт Бурлинского района [Электронный ресурс]. – URL: <http://admburla.ru/>.
6. Веснина Л.В., Зеленцов Н.В., Рыжакова О.Г. Рыбопродуктивность Бурлинской системы озёр и пути ее повышения // Вестник НГАУ. – 2012. – № 4(25). – С. 49–56.
7. Шишкин А.В. Обоснование необходимости проведения мелиоративных мероприятий на озере Песчаное // Аграрная наука – сельскому хозяйству: Сборник статей. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2017. – С. 572–575.
8. Давыдова О.В. Ландшафтное проектирование в обучении архитектурному проектированию // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2014. – Т. 14. – № 3. – С. 54–56.
9. Колбовский Е.Ю. Ландшафтное планирование. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с.
10. Климова Т.С., Сокольская О.Б. Организация актуальных условий отдыха и планировочного решения загородных баз отдыха // Ландшафтная архитектура и природообустройство: от проекта до экономики-2019: Материалы Международной научнотехнической конф., Саратов, 21–22 мая 2019. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2019 – С. 71–76.
11. Чижова В.П. Методика зонирования национальных парков // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. – 2006. – №. 3. – С. 105–123.
12. Холоденко А.В. Особенности реализации принципов ландшафтно-экологической оптимизации природопользования в территориальной охране природы // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. – 2011. – Т. 3, №. 2. – С. 246–251.
13. Красная книга Алтайского края. Т. 1: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2016. – 292 с.
14. Энциклопедия декоративных садовых растений [Электронный ресурс] – URL: http://flower.onego.ru/other/primul_p.html.

References

1. Stojashheva N. V., Golovin A. V. Ocenka rekreacionnogo potenciala vodnyh ob#ektov na territorii bassejna reki Burla // Vestnik VGU. Serija: Geografija. Geojekologija. – 2020. – №. 2. – S. 14–21.
2. Dunec A.N., Dirin D.A. Territorial'noe planirovanie turistskoj sfery v Kulundinskoj stepi // Grand Altai Research & Education. – 2016. – № 2. – S. 155–166.
3. Dirin D.A., Krupochkin E.P., Rygalov E.V. Geoinformacionnaja ocenka turistsko-rekreacionnogo potenciala stepnyh territorij (na primere Kulundinskoj stepi) // Inter Karto / Inter GIS 23. Geoinformacionnoe obespechenie ustojchivogo razvitija territorij v uslovijah global'nyh izmenenij klimata: Materialy Mezhdunar. konf., Juzhno-Sahalinsk (Rossija), Seul (Respublika Koreja), Vashington (SShA), 26 ijunja – 7 ijulja 2017.– M.: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 2017. – Т. 2. – С. 89–103.
4. Platko M.V., Shishkin A.V. K ocenke rekreacionnyh resursov ozera-vodohranilishha Peschanoe na r. Burla // Nauka i innovacii: vektory razvitija: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh. Sbornik nauchnyh statej. – Barnaul: Izd-vo Altajskogo gosudarstvennogo universiteta, 2018. – S. 266–269.
5. Oficial'nyj sajt Burlinskogo rajona [Jelektronnyj resurs]. – URL: <http://admburla.ru/>.
6. Vesnina L.V., Zelencov N.V., Ryzhakova O.G. Ryboproduktivnost' Burlinskoj sistemy ozjor i puti ee povyshenija // Vestnik NGAU. – 2012. – № 4(25). – S. 49–56.
7. Shishkin A.V. Obosnovanie neobhodimosti provedenija meliorativnyh meroprijatij na ozere Peschanoe // Agrarnaja nauka – sel'skomu hozjajstvu: Sbornik statej. – Barnaul: Altajskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2017. – S. 572–575.

8. Davydova O. V. Landshaftnoe proektirovanie v obuchenii arhitekturnomu proektirovaniju // Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura. – 2014. – T. 14. – № 3. – S. 54–56.

9. Kolbovskij E. Ju. Landshaftnoe planirovanie. – M.: Izdatel'skij centr «Akademija», 2008. – 336 s.

10. Klimova T. S., Sokol'skaja O. B. Organizacija aktual'nyh uslovij otdyha i planirovochnogo reshenija zagorodnyh baz otdyha // Landshaftnaja arhitektura i prirodoobustrojstvo: ot proekta do jekonomiki-2019: Materialy Mezhdunarodnoj nauchnotekhnicheskoy konf., Saratov, 21–22 maja 2019. – Saratov: OOO «CeSAin», 2019 – S. 71–76.

11. Chizhova V. P. Metodika zonirovaniya nacional'nyh parkov // Juzhno-Rossijskij vestnik geologii, geografii i global'noj jenergii. – 2006. – №. 3. – S. 105–123.

12. Holodenko A. V. Osobennosti realizacii principov landshaftno-jekologicheskoy optimizacii prirodopol'zovanija v territorial'noj ohrane prirody // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija 3: Jekonomika. Jekologija. – 2011. – T. 3, №. 2. – S. 246–251.

13. Krasnaja kniga Altaj'skogo kraja. T. 1: Redkie i nahodjashiesja pod ugrozj ischeznovenija vidy rastenij i gribov. – Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta, 2016. – 292 s.

14. Jenciklopedija dekorativnyh sadovyh rastenij [Jelektronnyj resurs] – URL: http://flower.onego.ru/other/primul_p.html.

DEVELOPMENT OF RECREATION IN THE BURLA RIVER BASIN:

3-D MODELING OF A TOURIST BASE AT LAKE PESCHANOYE

A. V. Golovin, N. V. Stoyashcheva

Institute for Water and Environmental Problems of the SB RAS, Barnaul,

E-mail: golovin.anton.vl@gmail.com, stoyash@mail.ru

Goals and objectives. The aim of the work was to create a conceptual 3-D model of a tourist base at the shore of lake Peschanoye. Methods. The research was based on the design principles and techniques, including landscape formation in the landscape design of the territory. To study the territory, a full-scale survey was carried out, i.e., visual inspection, architectural and landscape analysis, photographic recording, search for viewpoints and prospects, urban planning, investigation of historical and cultural conditions. For the coastal area of the lake, functional zoning was performed, and the concept of the recreation base was elaborated. The creation of a three-dimensional model of the tourist base concept was implemented in the realtime landscaping architect program. Results. Coastal territory of lake Peschanoye is the most promising for developing various types of recreation (beach and bathing, recreational fishing). It was recommended to design the tourist base through its territory division into five main functional zones (camping, walking, walking and living, administrative, transport) with maximum preservation of natural steppe landscapes. Functional zoning of the coastal zone of lake Peschanoye was made; the 3-D model of the tourist base concept was developed; the activities for recreation base design were proposed.

Key words: tourism, recreational attractiveness, Burla river basin, lake Peschanoye, architectural landscape analysis, functional zoning, 3-D model.

Received June 9, 2021

УДК 624.131

СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП СОЗДАНИЯ ГТС «СИЛА СИБИРИ-2»: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

М.Н. Железняк, С.И. Сериков, М.М. Шац
Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск,
E-mail: fe@mpi.ysn.ru, grampus@mpi.ysn.ru, mmshatz@mail.ru

В статье освещен этап создания газотранспортной системы «Сила Сибири-2», начало которого включает решение о переносе части трассы в Монголию. Показана сложность природных условий ее новой трассы в геоэкономическом, инженерно-геологическом и геокриологическом отношении, приведены основные результаты предыдущих эколого-мерзлотных исследований мерзлотоведов последних лет, позволившие выявить главные сложности проекта и показать некоторые пути их преодоления.

Ключевые слова: газотранспортная система; «Сила Сибири-2»; изыскания и проектирование; прокладка трубы; строительство системы; геокриологические условия.

DOI: 10.24412/2410-1192-16103
Дата поступления 1.06.2021

Широко известный и один из крупнейших в газовой отрасли РФ проект газотранспортной системы «Сила Сибири – 2», ранее именуемый «Алтай», вступает в начальный этап практической реализации. Его история, в отличие от последовательно и поступательно развивающегося проекта «Сила Сибири», сложна и неоднозначна. Создание газопровода на границе с Синьцзян-Уйгурским автономным районом Китая может дать начало другим инфраструктурным проектам. На сегодняшний день товарооборот между КНР и Россией достиг 2,15 млрд долларов США. При этом прямое транспортное сообщение между двумя странами отсутствует.

«Газпром» регулярно извещает о заинтересованности КНР в увеличении поставок газа РФ и готовности удовлетворить постоянно растущий спрос китайской экономики. Газовый рынок Китая каждые два года увеличивает потребление газа, сопоставимое со всей экспортной мощностью «Силы Сибири», составляющей 38 млрд куб. м газа в год. При этом КНР испытывает потребность в дополнительных поставках газа

из России, и корпорация готова их обеспечить [1].

На сегодня Пекин уже стал крупнейшим импортером природного газа и третьим ведущим потребителем энергоносителя в мире (после США и России), а КНР остается самым перспективным газовым рынком и в обозримом будущем. Особо следует отметить, что потребление газа в Китае продолжало расти даже несмотря на пандемию, увеличиваясь более чем на 20 млрд куб. м.

Примечательно, что сотрудничество российской корпорации с КНР не ограничивается «Силой Сибири» и в настоящее время рассматриваются новые проекты. Власти Китая выражают заинтересованность в строительстве прямой автомобильной дороги из Синьцзяна в Россию через территорию Горного Алтая и намерены обустроить контрольно-пропускной пункт на границе в районе перевала Канас. С их точки зрения, Россия – один из важных торговых партнеров, но транзит грузов через смежные Казахстан или Монголию сильно тормозит развитие торговых отношений: увеличивает время доставки, приумно-

жает финансовые расходы и расширяет риск для двусторонней торговли в связи с различными неконтролируемыми факторами. Российские власти пока не вынесли однозначного решения о необходимости реализации этого проекта.

Западный газовый маршрут, по мнению китайских экспертов, сделает западные районы КНР, более открытыми внешнему миру, и значительно повысит торговую, логистическую и инвестиционную привлекательность северных приграничных районов КНР, тем самым ускорив реализацию проекта по строительству автотранспортной магистрали. Это подстегнет партнерство двух стран по таким ключевым вопросам, как строительство трансграничных инфраструктурных объектов и совместной защите природной среды [2].

В прошлом изучение мерзлотных условий по трассе планируемого в настоящее время газопровода были в значительной степени затруднены труднодоступностью и сложностью территории. Первые обзорные геокриологические исследования Горного Алтая в составе работ по Алтае-Саянской горной стране были проведены сотрудниками Института мерзлотоведения СО РАН с 1970 по 1974 гг. Позднее проводились разнообразные работы научными и производственными организациями Новосибирска, Барнаула, Бийска, Горно-Алтайска.

В 2014 г. в связи началом проектирования ГТС Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (ИМЗ) возобновил исследования Горного Алтая в рамках мерзлотно-геотермического мониторинга Восточной, Средней и Южной Сибири. Их методика и первые результаты были изложены в специальных публикациях [3-11]. В настоящей статье основной акцент сделан на специфике экзогенного рельефообразования, связанной с вероятными последствиями нарушения поверхностных ландшафтных условий при прокладке трубы.

Основная цель публикации – показать условия реализации проекта га-

зотранспортной системы (ГТС) «Сила Сибири – 2» на его новом этапе при смене генерального маршрута на вариант перехода трубы в КНР через Монголию. Публикация будет полезна студентам и специалистам газопроводной отрасли.

История реализации проекта

В первую очередь осветим историю проект газопровода, носящего название «Алтай» от месторождений Ямало-Ненецкого округа в Синьцзян-Уйгурский автономный район на западе Китая, много лет существовал на бумаге. Впервые о намерении построить газопровод из Западной Сибири в Китай Владимир Путин объявил в ходе визита в КНР весной 2006 года, но по различным причинам реализация проекта была отложена. В начале ноября 2014 года в Пекине «Газпром» и Китайская национальная нефтегазовая корпорация заключили рамочное соглашение о строительстве газопровода через территорию Горного Алтая. Подписание финального контракта было намечено на весну 2015 года, а поставки газа должны были начаться в 2019 году. Таким образом Россия рассматривалась в качестве ключевого партнера Китая в вопросах экспорта природного топлива. Истории переговоров о строительстве газопроводов из России в Китай уже почти 10 лет [6, 7]. Было выделено два маршрута: работы по «восточному» направлению вошли в активную фазу в 2014 году в рамках газопровода «Сила Сибири», успешно завершено в декабре 2019 г., и «западный», обсуждавшийся долгое время. К последнему времени в рамках реализации западного варианта были проведены предметные технико-экономические исследования маршрутов поставок. На некоторых участках началось детальное проектирование трассы газопровода с привязкой к местности. Целесообразность проекта определяется широким спектром конечных результатов, среди которых газификация Сибирского региона, рост его экономического потенциала и развитие горнопромышленного комплек-

са. Газопровод соединит месторождения Западной Сибири и Синьцзян-Уйгурский автономный район на западе Китая. Основная добыча будет вестись в районах, разработанных «Газпромом» – в Ямало-Ненецком автономном округе на месторождениях Надыма и Уренгоя. Также возможно подключение ИСПРАВЛЕНО Юрубчено-Тохомской зоны и Ковыктинского месторождения. Методы и подходы проводимых исследований изложены в предыдущих публикациях [3–5]. Там же дан обзор ранее проведенных исследований. По российской территории газопровод преодолеет около 2600 км: 205 км и 325 км – по Ямало-Ненецкому и Ханты-Мансийскому автономным округам, 879 км – по Томской области, 244 км – по Новосибирской области, 422 км – по Алтайскому краю, точное расстояние по Республике Алтай в связи с последними изменениями трассы на данный момент не определено, но ориентировочно близко около 600 км. По первому варианту через плато Укок оно составляло 589 км. Последние изменения положения трассы газопровода направлены на решение нескольких принципиальных задач, основной из которых является стремление строителей избежать крайне сложных в инженерно-геологическом плане районов, в первую очередь высокогорное плато «Укок». Подробно эта территория и сложности ее природных условий освещены ранее [3–5,10,11]. Проблема в целом крайне многопланова и осветить ее в одной публикации вряд ли возможно.

Работы на Горно-Алтайском участке могут оказаться самым сложным этапом строительства. Эта территория представляет собой сложную систему хребтов, нагорий и межгорных впадин, сейсмичность района оценивается в 8–10 баллов, а последние 500 км проходят по различным районам распространения многолетнемерзлых пород (ММП). В геологическом плане это территория особо опасных экзогенных, в т.ч. криогенных процессов, освещенных в специальном разделе. Что

касается геотехнических и эколого-геокриологических условий проекта, то всего под прокладку газопровода будет занято более 10 тыс. га земли. Эта площадь кроме собственно трассы включает территории под временные сооружения, площадки для установки компрессорных станций и прочие объекты. Ширина полосы строительства составит 32 м на лесных и 45 м на сельскохозяйственных угодьях и прописаны в соответствующем документе «Нормы отвода земель для магистральных трубопроводов». Ширина полосы отчуждения под притрассовую автодорогу, составит 18 м. Разнообразные природные условия зоны влияния ГТС «Сила Сибири-2» определяют пестроту её геокриологической обстановки. Максимальные мощности мерзлой толщи отмечаются в высокогорье, где на отметках более 2800 м развиты ММП сплошного распространения, имеющие низкие температуры предположительно до $-6,0^{\circ}\text{C}$ и мощность до нескольких сотен метров [3–8]. К сожалению, отобразить картографически вариации геокриологических условий очень сложно и после обзорной для Алтае-Саянской горной страны [9] мелкомасштабной модели выполнялись редко и для ограниченных территорий.

Криогенное рельефообразование

Сезонное и многолетнее промерзание и протаивание горных пород, в сочетании с их составом, обуславливают по трассе широкое развитие криогенных явлений и образований. Направленность и интенсивность формирующих их мерзлотных процессов определяется характером теплообмена верхних горизонтов грунтов с атмосферой и геолого-геоморфологическими условиями территории. По результатам исследований ИМЗ, наиболее развиты по трассе морозобойное расстрескивание пород (курумы и морозная сортировка (рис.1), наледообразование, пучение грунтов и термокарст (рис.2), солифлюкция.

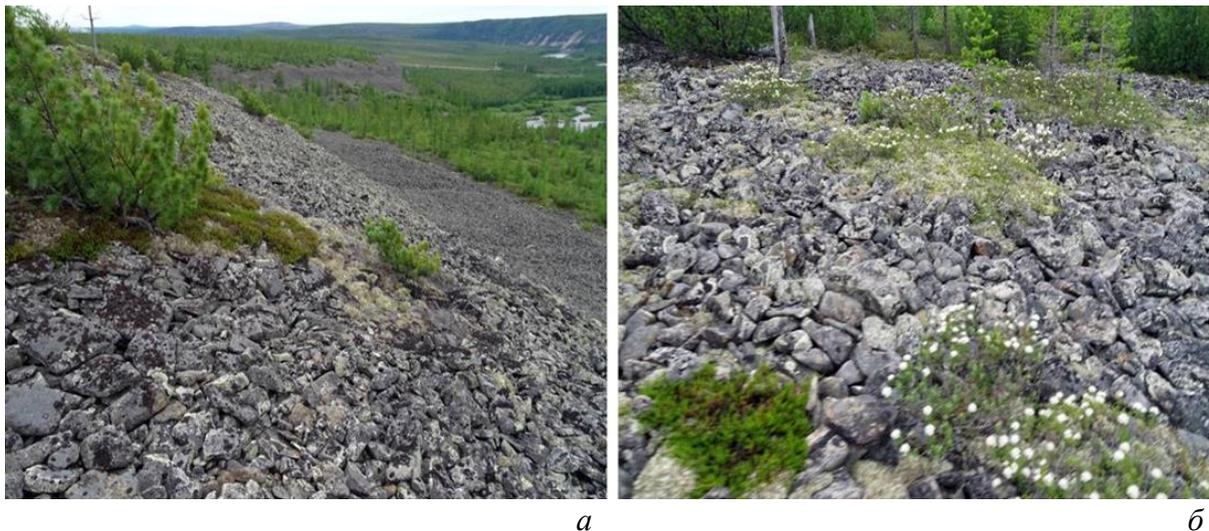


Рис. 1. Курумы (а) и каменные многоугольники (б) на склонах Чуйской впадины

Морозобойное трещинообразование не только приводит к потере прочности массива пород, но и является основой образования таких неблагоприятных для строительства и эксплуатации инженерных сооружений процессов и явлений, как залежи подземного льда, многочисленных форм крупно- и мелко бугристого рельефа, а также способствует развитию склоновых процессов. Морозобойные трещины формируются в основном в поверхностных отложениях, а образо-

ванный ими полигональный рельеф наиболее четко выражен на поверхности низких заторфованных аккумулятивных террас, в нижних частях пологих склонов, верховьях местных водотоков. Средние размеры полигонов обычно достигают 10x10 м, что обусловлено низкими среднегодовыми температурами пород. Максимальные размеры трещин на надпойменных террасах достигают ширины 0,2–0,8 м при длине 20–40 м и видимой глубине до 2 м.



Рис. 2. Термокарстовая деструкция в днище Чуйской впадины

Наиболее характерно для рассматриваемой территории трещинообразование в пластичных (супесчано-суглинистых) породах, не сопровождающееся заполнением трещин водой и образованием жильных льдов, выражающееся в формировании особого вида мерзлотного микрорельефа – бугристых марей с размерами полигонов от 2х1,5 до 3х5 м, реже до 5х10 м. Ширина трещин варьирует от 5–15 см до 1 м и более при глубине от 0,2 до 0,7 м. В зависимости от проявления при этом процессов эрозии и солифлюкции, полигональность на участках различной крутизны выражены по-разному. На пологих (1–3°) приводораздельных частях склонов трещиноватость поверхностных грунтов выражена четко, и полигоны имеют большие размеры. На более крутых участках склонов (3–6°) близ днищ долин, полигоны имеют меньшие размеры и трещины первой генерации обычно снивелированы сползшим или снесенным сверху рыхлым материалом. По существу, полигональный рельеф в виде различных вариаций бугристых марей есть результат комплекса процессов – морозобойного растрескивания, процессов эрозии, солифлюкции и пучения. Кроме полигонального рельефа на рассматриваемой территории широко распространены структурные формы микрорельефа в виде каменных многоугольников.

Пучение грунтов. Неглубокое залегание ММП и связанные с ними воды, слоя сезонного протаивания способствуют широкому развитию в рассматриваемом районе процессов пучения грунтов. В результате этого процесса образуются бугры пучения и самые различные формы бугристого микрорельефа. Одной из форм пучения, является выпучивание каменного материала. Особенно неблагоприятны процессы пучения для инженерных сооружений. Именно бугры пучения дают представление о характере проявления и распространении этих процессов в исследуе-

мом регионе. По трассе газопровода отмечаются бугры двух генераций: однолетние и многолетние, наиболее широко развитые в заболоченных верховьях речных долин и суглинистых заторфованных отложениях, а также на заболоченных и замшелых участках террас и водоразделов. Сезонные бугры пучения высотой 0,5–0,8 и диаметром 1–2 м приурочены, в основном, к участкам избыточного увлажнения – тыловым швам террас, русловым участкам ручьев и рек, водораздельным седловинам, заболоченным склонам и др. Ядрами бугров являются многочисленные линзы и прослойки льда. Многолетние бугры пучения – гидролакколиты единичны, обычно достигают высоты 5 м и диаметром 15–25 м, приурочены к местам разгрузки трещинно-жильных и других подземных вод.

Массивы подземных льдов и термокарст. По трассе «Сила Сибири» встречаются залежи подземных льдов двух генезисов: повторно-жильные и инъекционные. В пределах резко расчлененных плоскогорных массивов отмечается еще одна форма термокарста – бугристо-мочажинный рельеф. Обычно он формируется в днищах узких речных долин, заполненных флювиогляциальным материалом, имеющим большую льдистость, и имеет эрозионно-термокарстовое происхождение. По морфологическим особенностям криогенных образований, их взаимоотношению и площадному распространению они могут быть разделены на четыре типа: полигональный; грядово-мочажинный, бугристо-мочажинный и озерно-болотный. Следует особо подчеркнуть, что при нарушениях условий теплообмена на поверхности ареной развития термокарстовых образований различных размеров и форм являются не только залежи подземных льдов, но и озерно-болотные отложения, развитые почти повсеместно в понижениях и депрессиях рельефа, которые слоим до 3 и

более метров перекрывают аллювиальные и делювиальные отложения.

Наледи. По генезису все наледи могут быть разделены на три типа: наледи подмерзлотных вод (ключевые), надмерзлотных вод (грунтовые) и смешанные (речных и надмерзлотных вод). Их специфика описана ранее [3 –5,9]. Наиболее показательными и сложными районами проявления криогенных процессов и явлений по трассе газопровода, и опасными в геотехническом отношении являются высокогорные Курайская и Чуйская впадины – межгорные котловины на юго-востоке Горного Алтая. С северо-востока обе котловины обрамляет Курайский хребет (рис.3), протяжённостью более 100 км. Разделяющими горными системами между Чуйской и Курайской котловинами являются Северо-Чуйский хребет и горный массив Сукур. Южно-Чуйский хребет, обрамляющие Чуйскую котловину в юго-западной части. Протяжённость Курайской степи с юго-запада на северо-восток составляет около 25 км, а Чуйской в этом же направлении – более 70 км. Днище Курайской котловины располагается в диапазоне высот от 1500 до 1600 м, а Чуйской – от 1750 до 2200 м.

Одной из особенностей геоморфологического строения котловин является значительная мощность делювиальных, коллювиальных, пролювиальных, флювиогляциальных, озерных и аллювиальных отложений. Именно с ними связано большинство криогенных процессов и образований.

Обобщенный анализ поверхности Чуйской и Курайской котловин по распространению экзогенно-криогенных форм и явлений позволил выделить два типа областей, близких по генетическим и морфологическим особенностям криогенного рельефообразования (рис.4).

Область выхода грунтовых и подземных вод на дневную поверхность и интенсивного наледообразования. Питание реки Чуи относится смешанный типу, около 70% стока относится к осадкам, на долю грунтовых вод остаётся до 30% [13]. Наледи в Чуйской и Курайской котловинах можно разделить на две группы: к первой относятся образования, занимающие бассейны реки Чуя и её притоков, ко второй образовавшиеся в узких каньонобразных долинах горных рек и ручьёв.



Рис. 3. Геосистемы в сочленении Курайского хребта и Чуйской впадины [12]

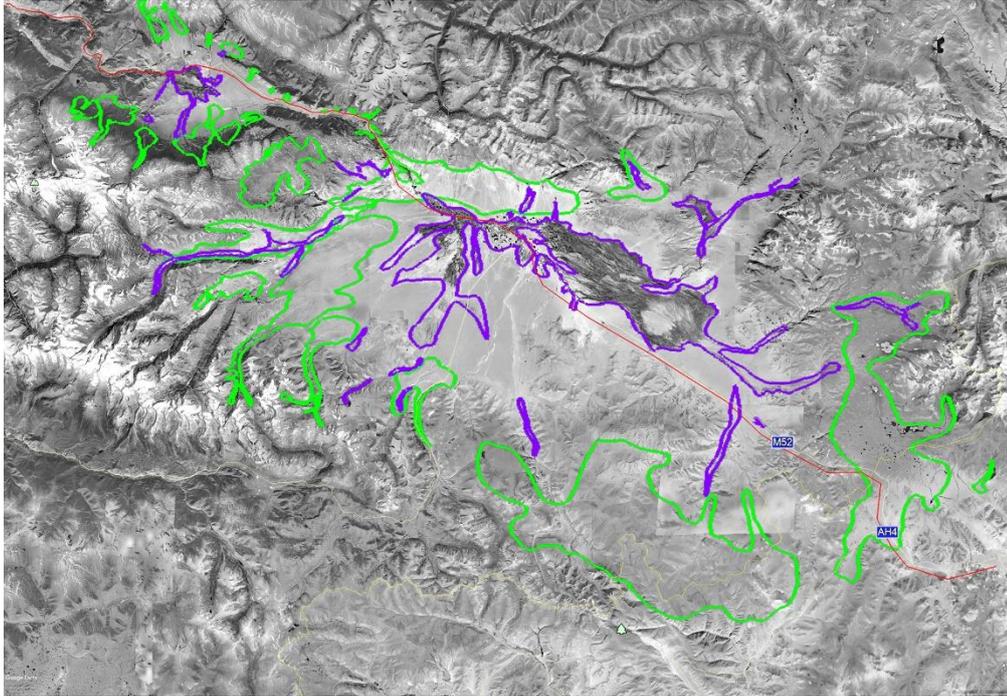


Рис. 4. Ареалы развития криогенных процессов в Курайской и Чуйской впадинах

Кроме этого, в центральной части Чуйской степи, многие наледы имеют техногенное происхождение, связанное с созданием в середине прошлого века системы оросительных каналов, приведших к перераспределению грунтовых и поверхностных вод, и образованию наледей. Пораженность наледями по Кош-Агачинскому району составляет 56,3% [14].

В синем контуре выделены области выхода грунтовых и подземных вод на дневную поверхность с процессами интенсивного наледообразования; в зелёном контуре выделены области особо сложных комплексов мерзлотно-гляциальных форм; красная линия – проект газопровода «Сила Сибири-2».

Область сложных комплексов мерзлотно-гляциальных форм занимает значительные по площади пространства Курайской и Чуйской котловин. Их отложения представлены большим разнообразием гранулометрических фракций. К грубозёмам относятся как окатанные, так и не окатанные включения от глыб размером более 1,0 м до гравия, дресвы.

К мелкозёмам относятся разнозернистые пески, алевритовые и пелитовые частицы (менее 0,01 мм). Наличие значительных по мощности и площади распространения дисперсных пород способствовало формированию многочисленных криогенных процессов и явлений. Среди них наибольшее распространение получили: пучение и морозобойное растрескивание грунтов, образование жильных льдов, формирование полигональных форм на поверхности, склоновых форм и термокарста. Горные элементы Курайской и Чуйской впадин характеризуются целым комплексом криогенных процессов и явлений, среди которых наиболее развиты последствия морозного выветривания, десерпции, солифлюкции, гравитации.

В гольцовой части рельефа на обнажённых склонах встречаются солифлюкционные натечные формы – грязевые потоки, образующие валы, языки, натеки, оплывины, террасы, структурные полосатые грунты, разделенные промоинами – ложбинами стока. Там же развиваются делли, характерные для

склонов с малыми уклонами до 3° , курумы из обломочного материала образующие на пологих склонах до 10° реки, потоки, ручьи, каменные сцементированного льдом глетчеры в долинах и на склонах. Источником питания льдисто-обломочным материалом долинных глетчеров служат ледники и снежники, а для присклоновых образований – весь гравитационно-снежный материал, поступающий с верхних частей склонов.

Особого внимания заслуживают термоэрозионные процессы, приуроченные к склонам хребтов, обрамляющих Чуйскую и Курайскую степи. В результате активной эрозионной деятельности у подножия склонов образуются значительные по площади и мощности конуса выносов. В настоящее время происходит активизация гравитационных процессов, когда с этих конусов водными потоками выносятся большая часть рыхлого материала, который затем переотлагается на аллювиальных террасах, где уже в современное время формируются новые криогенные образования.

Результаты и их обсуждение

Газопровод будет преимущественно проложен под землей на глубине 1 м. В скальных грунтах и болотистой местности это значение будет уменьшено до 0,6 м, а при пересечении оросительных и осушительных каналов – увеличено до 1,1 м. Это решение проектировщиков заслуживает всяческого одобрения, особенно после того, как метод подземной прокладки, предложенный в Институте мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН для первого в мире трубопровода на ММП из устья р. Вилюй до Якутска еще в 1957 г., позднее был успешно задействован в грандиозных трубопроводных системах «ВС-ТО» и «Сила Сибири» в Восточной Сибири. В предпроектной документации указывается, что использоваться будут трубы из стали класса прочности К60 с заводской наружной антикоррозионной изоляцией

и внутренним гладкостенным покрытием. Так как на территории Ямало-Ненецкого автономного округа и на Алтае распространены многолетнемерзлые грунты, в этих регионах будут применяться трубы из специальной хладостойкой стали. В горных районах на отдельных участках допускается прокладка магистрали методом туннелирования. На склонах с поперечным уклоном более 8° будут сооружаться полки. Их ширина будет зависеть от особенностей местности и технических возможностей строителей. Алтай в целом является сейсмоактивной зоной, поэтому на наиболее опасных участках предусматривается оснащение газопровода автоматической системой контроля целостности магистрали и системой аварийного отключения отдельных секций трубопровода. Станции на участках пересечения рек и других препятствий будут оснащены инженерно-сейсмометрическим оборудованием, фиксирующим колебания трубопровода и окружающего грунтового массива при землетрясениях.

Газопровод может стать одним из самых малолюдных сооружений: системы технологической связи и управления технологическими процессами будут рассчитаны на дистанционный контроль, обслуживающий персонал будет постоянно работать только на самых крупных узлах. Обязательное патрулирование магистрали будет осуществляться на вертолетах, а контроль газотранспортной системы будет возложен на оборудование эксплуатационного производственно-экологического мониторинга. По данным проектировщиков, к строительству газопровода будут привлечены передовые технологии строительства, что позволит минимизировать ущерб экосистемам тех земель, через которые пройдет трасса. В документации особое внимание уделяется участку, расположенному на территории Горного Алтая – сохранению природных комплексов и объектов, памят-

никам природы, археологического и культурного наследия.

После того, как документация по газопроводу впервые была передана огласке, проект встретил острое сопротивление со стороны природоохранных организаций, так как, по мнению многих экологов, столь масштабный инфраструктурный проект может оказать необратимое разрушительное воздействие на природный комплекс Горного Алтая. Было предложено изменить маршрут, направив трубопровод в КНР по территории Монголии через Баян-Ульгийский и Ховдский аймаки. И хотя такое изменение маршрута является в экономическом плане более затратным, т.к. значительно увеличит протяженность стройки и соответственно удорожит проект, такое решение в последнее время было принято [15-17].

«Газпром» в декабре 2019 года подписал с Монголией меморандум о взаимопонимании, предусматривающий совместную оценку возможности трубопроводных поставок газа из России в Китай через Монголию. В августе 2020 года был подписан меморандум о намерениях с Монголией, предусматривающий создание компании специального назначения для проведения прединвестиционной оценки проекта. Отмечалось, что планируемая пропускная мощность маршрута от месторождений «Газпрома» в Западной Сибири до границы с Китаем через территорию Монголии может составить до 50 млрд куб. м газа в год.

«Газпром» 22 января 2021 г. зарегистрировал в Монголии компанию специального назначения «Special Purpose Vehicle, SPV Газопровод Союз Восток». В ее задачи входит проведение проектно-изыскательских работ и технико-экономического обоснованием (ТЭО) продолжения строительства магистрального газопровода для поставок российского газа через территорию Монголии в Китай. Экспортная мощность «Газопровода «Союз Восток»

предположительно может превысить мощность «Силы Сибири» более чем в 1,3 раза. Это позволит поставлять газ из Западной Сибири на экспорт в больших объемах не только в западном, но и в восточном направлении. Однако и при новом варианте с проектом возникли иные проблемы.

Если прежнему маршруту ГТС «Сила Сибири-2» через плато «Укок» препятствовали экологи, то предполагаемый нынешний его маршрут проходит через сейсмоактивный регион. В середине января 2021 г. на территории Монголии примерно в 100–200 км от предполагаемой трассы ГТС «Сила Сибири-2» произошло сильное землетрясение. Ученый секретарь Института земной коры СО РАН (г. Иркутск) Анна Добрынина рассказала, что серия подземных толчков, зафиксированных в озере Хубсугул в Монголии, была спровоцирована землетрясением, произошедшем в сентябре 2020 года [18]. При движении двух литосферных плит, в сентябре 2020 года произошло Быстринское землетрясение, представляющее собой сброс и сдвиг. Потом активизировался район Центрального Байкала, и в результате сейсмическая деятельность была зарегистрирована и на Хубсугуле. Было отмечено, что сейчас сейсмический процесс продолжается и на данный момент зарегистрировано уже 16 афтершоков. Всего подземные толчки ощущались на территории шести регионов России – в Бурятии, Хакасии, Иркутской и Томской областях, Красноярском крае и Туве. В частности, власти Тувы приняли решение ввести режим ЧС в нескольких районах республики, несмотря на то что жертв и разрушений из-за землетрясения не было. Кроме того, в Иркутске также сообщили, что землетрясение не сказалось на работе объектов жизнеобеспечения и все функционирует в штатном режиме.

В целом, проект достаточно сложный и дорогостоящий, по предварительной оценке – от 4,5 до 13,6 млрд. \$

США, а высокая сейсмическая активность может сделать его реализацию еще дороже. Для контроля за реализацией проекта была создана совместная рабочая группа «Газпрома» и правительства Монголии, регулирующая разработку компанией специального назначения «Газопровод Союз Восток» ТЭО. В январе 2021 г. делегация «Газпрома» во главе с заместителем председателя правления Виталием Маркеловым совершила облет трассы планируемого газопровода «Союз Восток». Стороны подписали план деятельности совместной рабочей группы на 2021–2022 годы. Соединение газотранспортных систем даст дополнительные возможности для газификации восточных регионов, а также позволит при необходимости перенаправить на восток газ с Ямала, который сейчас экспортируется только в Европу.

Отрадно, что на этапе планирования были рассмотрены все возможные маршруты с точки зрения не только экономики проекта, но и возможных негативных последствий для окружающей среды. Учтено внимание, что магистраль в новом «монгольском» варианте минует зоны рекреационного режима «В», где законодательством Российской Федерации запрещено ведение хозяйственной деятельности, и не затронет заповедные территории и территории с ограниченным режимом пользования. При этом специалисты «Гипроспецгаза» сделали особый упор на обеспечении безопасности газопровода как во время строительства, так и в процессе эксплуатации. Они не отрицают, что земляные работы и тяжелая техника в определенной мере окажут нежелательное воздействие на окружающую среду и земельные ресурсы Горно-Алтайского региона, но долгосрочный ущерб будет сведен к минимуму. Так при строительстве трубопровода должны быть уменьшены изменения естественного рельефа.

Очевидно, что в процессе строительства и эксплуатации объекта невоз-

можно полностью избежать воздействия на земельный фонд, гидрогеологический режим и растительность. Так, предполагается расширение просек в коридорах существующих газопроводов до 30 м, новые просеки на новых промежутках не будут превышать 50 м. Поэтому после завершения строительно-монтажных работ запланирована рекультивация земель сельскохозяйственного назначения, восстановление лесного массива в местах вырубки. В зонах пересечения газопроводом водных объектов будут проведены берегоукрепительные и противоэрозионные работы. В лесных массивах предусмотрена организация средств противопожарной защиты. В целом при создании ГТС в условиях высокогорных геосистем Алтая неизбежна активизация экзогенных, в том числе криогенных, процессов, крайне опасных для всех объектов сооружения.

Заключение

Ожидается, что ГТС «Сила Сибири-2» создаст платформу для промышленного развития не только для прилегающих к ней районов, но и Сибирского региона в целом. В первую очередь, она ляжет в основу нового витка газификации предприятий и населенных пунктов Алтайского края и Республики Алтай. Доступность энергетических ресурсов может активизировать освоение природных ресурсов близких территорий: разработке месторождений драгоценных, редких и редкоземельных металлов.

Во-вторых, реализация столь масштабного проекта потребует соответствующей модернизации существующих транспортных ресурсов. В соглашении, заключенном между «Газпромом» и Республикой Алтай, предусмотрены реконструкция дорог и мостов, ремонт взлетно-посадочной полосы Горно-Алтайского аэропорта. В социальном плане объект должен создать в регионе новые рабочие места и обеспе-

чить местные предприятия заказами на производство оборудования и комплектующих частей для газовой и иных отраслей промышленности.

Трубопровод следует рассматривать как часть суперпроекта, который включает не только экспорт газа в КНР, но и обеспечение энергетическими ресурсами предприятий электроэнергетического и горно-металлургического комплекса. Их развитие позволит стимулировать социально-экономическое развитие юга Сибирского федерального округа. Целесообразность проекта определяется широким спектром конечных результатов, среди которых не последнее место занимают рост экономического потенциала региона, повышение уровня жизни населения региона и России в целом.

Принципиальным для судьбы объекта явилось предложение Президента России Владимира Путина в сентябре 2019 года альтернативного маршрута экспорта российского газа в Китай – через Монголию. Это позволило бы выйти из тупика, в котором оказались участники давно намеченного проекта «Сила Сибири-2». Ранее планировалось, что газопровод пройдет по маршруту, получившему на начальном этапе название «Алтай», в южном направлении – из Западной Сибири и на запад Китая (в про-

винцию Синьцзян). Новый вариант предполагает, что российский газ будет поступать на территорию Китая в совершенно иной точке – гораздо ближе к газопотребляющим восточным регионам страны. Но основным источником поставок при этом останется богатый запасами Западно-Сибирский бассейн. Если цена новых объемов российского газа на границе будет аналогична цене поставок по газопроводу «Сила Сибири-1», она окажется привлекательной для китайских покупателей. Но одним из источников беспокойства в отношении нового маршрута «Силы Сибири-2» для Китая является транзит через Монголию протяженностью около 980 км, очень сложный в геотехническом отношении из-за своей сейсмичности, а значит и дорогостоящий.

До принятия окончательного инвестиционного решения (ОИР) по проекту нового газопровода пока еще очень далеко. «Газпром» только приступил к стадии FEED (инженерных изысканий и проработки), и предстоит сделать еще немало шагов на пути к реализации данного проекта. В то же время следует отметить, что текущий вариант, в отличие от предыдущего маршрута, видится для всех ключевых участников проекта достаточно привлекательным.

Список литературы

- 1.«Газпром» сообщил о заинтересованности КНР в увеличении поставок газа РФ. News.mail.ru [Электронный ресурс]. – URL: https://news.mail.ru/economics/46033390/?frommail=1&exp_id=902.
- 2.Запад, маршрут на Восток [Электронный ресурс]. – URL: <https://neftegaz.ru/news/transport-and-storage/549422-zapadnyy-marshrut-na-vostok-gaz-prom-nachal-proekt-no-izyskatelskie-raboty-po-gazoprovodu-sila-sibiri-/>.
- 3.Железняк М.Н., Сериков С.И., Шац М.М. Мерзлотно-геотермический мониторинг южной части магистрального газопровода «Алтай» // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2014. – №3–4. – С. 61–68.
- 4.Железняк М.Н., Сериков С.И., Шац М. М. Геотермические исследования южной части магистрального газопровода «Алтай» // Газовая промышленность. – 2015. – №6 (723). С.62–65.
- 5.Железняк М.Н., Сериков С.И., Шац М. М. Газотранспортная система «Сила Сибири» Современные проблемы и перспективы// Трубопроводный транспорт. Теория и Практика. – 2017. – №4. – С.48–56.

6. Железняк М.Н., Сериков С.И., Шац М.М. Современные проблемы и перспективы газотранспортной системы «Сила Сибири» // Недропользование XXI век. – 2018. – №1. – С.110–117.

7. Железняк М.Н., Шац М.М., Сериков С. И., Скачков Ю. Б., Сысолятин Р.Г. Многолетнемерзлые толщи Алтае-Саянской горной страны // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2019. – № 3. – С.3–9.

8. Железняк М.Н., Сериков С.И., Шац М.М. Новый этап создания газотранспортной системы «Алтай» // «Маркшейдерия и Недропользование». – 2021. – №1(111). – С.03–08.

9. Шац М.М. Геокриологические условия Алтае-Саянской горной страны. – Новосибирск: Наука, 1978. – 103 с.

10. Шац М.М. Геоэкологические проблемы проектируемого магистрального газопровода «Алтай» // Газовая промышленность. – 2014. – S (716). – С.86–90.

11. Шац М.М. Современное состояние и перспективы новых магистральных трубопроводов в Сибири // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2015. – №4(50). – С.14–19.

12. Зольников И.Д., Мистрюков А.А. Четвертичные отложения и рельеф долин Чуи и Катуня. – Новосибирск: Параллель, 2008. – 182 с.

13. Достовалова М.С. Режимобразующие факторы криогенно-напорного подтопления территории села Кош-Агач // Природные ресурсы Горного Алтая. – 2006. – № 1. – С. 85–89.

14. Достовалова М.С., Шитов А.В. О влиянии метеорологических характеристик и геодинамической активности на режим образования гидрогенных наледей Горного Алтая [Электронный ресурс]. – URL: <http://altay-geojournals.ru/wp-content/uploads-/2015/02/13-11.pdf>.

15. В Монголии зарегистрирована компания «Газопровод Союз Восток». [Электронный ресурс]. – URL: <https://prime.rambler.ru/-promo/?project=finance&back=https%3A%2F%2Ffinance.rambler.ru%2Fbusiness%2F45659999-v-mongo-lii-zaregistrirrovana-kompaniya>.

16. Газопровод Союз Восток. Газпром создал компанию спецназначения для строительства продолжения Силы Сибири-2 в Монголии [Электронный ресурс]. – URL: <https://regnum.ru/news/3170782>.

17. «Газпром» создал в Монголии компанию для проектирования продолжения «Силы Сибири – 2» [Электронный ресурс]. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/10525255>.

18. Названы причины землетрясения на границе России и Монголии [Электронный ресурс]. – URL: <https://iz.ru/1110325/2021-01-12/nazvany-prichiny-zemletriaseniia-na-granitce-rossii-i-mongolii>.

References

1. «Gazprom» soobshchil o zainteresovannosti KNR v uvelichenii postavok gaza RF. News.mail.ru [Elektronnyj resurs]. – URL: https://news.mail.ru/-economics/46033390/?frommail=1&exp_id=902.

2. Zapad, marshrut na Vostok [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://neftegaz.ru/-news/transport-and-storage/549422-zapadnyu-marshrut-na-vostok-gaz-prom-nachal-proekt-no-izyskatelskie-raboty-po-gazoprovodu-sila-sibiri-/>.

3. Zheleznyak M.N., Serikov S.I., Shac M.M. Merzlotno-geotermicheskij monitoring yuzhnoj chasti magistral'nogo gazoprovoda «Altaj» // Truboprovodnyj transport: teoriya i praktika. – 2014. – №3–4. – S. 61–68.

4. Zheleznyak M.N., Serikov S.I., Shac M. M. Geotermicheskie issledovaniya yuzhnoj chasti magistral'nogo gazoprovoda «Altaj» // Gazovaya promyshlennost'. – 2015. – №6 (723). S.62–65.

5. Zheleznyak M.N., Serikov S.I., Shac M. M. Gazotransportnaya sistema «Sila Sibiri» Sovremennye problemy i perspektivy// Truboprovodnyj transport. Teoriya i Praktika. – 2017. – №4. – S.48–56.

6. Zheleznyak M.N., Serikov S.I., Shac M.M. Sovremennye problemy i perspektivy gazotransportnoj sistemy «Sila Sibiri» // Nedropol'zovanie XXI vek. – 2018. – №1. – S.110–117.

7. Zheleznyak M.N., Shac M.M., Serikov S. I., Skachkov Yu. B., Sysolyatin R.G. *Mnogoletnemerzlye tolshchi Altae-Sayanskoj gornoj strany // Ispol'zovanie i ohrana prirodnyh resursov v Rossii.* – 2019. – № 3. – S.3–9.
8. Zheleznyak M.N., Serikov S.I., Shac M.M. *Novyj etap sozdaniya gazotransportnoj sistemy «Altaj» // «Markshejderiya i Nedropol'zovanie».* – 2021. – №1(111). – S.03–08.
9. Shac M.M. *Geokriologicheskie usloviya Altae-Sayanskoj gornoj strany.* – Novosibirsk: Nauka, 1978. – 103 s.
10. Shac M.M. *Geoekologicheskie problemy proektiruemogo magistral'nogo gazoprovoda «Altaj» // Gazovaya promyshlennost'.* – 2014. – S (716). – S.86–90.
11. Shac M.M. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy novyh magistral'nyh truboprovodov v Sibiri // Truboprovodnyj transport: teoriya i praktika.* – 2015. – №4(50). – S.14–19.
12. Zol'nikov I.D., Mistryukov A.A. *Chetvertichnye otlozheniya i rel'ef dolin Chui i Katuni.* – Novosibirsk: Parallel', 2008. – 182 s.
13. Dostovalova M.S. *Rezhimoobrazuyushchie faktory kriogenno-napornogo podtopleniya territorii sela Kosh-Agach // Prirodnye resursy Gornogo Altaya.* – 2006. – № 1. – S. 85–89.
14. Dostovalova M.S., Shitov A.V. *O vliyaniy meteorologicheskikh harakteristik i geodinamicheskoy aktivnosti na rezhim obrazovaniya gidrogennyh naledej Gornogo Altaya [Elektronnyj resurs].* – URL: <http://altay-geojournals.ru/wp-content/uploads/2015/02/13-11.pdf>.
15. *V Mongolii zaregistrirovana kompaniya «Gazoprovod Soyuz Vostok».* [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://prime.rambler.ru/-promo/?project=finance&back=https%-3A%2F%2Ffinance.rambler.ru%2Fbusiness%2F45659999-v-mongolii-zaregistrirovana-kompaniya>.
16. *Gazoprovod Soyuz Vostok. Gazprom sozdal kompaniyu specnaznacheniya dlya stroitel'stva prodolzheniya Sily Sibiri-2 v Mongolii [Elektronnyj resurs].* – URL: <https://regnum.ru/news/3170782>.
17. *«Gazprom» sozdal v Mongolii kompaniyu dlya proektirovaniya prodolzheniya «Sily Sibiri – 2» [Elektronnyj resurs].* – URL: <https://tass.ru/ekonomika/10525255>.
18. *Nazvany prichiny zemletryaseniya na granice Rossii i Mongolii [Elektronnyj resurs].* – URL: <https://iz.ru/1110325/2021-01-12/nazvany-prichiny-zemletriaseniia-na-granitse-rossii-i-mongolii>.

THE CURRENT STAGE CREATION OF THE POWER OF SIBERIA-2 GTS:

PROBLEMS AND PROSPECTS

M.N. Zheleznyak, S.I. Serikov, M.M. Shatz

Leading Researcher FGBUN Institute of Permafrost. P.I. Melnikov, SB RAS, Yakutsk,

E-mail: fe@mpi.ysn.ru, grampus@mpi.ysn.ru, mmshatz@mail.ru

The article highlights the beginning of the stage of creation of the Power of Siberia-2 gas transmission system. The complexity of the natural conditions of its route in geoeconomic, engineering-geological and geocryological terms is shown. The main results of previous ecological-permafrost studies of recent years are given, which made it possible to identify the main difficulties of the project and show some ways to overcome them.

Key words: gas transmission system; "Power of Siberia-2"; research and design; pipe laying; system construction; geocryological conditions.

Received June 1, 2021

Раздел 2

ГЕОЛОГИЯ

Section 2

GEOLOGY

УДК 550.423

ГЕОХИМИЧЕСКИЙ ФОН ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ НА УЧАСТКАХ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

А.Е. Богуславский¹, В.А. Андроханов², Ю.О. Колмагорова³, А.А. Ужогова³,
И.Н. Госсен², О.П. Саева⁴

¹Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск,

²Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск,

³Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск,

⁴Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск,

E-mail: boguslav@igm.nsc.ru, androhanov@issa-siberia.ru, kolmagorovaiuo@igm.nsc.ru,
uzhogovaaa@igm.nsc.ru, gossen@issa-siberia.ru, SaevaOP@ipgg.sbras.ru

Статья посвящена геохимической характеристике почв и растительности рекультивированных угольных отвалов трех крупных месторождений Сибири. В породах вскрыши, извлеченных на поверхность, отмечаются следовые концентрации сульфатов железа, свинца, цинка, и др., которые при попадании в зону гипергенеза начинают растворяться. Так как содержания металлов в породах вскрыши исходно невысокие, сформированный геохимический фон сопоставим с участками, не затронутыми антропогенным воздействием.

Ключевые слова: рекультивация угольных отвалов, тяжелые металлы, формы нахождения, коэффициент накопления элементов в растениях

DOI: 10.24412/2410-1192-16104

Дата поступления 3.06.2021

Россия занимает 6-е место в мире по добыче угля. Минэнерго сообщило, что в январе 2018 года общая производственная мощность угольных объектов составила 453 млн тонн. Из-за добычи угля природные ландшафты на огромной территории были уничтожены или сильно изменились. На смену природным экосистемам пришли быстро растущие участки техногенных ландшафтов, начали появляться новые ландшафтные и рельефные формы, обусловленные техногенной денудацией и агградацией. Добыча угля в России ведется на 161 объекте (53 угольных шахтах и 108 наземных шахтах), большинство

из которых расположено в Сибири (Кузбасс) и соседних районах. Поэтому для этого региона особенно актуальны вопросы рекультивации открытых горных работ и добычи угля.

В настоящее время для рекультивации почв и растительного покрова на деградированных в результате производства землях используется большое количество рекультивационных технологий. Однако эффективность рекультивации зависит от климатических и природных условий и уровня использования местных экологических активов при рекультивации деградированных земель. В восьмидесятых-девяностых

годах двадцатого века широкое распространение получила технология рекультивации путем нанесения покрытия из ППС (потенциально плодородного субстрата) на выровненные поверхности угольных отходов и формирования почвоподобных и искусственных структур, позже названных техносолями [1]. В настоящее время на рекультивированных участках свойства и функции почвы медленно восстанавливаются, эти почвы отнесены к эмбриозёмам. На нереккультивированных участках формируются более бедные субстраты, которые в работе обозначены как технозёмы. Целью данной работы было изучение содержания основных химических элементов, образующих геохимический фон на рекультивированных с использованием потенциально плодородного слоя участках, и сравнение с естественными фоновыми почвами.

Материал и методика исследований

Элементный состав твердых проб анализировался методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения с регистрацией на Si(Li) детекторе на станции элементного анализа ВЭПП-3 ИЯФ СО РАН. Ошибка определения для отдельных элементов находится в пределах 5–15 %. Минеральный состав образцов определялся методом рентгеновской порошковой дифрактометрии на дифрактометре ДРОН-3 (излучение – $\text{CuK}\alpha$). Для дифференциации мелкозернистых слоистых алюмосиликатов ряд образцов перед определением напитывался этиленгликолем.

Также образцы исследовались на сканирующем электронном микроскопе MIRA 3 LMU (TESCAN Orsay Holding), оборудованном системой микроанализа INCA Energy 450+ Xmax-80 (Oxford Instruments Nanoanalysis Ltd) в аналитическом центре многоэлементных и изотопных исследований ИГМ СО РАН. Определение состава минералов и стёкол выполнялось при ускоряющем

напряжении 20 кВ, токе электронного зонда 1.5 нА, живом времени набора спектров 20 секунд. При данных условиях анализа случайная погрешность анализа составляла менее 1 отн. % при содержании петрогенных компонентов более 10 мас. %, до 10 отн. % при концентрации 1-10 мас. % и достигала 30 отн. % вблизи нижнего предела определения, который составлял 0.2–0.3 мас. % В твердых образцах анализировался валовый состав пылевой фракции. В отдельных случаях анализировались образцы пород размером более 1 см.

Для характеристики химического валового состава растений применялось термическое озоление в муфельной печи при температуре 500-600 °С.

Часть проб исследовалась методом ступенчатого выщелачивания по модифицированной методике Тесье [2]. Навеска 2,0 г помещалась в 50 мл центрифужную пробирку для экстракции. Тяжелые металлы извлекались с использованием различных агентов. Аналитическая процедура включала последовательную химическую экстракцию пятью экстрагентами, каждый из которых выщелачивает элементы, находящиеся в определенной химической форме: обменной (экстрагент – 16 мл 1 М раствора хлорида магния при pH=7 (время взаимодействия 1 час)), карбонатной (16 мл 1 М раствора ацетата натрия, доведенного до pH=5 уксусной кислотой (5 часов)), связанные с оксидами Fe-Mn (40 мл 0,04 М раствора гидрохлорида гидроксиламина 25% уксусная кислота (6 часов)), органической (16 мл 0,02 М раствора азотной кислоты (2 часа), 10 мл 30% перекиси водорода (3 часа), 10 мл 3,2 М ацетата аммония в 20%-ной азотной кислоте (30 мин)), нерастворимая. Обменная и, в меньшей мере, органическая фракции являются доступными для растительности, прочие фракции менее подвижны в сформировавшихся условиях.

В качестве объекта исследования были выбраны отвалы трех месторож-

дений: разрез «Черногорский» (Черногорское каменноугольное месторождение), разрез «Назаровский» (Назаровское месторождение бурых углей), разрез Листвянский (Бунгуро-Листвянское месторождение) (рис. 1). Все эти отвалы объединяет единый подход к рекультивации, заключающийся в перекрытии отвалов 20–30 см слоем почвенного субстрата. Рекультивация была проведена 30–40 лет назад, после чего отвалы были оставлены под самозарастание без дополнительных мероприятий. *Черногорский*. В районе расположения опытных участков преобладают автоморфные почвы, представленные черноземами южными и каштановыми почвами. В основном, встречаются маломощные виды, мощность гумусового горизонта составляет 15–25 см, что является, как правило, результатом негативных эрозийных процессов. Почвообразующие породы представлены суглинисто-щебнистым элювием.

В составе растительного покрова преобладают полынь обыкновенная, мятлик степной, овсец пустынный, лапчатка длиннолистная, обильно встреча-

ются также полынь Сиверса, полынь холодная, ковыль волосатик, подмаренник настоящий, люцерна серповидная, режа полынь холодная, змеевка растопыренная, карагана, вяз, вейник наземный, лапчатка, чертополох, донник лекарственный, вьюнок.

Назаровский. В районе расположения опытных участков преобладают высокогумусированные маломощные сезонно-мерзлотные черноземы, мощность гумусового горизонта составляет менее 40 см, почвообразующими породами почв служат лессовидные суглинки, а также делювиально-элювиальные отложения продуктов выветривания девонских пород. В составе растительного покрова преобладает костер безостый. Обильно встречаются также коротконожка перистая, борщевик рассеченный, подмаренник настоящий, погребок большой, горошек однопарный. В понижениях рельефа встречается береза, режа ива. Почвообразующие породы представлены карбонатными лессовидными суглинками.

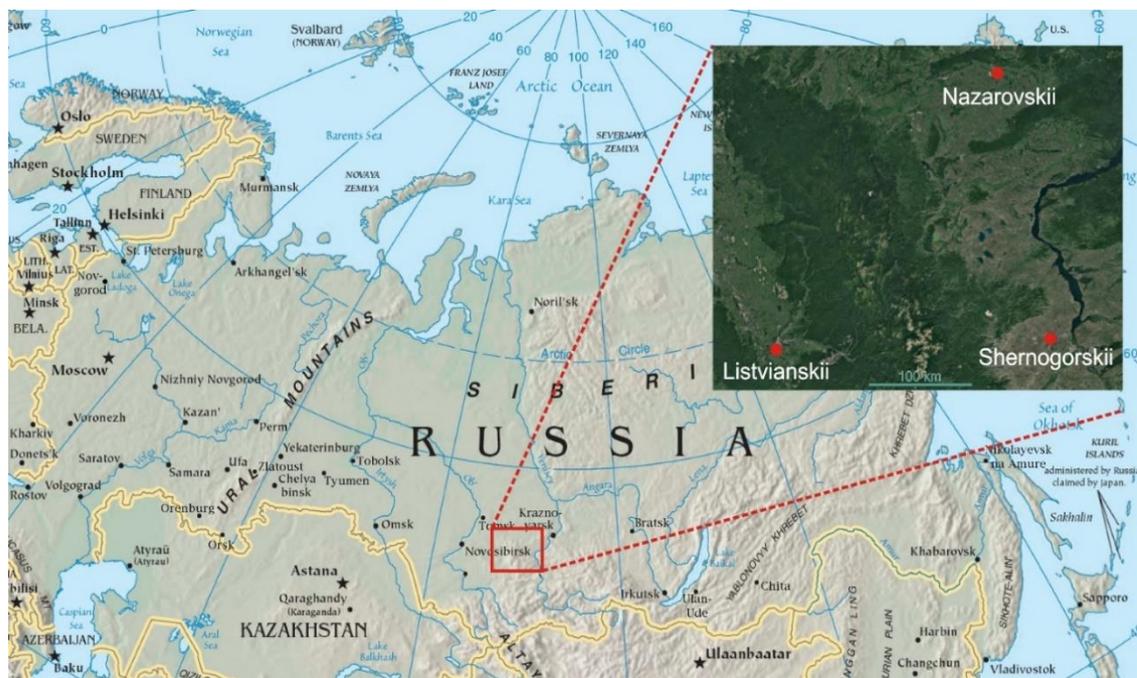


Рис. 1. Схема размещения исследуемых участков

Листвянский. В районе расположения опытных участков преобладают серые лесные легкоглинистые почвы, мощность гумусового горизонта составляет 40–45 см. Почвообразующие породы представлены карбонатными лессовидными суглинками.

В составе растительного покрова преобладают ежа сборная, мышинный горошек, звербой продырявленный, тимофеевка луговая, мятлик узколистный и овсяница луговая. Встречаются также кострец безостый, земляника зеленая, иван-чай узколистный, одуванчик лекарственный, пастернак лесной и погромок весенний. В понижениях рельефа встречается береза.

На всех трех участках рекультивация производилась не в полном объеме, поэтому на отвалах соседствуют участки, оставленные под самозарастание и участки, на которых была проведена рекультивация. За прошедшее после отсыпки время участки покрылись растительностью, и практически на всех разрезах сформировалась фрагментарная подстилка, представленная полуразложившимися остатками травянистой растительности серо-бурой окраски мощностью до одного сантиметра. Подстил-

ка локализована над слоем дернины, мощность которой достигает на разных участках 2–5 сантиметров.

Результаты и их обсуждение

Минералогические преобразования. В исходном техногенном элювии кроме первичных минералов, таких как кварц, плагиоклаз, мусковит, калиевый полевой шпат и хлорит широко распространены каолиниты и иллит-сметтиты. В образцах неизмененного элювия фиксируется большое количество карбонатов: сидерита, доломита и кальцита. Общей закономерностью для всех участков является появление в пылевой фракции рентгено-аморфной составляющей, представленной частицами угля, с ними связано изменение цвета слоя техногенного элювия. За время, прошедшее с момента извлечения этих пород, окисления на этих частицах практически не фиксируется. На фотографиях зерен углистых частиц видны четкие сколы без заметной эрозии (рис. 2).

Геохимическим следствием добавки в субстрат органики в долгосрочной перспективе может явиться формирование более восстановительных условий в почвенных разрезах.

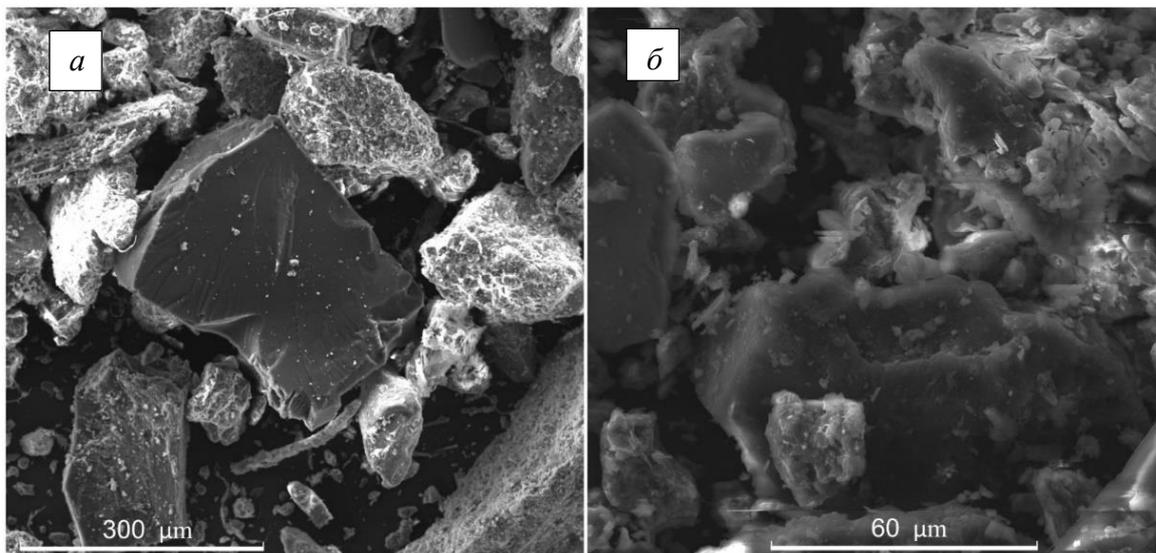


Рис. 2. Фотография углистых частиц в пылевой фракции уч. Листвянский (а) и уч. Черногорский (б)

Так же на всех участках в обломках пород фиксируются сульфиды: пирит, сфалерит, галенит, смайтит (сульфид железа и никеля $(Fe, Ni)_{3+x}S_4$ ($x =$ от 0 до 0.3)). На участках Черногорский и Листвянский фиксируется растворение сидерита при разрушении каменного материала.

На рисунке 3 показано выделение кристаллов гидроксидов железа. Точное соотношение между железом, кислородом и водородом установить не удалось, в связи с размером кристаллов. По опубликованным данным в почвах наиболее распространены гематит, магнетит, гетит, ферроксигит и ферригидрит, причем ферроксигит и ферригидрит могут образовываться в верхней части почвенного профиля. Выпадение в виде пластинчатых гексагональных кристаллов говорит о хемогенном генезисе данных выделений. Выделения биогенного генезиса имеют спутанно-волокнутое строение, агрегаты неправильной формы [3]. В соответствии с классификацией биохимика А. Ленинджера выделяют биогенные и абиогенные элементы. В свою очередь биогенные элементы делятся на макроэлементы (К, Са), эссенциальные микроэле-

менты (Fe, Cu, Zn, Mo), условно эссенциальные микроэлементы (As, Ni, V, Pb). Абиогенные элементы делятся на нейтральные (Al, Ti, Rb), конкурентные (Ba, Sr, Cs), агрессивные (Hg, Be, Bi) [4]. В таблицах 1 и 2 приведены валовые концентрации элементов в почвах и в растениях, произрастающих на этих участках, ниже дана характеристика распределений отдельных элементов.

Содержания калия в почве на участках Листвянский и Черногорский $\sim 1,1$ раз выше, чем на участке Назаровский. Коэффициент накопления калия в растениях изменяется от 0,257 (злаки фонового участка Черногорский) до 4,509 (разнотравье, технозём участка Листвянский).

Содержания кальция в почве на участках Листвянский и Назаровский $\sim 1,5$ раза выше, чем на участке Черногорский. Ступенчатое выщелачивание показало, что это снижение в основном проявляется в обменной форме (~ 2 раза). Коэффициент накопления кальция в растениях изменяется от 0,09 (злаки фонового участка Назаровский) до 1,622 (разнотравье и эмбриоземы участка Черногорский).

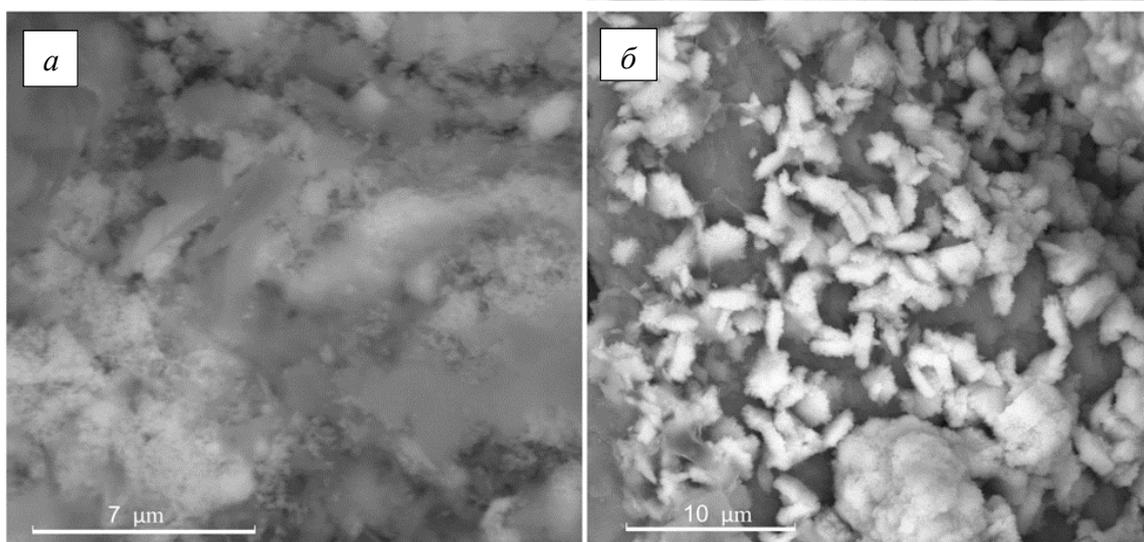


Рис. 3. Выделение гидроксидов железа на кварцевых зернах пылевой фракции: аморфные агрегаты уч. Листвянский (а); пластинчатые кристаллы уч. Назаровский (б)

Таблица 1

Валовые концентрации элементов в почвах

Типы почв	Биогенные элементы														Условно эссенциальные элементы				Абиогенные элементы			
	Макроэлементы				Эссенциальные микроэлементы						Условно эссенциальные элементы				Абиогенные элементы							
	К, %	Ca, %	Mn, %	Fe, %	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Cr, мг/кг	Mo, мг/кг	Pb, мг/кг	Ni, мг/кг	V, мг/кг	As, мг/кг	Ti, мг/кг	Rb, мг/кг	St, мг/кг							
Листвянский																						
Фон (чернозём)	1,70	1,86	0,031	3,19	33	95	56	1,55	13	37	95	9	0,52	100	130							
Эмбриозем	1,80	1,97	0,087	2,49	30	111	51	2,21	29	39	87	10	0,41	83	142							
Технозём	1,23	1,73	0,066	2,86	24	92	43	1,74	18	39	76	4	0,36	76	123							
Назаровский																						
Фон (чернозём)	1,30	2,14	0,072	3,19	36	91	54	1,48	19	51	85	10	0,38	91	124							
Эмбриозем	1,39	1,84	0,054	2,20	29	69	26	2,20	14	20	64	6	0,24	65	165							
Технозём	1,34	2,15	0,064	3,19	31	88	56	1,50	25	48	85	10	0,38	82	139							
Черногорский																						
Фон (чернозём)	1,24	1,24	0,181	6,62	51	106	111	2,31	20	78	180	9,6	0,54	65	207							
Эмбриозем	1,66	1,31	0,059	3,40	61	127	90	1,13	19	98	122	5,3	0,62	76	204							
Технозём	1,73	1,43	0,092	4,32	58	121	89	1,97	19	101	151	11,3	0,67	71	215							

Таблица 2

Валовые концентрации элементов в растениях

Типы почв	Биогенные элементы												Условно эссенциальные элементы					Абиогенные элементы			
	Макроэлементы			Эссенциальные микроэлементы																	
	К, %	Ca, %	Mn, %	Fe, %	Cu, мг/кг	Cr, мг/кг	Zn, мг/кг	Mo, мг/кг	Pb, мг/кг	Ni, мг/кг	V, мг/кг	As, мг/кг	Ti, мг/кг	Rb, мг/кг	Sr, мг/кг						
Листвянский																					
Фон (чернозём)	1,581	0,460	0,242	0,005	0,166	0,021	0,236	0,059	0,072	0,087	0,033	0,009	0,007	0,152	0,270						
Эмбриозем	1,846	0,302	0,029	0,004	0,152	0,013	0,196	0,853	0,015	0,072	0,020	0,043	0,006	0,036	0,246						
Технозем	2,339	0,545	0,040	0,004	0,240	0,021	0,241	1,602	0,047	0,115	0,037	0,085	0,009	0,034	0,267						
Среднее по участку	1,922	0,436	0,104	0,005	0,186	0,018	0,224	0,838	0,045	0,091	0,030	0,045	0,008	0,074	0,261						
Назаровский																					
Фон(чернозём)	1,310	0,573	0,036	0,004	0,123	0,014	0,159	н.о.	0,038	0,037	0,023	н.о.	0,006	0,122	0,316						
Эмбриозём	1,324	0,528	0,027	0,009	0,128	0,021	0,192	1,084	0,059	0,090	0,026	н.о.	0,007	0,078	0,368						
Технозём	1,519	0,483	0,032	0,006	0,155	0,035	0,211	1,481	0,023	0,039	0,021	0,025	0,009	0,061	0,506						
Среднее по участку	1,384	0,528	0,032	0,006	0,135	0,023	0,187	1,282	0,040	0,055	0,023		0,007	0,087	0,397						
Черногорский																					
Фон(чернозем)	1,224	0,641	0,016	0,004	0,061	0,004	0,113	0,390	0,030	0,016	0,011	0,005	0,007	0,050	0,272						
Эмбриозём	0,779	0,616	0,051	0,018	0,098	0,012	0,200	1,450	0,038	0,026	0,015	0,022	0,016	0,061	0,372						
Технозём	1,701	0,296	0,038	0,008	0,139	0,010	0,411	0,712	0,033	0,032	0,013	0,010	0,009	0,161	0,426						
Среднее по участку	1,234	0,518	0,035	0,010	0,099	0,009	0,241	0,851	0,034	0,025	0,013	0,013	0,011	0,091	0,357						

Примечание: н.о. – не обнаружено

Коэффициент концентрирования для технозёма участка Листвянский повышен для таких элементов как К, Са, Мп, Fe, Cu, Zn, Mo, Ni, As, для Назаровского участка Cr, Mo, As, для Черногорского участка Cu, Zn, Ni, что может говорить о более высокой подвижности в технозёмах

Содержание хрома в почве на участках Листвянский и Черногорский $\sim 1,5$ раза выше, чем на участке Назаровский. Ступенчатое выщелачивание показало, что в нерастворимой фракции содержание хрома значительно выше на Черногорском участке, а на Назаровском и Листвянском существенно ниже. Коэффициент накопления хрома в растениях изменяется от 0,002 (бобовые, фон участка Черногорский) до 0,053 (бобовые, технозём участка Назаровский).

Содержание марганца в почве на участках Назаровский и Черногорский $\sim 1,3$ раза выше, чем на участке Листвянский. Ступенчатое выщелачивание показало, что марганец присутствует в трёх фракциях: оксиды Fe-Mn, органическая, нерастворимая. В фоновых почвах на всех трёх участках наблюдается увеличение концентрации марганца во фракции Fe-Mn, по сравнению с другими фракциями. В нерастворимой фракции на Назаровском участке в эмбриоземе марганца существенно выше, чем на других участках. Коэффициент накопления марганца в растениях изменяется от 0,011 (разнотравье фон участка Черногорский) до 0,410 (злаки фон участка Листвянский). Наибольшая концентрация Mn наблюдается на участке Черногорский в злаках. На участке Назаровский Mn накапливается только в разнотравье. На участке Листвянский накопление наблюдается в злаках и разнотравье.

Содержание железа в почве на участке Черногорский в $\sim 1,6$ раз выше, чем на участке Назаровский и Листвянский. Ступенчатое выщелачивание показало, что железо в нерастворимой фракции имеет большое превышение в эмбриоземе на Назаровском участке, а на Черногорском и Листвянском участках сильного превышения не наблюдается. Коэффициент накопления железа в растениях изменяется от 0,001 (бобовые фоновые

участка Черногорский) до 0,044 (злаки, эмбриозем участка Черногорский). Наибольшая концентрация Fe наблюдается в эмбриоземе и злаках для Назаровского и Черногорского участка.

Содержание никеля в почве на участке Черногорский в $\sim 2,3$ раза выше, чем на участке Назаровский и Листвянский. Ступенчатое выщелачивание показало, что никель представлен в трёх фракциях: оксиды Fe-Mn, органическая, нерастворимая. На участке Черногорский наблюдается увеличение содержания никеля в обменной фракции и фракции оксиды Fe-Mn, по сравнению с другими участками. В нерастворимой фракции никеля значительно больше в техноземе на Назаровском участке, чем на других участках. Коэффициент накопления никеля в растениях изменяется от 0,233 (разнотравье, технозём участка Листвянский) до 0,006 (бобовые, фон участка Черногорский).

Содержание меди в почве на участке Черногорский в $\sim 1,8$ раз выше, чем на участке Назаровский и Листвянский. Медь представлена в двух фракциях: органическая и нерастворимая (рис. 4), что соответствует имеющимся литературным данным [5]. В органической фракции медь наблюдается в большем количестве в Черногорском участке. Коэффициент накопления меди в растениях изменяется от 0,053 (злаки фон участка Черногорский) до 0,354 (разнотравье, технозём участка Листвянский). Содержание цинка в почве на участке Черногорский в $\sim 1,3$ раза выше, чем на участке Назаровский и Листвянский. Цинк представлен в трёх фракциях: оксиды Fe-Mn, органическая, нерастворимая. Коэффициент накопления цинка в растениях изменяется от 0,096 (злаки, фон участка Назаровский) до 0,556 (разнотравье, технозём участка Черногорский).

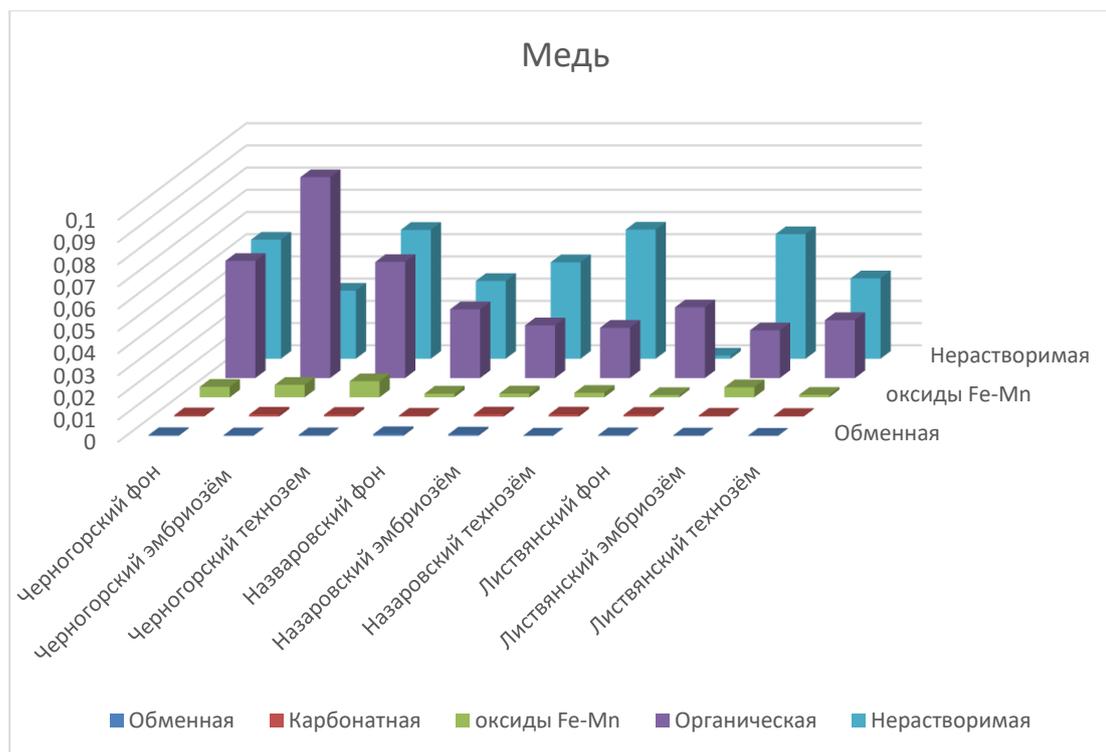


Рис. 4. Распределение меди по формам нахождения

Содержание галлия в почве на участке Черногорский в ~ 1,2 раза выше, чем на участке Назаровский и Листвянский. Коэффициент накопления галлия в растениях изменяется от 0,012 (злаки, эмбриозём участка Назаровский) до 0,109 (разнотравье, технозём участка Листвянский).

Содержание мышьяка в почве на участке Черногорский в ~ 1,1 раз выше, чем на участке Назаровский и Листвянский. Коэффициент накопления мышьяка в растениях изменяется от 0,066 (злаки, эмбриозём участка Черногорский) до 0,170 (разнотравье, технозём участка Листвянский). Наибольшие концентрации As обнаружены на участке Листвянский в разнотравье и на участке Черногорский в бобовых.

Выводы

В результате работы были определены средние концентрации химических элементов в почвах и раститель-

ности для рекультивированных и нереккультивированных отвалов, сформированных при добыче угля. Для большинства элементов концентрации в техногенных отложениях попадают в диапазон значений, фиксируемых в незатронутых техногенными преобразованиями почвенных разрезах. В некоторых случаях техногенные отложения увеличивали значения местного фона для отдельных элементов, но эти превышения не выходили за границы регионального фона [6–7]. Исследование показало, что формирование отвалов вскрышных пород при разработке угольных месторождений не приводит к образованию крупных геохимических аномалий на поверхности. Извлеченная порода содержит небольшое количество углеродистых частиц со времени извлечения этих пород, и окисление на этих частицах практически не фиксировалось, что говорит об устойчивости углистых частиц в усло-

виях зоны гипергенеза. В пределах отдельных участков, для исследованных элементов достоверных различий в растительности между естественными и техногенно преобразованными участками не выявлено. Для ряда элементов (K, Mn, Cu, Ni, V, As) наиболее высокие значения отмечены для участка Листвянский.

Работа при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-29-05086.

Список литературы

1. Андроханов В.А., Овсянникова С.В., Курачев В.М. Технозёмы: свойства, режимы, функционирование. – Новосибирск: Наука, 2000. – 200 с.
2. Dang Z., Liu C., Haigh M.J. Mobility of heavy metals associated with the natural weathering of coal mine spoils // *Environmental Pollution*. – 2002. – Vol.118. – P. 419–426. DOI:10.1016/S0269-7491(01)00285-8
3. Водяницкий Ю.Н., Сивцов А.В. Образование ферригидрита, ферроксигита и вернадита в почвах // *Почвоведение*. – 2004.–№ 8. – С. 986–999.
4. Логинова Е.В., Лопух П.С. Гидроэкология: курс лекций. – Минск: БГУ, 2011. – 300 с.
5. Уфимцева М.Д., Терехина Н.В. Фитоиндикация экологического состояния урбогеосистем Санкт-Петербурга. – СПб.: Наука, 2005. – 339 с.
6. Экогеохимия Западной Сибири. Тяжелые металлы и радионуклиды. – Новосибирск: СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1996. – 248 с.
7. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. – Новосибирск: СО РАН, 2001. – 229 с.

Referencens

1. Androhanov V.A., Ovsyannikova S.V., Kurachev V.M. Tekhnozyomy: svojstva, rezhimy, funkcionirovanie. – Novosibirsk: Nauka, 2000. – 200 s.
2. Dang Z., Liu C., Haigh M.J. Mobility of heavy metals associated with the natural weathering of coal mine spoils // *Environmental Pollution*. – 2002. – Vol.118. – P. 419–426. DOI:10.1016/S0269-7491(01)00285-8
3. Vodyanickij Yu.N., Sivcov A.V. Obrazovanie ferrigidrita, feroksigita i vernadita v pochvah // *Pochvovedenie*. – 2004.–№ 8. – С. 986–999.
4. Loginova E.V., Lopuh P.S. Hidroekologiya: kurs lekcij. – Minsk: BGU, 2011. – 300 s.
5. Ufimceva M.D., Terekhina N.V. Fitoindikaciya ekologicheskogo sostoyaniya urbogeosistem Sankt-Peterburga. – SPb.: Nauka, 2005. – 339 s.
6. Ekogeohimiya Zapadnoj Sibiri. Tyazhelye metally i radionuklidy. – Novosibirsk: SO RAN, NIC OIGGM, 1996. – 248 s.
7. Il'in V.B., Syso A.I. Mikroelementy i tyazhelye metally v pochvah i rasteniyah Novosibirskoj oblasti. – Novosibirsk: SO RAN, 2001. – 229 s.

GEOCHEMICAL BACKGROUND OF HEAVY METALS IN SOILS AND PLANTS ON THE COAL MINE SPOIL SITES

A. Boguslavsky¹; V. Androhanov², Ju. Kolmagorova³, A. Uzhogova³, I. Gossen², O. Saeva⁴

¹*Sobolev Institute of geology and mineralogy SB RAS, Novosibirsk*

²*Institute of soil science and agrochemistry SB RAS, Novosibirsk*

³*Novosibirsk State technical university, Novosibirsk*

⁴*Trofimuk Institute of petroleum geology and geophysics SB RAS, Novosibirsk*

E-mail: boguslav@igm.nsc.ru, androhanov@issa-siberia.ru, kolmagorovaiuo@igm.nsc.ru,

uzhogovaaa@igm.nsc.ru, gossen@issa-siberia.ru, SaevaOP@ipgg.sbras.ru

The article reports the geochemical characterization of soils and vegetation of recultivated coal mine spoils of three large deposits of Siberia. In the overburden rocks extracted to the surface, trace concentrations of iron, lead, zinc, etc. sulfates are noted, which, when they enter the supergene zone, begin to dissolve. Since the metal contents in the overburden rocks were initially low, the formed geochemical background is comparable to the areas not affected by technogenic impact.

Keywords: coal mine spoil recultivation, heavy metals, speciation, accumulation ratio of elements in plants.

Received June 3, 2021

УДК 553.3/4.078:553.2:551.73

ПЕТРОЛОГИЯ И РУДОНОСНОСТЬ ГРАНИТ-ЛЕЙКОГРАНИТОВОГО УСТЬЯНСКОГО МАССИВА РУДНОГО АЛТАЯ

А. И. Гусев

*Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукшина, г. Бийск,
E-mail: anzerg@mail.ru*

Приведены данные о составе гранитоидов Устьянского массива Рудного Алтая и связанном с ним оруденении. Выделены две фазы внедрения: 1) равномерно-крупнозернистые граниты; 2) слабо порфировидные мелкокристаллические лейкограниты и субщелочные лейкограниты, а также дайки аплитовидных лейкогранитов. Определён абсолютный возраст лейкогранитов, который составил 372 млн. лет. Рассмотрены петрографические и геохимические особенности гранитоидов и их потенциальная рудоносность. Породы массива отнесены к постколлизионным с признаками мантийной природы. В пространственной и парагенетической связи с массивом связано грейзеновое бериллиево- и жильное тантал-ниобиевое оруденение.

Ключевые слова: граниты, лейкограниты, дайки аплитовидных лейкогранитов, абсолютный возраст, оруденение бериллия, тантал и ниобия.

DOI: 10.24412/2410-1192-16105

Дата поступления 15.06.2021

Ультракислые гранитоиды с признаками умеренной повышенной щёлочности широко распространены в Горном Алтае. С ними чаще всего связано оруденение W, Mo, Be, Ta, Nb, Li. Такие гранитоиды чаще всего связаны с мантийными процессами. В Рудном Алтае на территории Алтайского края известен единственный такой массив – Устьянский, который требует новых комплексных исследований с расшифровкой петрологических особенностей породных типов и оценкой рудоносности.

Материалы по геологическому строению и петро-геохимическим особенностям пород Устьянского массива собраны в процессе: 1) Геологического доизучения территории в период 2002-2008 годов (ГДП-200 лиса М-44-Х). 2) В процессе маршрутов в составе комплексной экспедиции краевого отделения РГО в июне 2021 года.

Анализы выполнены: определение абсолютного возраста уран-свинцовым методом по циркону, а также силикатный на главные компоненты химическим методом и для микроэлементов - методом ICP-MS и ICP-AES в лабораториях ВСГЕИ (г. Санкт-Петербург) и ИМГРЭ (г. Москва). Изучение газожидких включений в рудных кварцах выполнено в Лаборатории СО РАН (г. Новосибирск).

Актуальность исследования заключается в определении абсолютного возраста, фазового состава рудогенерирующего потенциала Устьянского массива.

Цель исследования – на основе использования современных лабораторных данных, а также геохимических и петрологических критериев выявить особенности генезиса и определить перспективы Устьянского массива на эндогенное оруденение.

Геологические и петро-геохимические особенности пород массива.

Гранитоиды комплекса слагают единственный петротипический Усть-янский массив площадью 272,6 км², имеющий овальную форму и слабо вытянутый в субширотном направлении вдоль Алейского разлома. Интрузив реконструируется как довольно мощное двух-корневое воронкообразное тело, погружающееся в южном направлении. На это указывают имеющие южное падение замеры ориентировки кристаллов плагиоклаза, чешуек биотита, мелких ксенолитов в различных частях интрузива и две отрицательные аномалии Δg напряжённостью 8–10 мГл, располагающиеся в южной части массива в зоне субширотного Алейского разлома, позволяющие предпо-

ложить размещение там его корневых частей. В южной части массив существенно эродирован, северная и северо-восточная части затронуты эрозией слабее. Магнитное поле над массивом неоднородное, слабо повышенное (100–200 нТл) с множеством мелких локальных аномалий напряжённостью 300–500 нТл, фиксирующих многочисленные ксенолиты гранодиоритов и габброидов змеиногорского комплекса (рис. 1).

Вмещающими массив породы являются зеленосланцевые образования корбалихинской толщи, превращённые в контактовые роговики амфибол-плагиоклазового, амфибол-кварц-плагиоклазового и кварц-плагиоклаз-амфиболового составов.

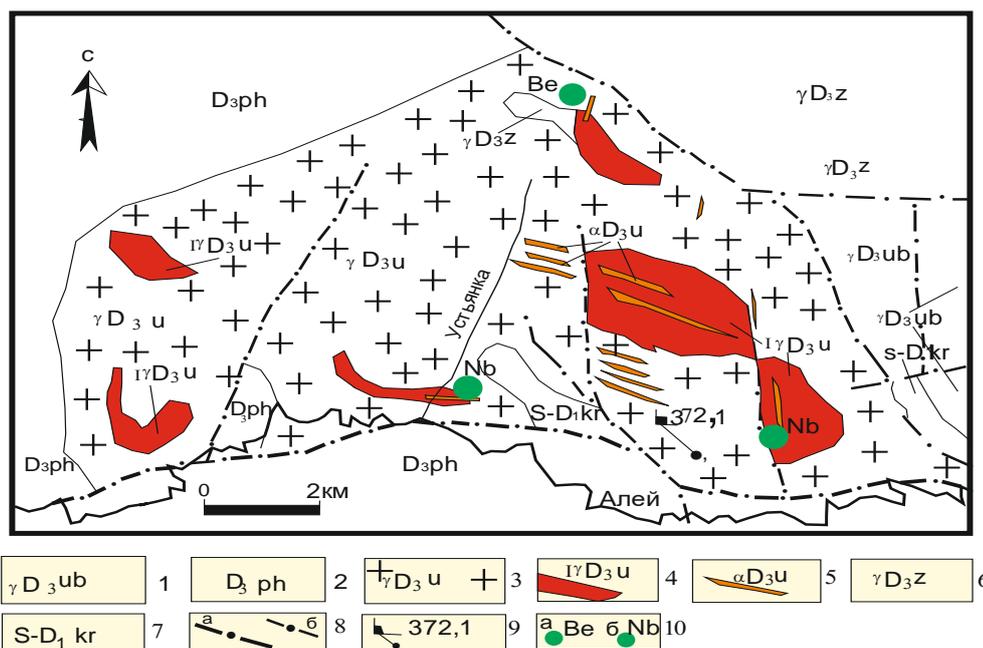


Рис. 1. Схематическая геологическая карта (со снятыми неоген-четвертичными образования) с полезными ископаемыми:

1—усть-беловский комплекс габбро-диорит-гранодиоритовый; 2—пихтовский комплекс базальт-дацит-риолитовый; устьянский комплекс; 3—крупнокристаллические граниты и лейкограниты 1 фазы; 4—мелкокристаллические лейкограниты и умеренно-щелочные лейкограниты; 5—дайки аплитовидных лейкогранитов; 6—змеиногорский комплекс габбро-гранит-лейкогранитовый; 7—корбалихинская толща метапесчаников, сланцев, мраморов; 8—разломы: а- глубинный Алейский; б- прочие разломы; 9—место отбора и возраст гранитов первой фазы устьянского массива; 10—проявления: а – грейзенового бериллиевого (Алейское проявление), б – жильного тантал-ниобиевого.

Западный, северный и восточный контакты массива сложены вулканитами пихтовской свиты и гранитоидами змеиногогорского и усть-беловского комплексов. Роговики являются поделочным камнем, использовавшимся в 18–19 веках Колыванской (Локтевской) шлифовальной фабрикой для изготовления высокохудожественных произведений камнерезного искусства.

В составе комплекса нами выделены две фазы внедрения: 1) равномерно-крупно-зернистые граниты; 2) слабопорфирированные мелкокристаллические лейкограниты и субщелочные лейкограниты; кроме того, массив пересечён многочисленными дайками аплитовидных лейкогранитов. Гранитоиды массива содержат редкие шпиры пегматитов, жилы и прожилки кварца с турмалином, хлоритом и ферриколумбитом, а также грейзеновое Устьянское проявление бериллия. По текстурным особенностям и цветовой окраске фазовые разновидности контрастно различимы (рис. 2). Лейкократовые гранитоиды первой фазы образуют крупные скальные обнажения.

В большинстве своём это массивные породы розового до мясо-красного, реже розовато-серого оттенка с порфирированными выделениями калиевого полевого шпата и довольно обильными миароловыми пустотами. На контакте с вмещающими породами корбалихинской толщи граниты имеют мелкозернистую структуру, ширина краевой фации достигает 600–800 м. Далее идёт постепенный переход от среднезернистых до крупнозернистых разновидностей. Минеральный состав гранитов следующий (%): кварц – 30–35, калишпат – 35–40, олигоклаз № 13–18, реже альбит-олигоклаз – 25–32, биотит – 1–5. Акцессории представлены флюоритом, магнетитом, апатитом, цирконом, вторичные минералы – серицитом и хлоритом. Структура гранитовая, микропегматитовая. В лейкогранитах первой фазы наблюдаются более высокие отношения $LaYb_N$ и $LaSm_N$, указывающие на более дифференцированный характер распределения РЗЭ, чем в лейкогранитах второй фазы (табл. 1).

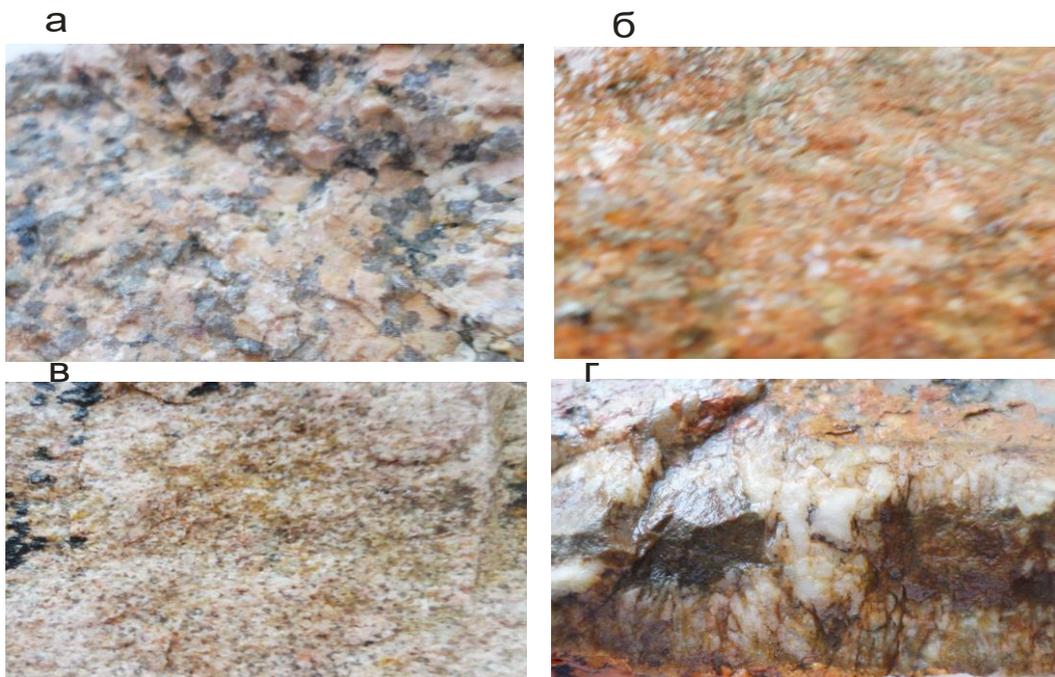


Рис. 2. Фазовые разновидности гранитоидов Устьянского массива:

а) крупнокристаллические граниты 1 фазы; б) мелкокристаллические лейкограниты 2 фазы; в) дайки аплитовидных лейкогранитов (с турмалином); г) кварцевая жила с хлоритом, турмалином, ферриколумбитом.

Таблица 1

Состав породных типов Устьянского массива (оксиды в %, элементы – в г/т)

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	72,6	76,1	75,52	75,5	76,25	75,6	76,26	77,68	77,0
TiO ₂	0,2	0,16	0,12	0,07	0,16	0,12	0,15	0,06	0,05
Al ₂ O ₃	13,1	12,3	12,18	12,13	12,7	12,5	12,66	12,74	11,4
Fe ₂ O ₃	1,35	1,2	1,35	1,02	1,1	1,07	1,09	0,8	1,05
FeO	2,0	1,02	1,03	0,78	0,8	0,99	0,8	0,3	0,54
MnO	0,08	0,1	0,03	0,05	0,1	0,52	0,12	0,1	0,05
MgO	0,6	0,24	0,14	0,14	0,15	0,46	0,15	0,1	0,71
CaO	2,1	0,7	0,72	0,64	0,9	0,25	0,8	0,4	0,33
Na ₂ O	4,0	3,4	3,5	4,2	2,3	4,05	2,3	3,25	4,1
K ₂ O	2,8	3,9	4,4	4,6	5,45	4,4	5,45	4,2	4,28
P ₂ O ₅	0,2	0,15	0,03	0,01	0,05	0,06	0,05	0,03	0,02
∑	99,03	99,27	98,63	99,14	99,16	99,96	99,83	99,66	99,53
Li	5,4	5,41	5,43	5,43	7,54	8,4	4,82	5,4	4,9
Be	1,9	1,75	1,76	1,76	2,13	6,8	13,07	12,8	13,6
Sc	10,7	5,90	4,34	3,93	4,42	3,9	4,42	3,3	3,1
V	67	48	50	50	50	47,2	50	46,7	44,6
Cr	43,7	12,0	21,5	28,7	24,9	22,1	24,9	14,8	14,1
Co	3,6	1,50	1,74	1,93	1,88	2,0	1,88	1,96	2,2
Ni	10,8	7,8	7,98	7,98	7,91	7,7	7,91	6,8	6,6
Cu	21,8	15,0	16,03	16,0	5,0	8,3	10,50	13,3	14,1
Zn	43,2	25,0	29,2	29,2	18,5	16,8	18,5	19,2	20,4
Ga	16,8	16,3	16,1	16,1	15,4	17,2	18,4	17,8	18,4
Rb	126,7	97,3	117,8	101,0	127,0	126,5	158,5	136	140
Sr	105,3	96,9	65,6	54,8	41,2	45,2	25,1	32	43
Y	55,7	54,5	49,73	41,7	43,30	41,7	43,3	43,1	44,2
Zr	167,8	123,00	131,3	87,8	97,7	88,9	97,7	88,5	76,6
Nb	26,5	20,40	22,33	16,90	17,20	18,2	27,2	28,5	30,2
Cs	1,7	0,8	1,51	1,32	1,31	1,6	1,5	3,4	3,7
Ba	503	430	421	421	274	255	202	211	207
La	33,6	29,20	30	24,5	14,2	14,5	11,1	9,7	9,5
Ce	67,2	60,00	63,6	57,8	40,4	53,1	43,4	47,3	48,1
Pr	7,1	6,72	6,70	6,71	4,55	3,5	2,52	2,4	2,2
Nd	32,8	30,80	30,33	27,30	19,60	23,3	10,6	11,7	12,6
Sm	7,9	7,80	7,32	6,31	5,47	4,5	1,46	1,53	1,56
Eu	1,06	1,40	0,92	0,71	0,68	0,7	0,25	0,34	0,37
Gd	7,7	7,50	7,01	6,44	5,94	6,5	1,95	2,1	2,2
Tb	1,5	1,36	1,27	1,17	1,16	0,19	0,24	0,22	0,21
Dy	7,5	6,98	7,02	7,02	7,28	7,6	1,99	2,2	2,4
Ho	1,7	1,53	1,54	1,54	1,63	0,35	0,41	0,38	0,35
Er	5,9	4,55	4,56	4,56	5,02	5,1	1,52	1,6	2,2
Tm	0,95	0,74	0,76	0,76	0,88	0,8	0,38	0,44	0,65
Yb	6,6	5,37	5,08	4,58	5,46	5,3	2,47	2,65	2,8
Lu	0,9	0,81	0,76	0,67	0,88	0,7	0,33	0,42	0,4
Сумма РЗЭ	182,41	164,74	166,87	150,06	113,15	126,14	78,62	82,98	85,54
Hf	5,1	5,0	4,47	3,21	4,30	4,4	4,3	4,5	5,0
Ta	1,0	1,1	1,18	1,15	1,56	1,7	1,86	1,9	2,1
Pb	7,4	7,5	8,02	8,02	11,50	12,7	11,5	11,1	10,5
Th	6,9	7,1	46,44	8,23	12,40	9,6	12,4	11,6	12,2
U	1,6	1,9	1,71	1,63	2,28	1,7	2,28	2,12	2,1
La/Yb _N	3,36	3,59	3,9	3,53	1,72	1,8	1,69	2,42	2,24
La/Sm _N	2,6	2,29	2,51	2,38	1,59	1,97	1,58	3,9	3,73
Eu/Eu*	0,42	0,04	0,028	0,025	0,026	0,65	0,025	0,59	0,61
U/Th	0,23	0,27	0,04	0,20	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17
TE _{1,3}	0,97	0,97	0,98	1,03	1,12	0,96	1,2	1,14	1,11

Примечание. $Eu^* = (Sm_N * Gd_N) / 2$. N- элементы нормированы по хондриту [1]. $TE_{1,3}$ – тетрадный эффект фракционирования РЗЭ, как среднее между первой и третьей тетрадами по [2]. 1 фаза: 1 - гранит, 2 - лейкогранит, 2 фаза: 3, 5 – лейкограниты, 4 и 6 – лейкограниты умеренно-щелочные; дайки: 7 – 8 - аплитовидные лейкограниты; 9 - аплитовидный умеренно-щелочной лейкогранит.

Лейкократовые гранитоиды второй фазы образуют несколько дугообразных тел и штоков среди пород главной фазы и выражаются в рельефе резкими положительными гребневидными формами. В строении наиболее крупных из них наблюдается зональность – крайние части имеют тонко-мелкозернистую структуру основной массы, внутренние – мелко-среднезернистую. Это массивные породы розового, буровато-красного оттенка гранитовой структуры, по минеральному составу сходны с породами первой фазы. Из аксессуаров присутствуют флюорит, гематит, циркон, апатит. Вторичные минералы – серицит, гидрослюда, хлорит, агрегат соссюрита. В сравнении с лейкогранитами первой фазы во второй фазе отмечаются значительно меньшие концентрации суммы РЗЭ (табл. 1), и более высокие значения тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ. Значение тетрадного эффекта, превышающие 1,12, выше порога значимой величины тетрадного эффекта фракционирования для М - типа по [3].

Гранитоиды сопровождаются дайками мощностью 0,5–3 м, реже до 5 м, протяжённостью 500–600 м, реже до 1 км, приуроченными к системе поперечных трещин, представлены аплитовидными гранитами, аплитами. Изредка встречаются пегматитовые жилы мощностью до 2 м и протяжённостью до 50 м.

Лейкократовые гранитоиды Устьянского массива характеризуются низкой и умеренной глиноземистостью ($Shand=0,92-1,07$), повышенной и высокой щелочностью с преобладанием K_2O над Na_2O , низкой анортитовостью ($c=0,05-0,12$), высокой агпаитностью ($K_{ag}=0,83-0,98$) и близки по указанным показателям к гранитоидам А-типа.

Следует отметить, что массив нередко включался в состав змеиногорского комплекса, но даже внешний вид пород свидетельствует об их индивидуальности. В отличие от змеиногорских гранитоидов имеющих серую окраску, рассматриваемые образования красные, либо кирпично-красные, что обусловлено резким преобладанием калишпата среди полевых шпатов. Другая характерная черта, выраженная макроскопически – наличие в них большого количества грубозернистого кварца. Гранитоиды устьянского комплекса образовались в гип-мезоабиссальной обстановке, на что указывают широкие зоны мелкозернистых пород в эндоконтактах, широкое развитие миароловых пустот и микропегматитовых структур, сравнительно высокие индикаторные отношения элементов: $Ve/Va=0,004-0,019$; $La/Sc=3,2-7,5$; $Ve/Co = 0,91-1,13$. Позднедевонский возраст комплекса принят на основании того, что:

- контактовые изменения вмещающих пород отмечены лишь в позднесилурийских-раннедевонских отложениях корбалихинской толщи, в то же время фаменские вулканогенные породы пихтовского комплекса остаются неизменными;

- установлены находки галек лейкократовых гранитов, по петрографическому составу аналогичных таковым из Устьянского массива, в грубообломочных отложениях пихтовской свиты фаменского возраста;

- при определении абсолютного возраста U-Pb методом из гранитов первой фазы массива получен результат $372,1 \pm 5,6$ млн. лет (рис. 3).

На диаграмме La-Nb породы Устьянского массива тяготеют к астеносферному источнику (рис. 4).

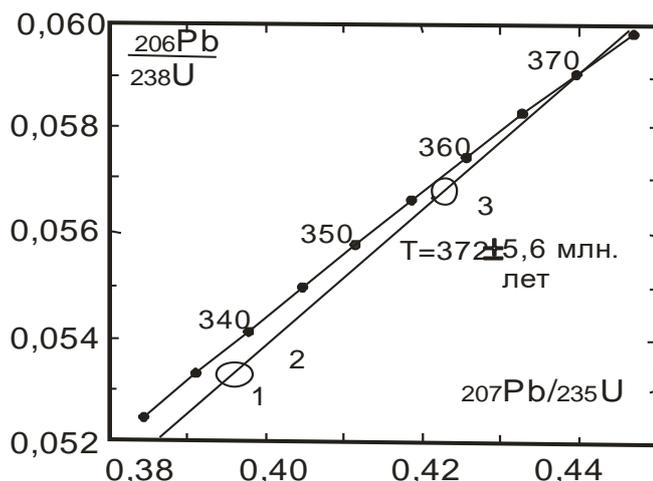


Рис. 3. Изохронная U – Pb диаграмма с конкордией для цирконов лейкогранитов Устьянского массива

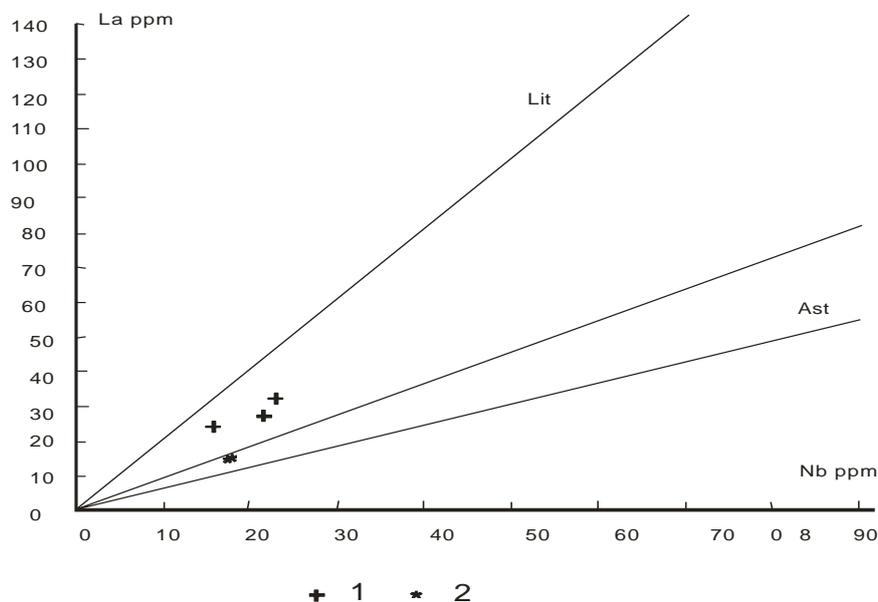


Рис. 4. Диаграмма La - Nb по [4] для лейкогранитов Устьянского массива. Границы астеносферно производных лав Бассейнов и Хребтов по [5]:
1-лейкограниты 1 фазы, 2- лейкограниты 2 фазы.

На диаграмме Zr/Nb – Nb/Th лейкограниты обеих фаз устьянского комплекса тяготеют к источнику мантии типа Гавайских островов (рис. 5). Лейкограниты обеих фаз устьянского массива на диаграмме Y – Nb – Ce попадают в поле постколлизийных гранитоидов (рис. 6).

Таким образом, лейкограниты устьянского комплекса по петрогеохимическим показателям следует интерпрети-

ровать постколлизийными образованиями, в формировании которых принимал участие мантийный источник, близкий к астеносферному. Скорее всего постколлизийная обстановка активного магматизма инициирована плюмтектоникой. Это указывает на то, что помимо основной геодинамической обстановки вулканических островных дуг в Рудном Алтае следует выделять и плюм-тектонический режим.

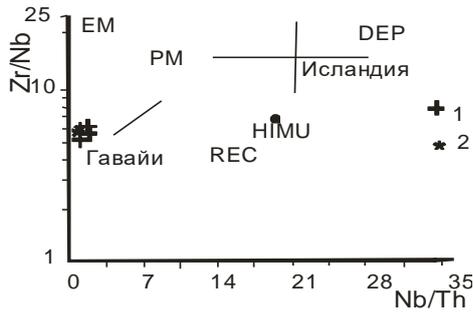


Рис. 5. Диаграмма Zr/Nb – Nb/Th по [6] для пород устьянского комплекса.

Типы мантии: DEP – деплетированная мантия; В разной степени обогащённая мантия (EM, PM, HIMU), предполагаемая рециклинговая литосфера (REC) – источник, близкий по изотопно-геохимическим данным к HIMU и другим источникам обогащённого типа. 1- лейкограниты 1 фазы, 2- лейкограниты 2 фазы.

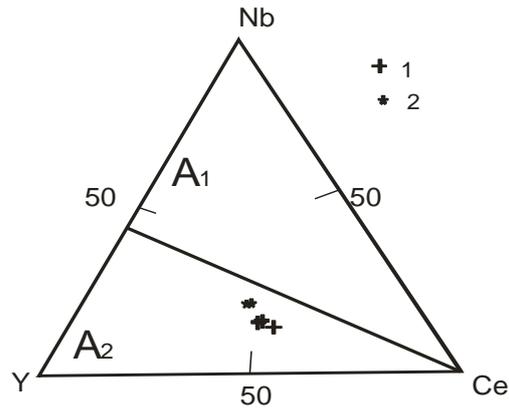


Рис. 6. Диаграммы Y- Nb - Ce по [7] для гранитоидов Устьянского массива.

Анорогенные гранитоиды по G.N. Eby: A₁ – гранитоиды горячих точек или плюмов; A₂ – гранитоиды постколлизионных обстановок. Гранитоиды Устьянского массива: 1- лейкограниты 1 фазы, 2 – лейкограниты 2 фазы.

Рудоносность Устьянского массива

Потенциальную рудоносность массива можно определить, используя концентрации основных металлов, содержащихся в породах массива и проявление тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ (ТЭФ РЗЭ). Известно, что ТЭФ РЗЭ отражает насыщенность магм летучими компонентами, которые извлекают из расплавов металлы и переносят их к местам рудоотложения и, таким образом, могут служить критерием потенциальной рудоносности.

На диаграмме Be – TE_{1,3} наблюдается отчётливый тренд увеличения концентраций бериллия в породах более поздних фаз с увеличением значений TE_{1,3}.

Чаще всего проявление ТЭФ РЗЭ М- типа обусловлено насыщенностью и активностью таким летучим компонентом во флюидах как фтор, который образуя фтор-комплексы, присоединяет к себе металлы и осуществляет перенос различных металлов, в том числе и бериллия. Потенциальная рудоносность глубинного очага, сформировавшего Устьянский массив, реализована в фор-

мировании грейзенового Алейского бериллиевого проявления.

Алейское проявление бериллия и лития которое, как и ряд геохимических аномалий подобного состава, пространственно (и генетически) связано с гранитоидами Устьянского массива. Более тесная пространственная и парагенетическая связь наблюдается с аляскиотовыми гранитами Устьянского массива, обнаруживающего сходство по петрогеохимическим показателям с породными типами белокурихинского комплекса. Структурная позиция участка определяется положением его в зоне Новониколаевско-Междуреченского разлома, являющегося юго-западным границей Центральной зоны смятия. И Устьянский массив, и бериллиево проявление тяготеют к южному блоку Северо-Восточной зоны смятия. В строении участка принимают участие разновозрастные интрузивные образования – змеиногорского и белокурихинского (ранее считавшегося синюшинским) комплексов.

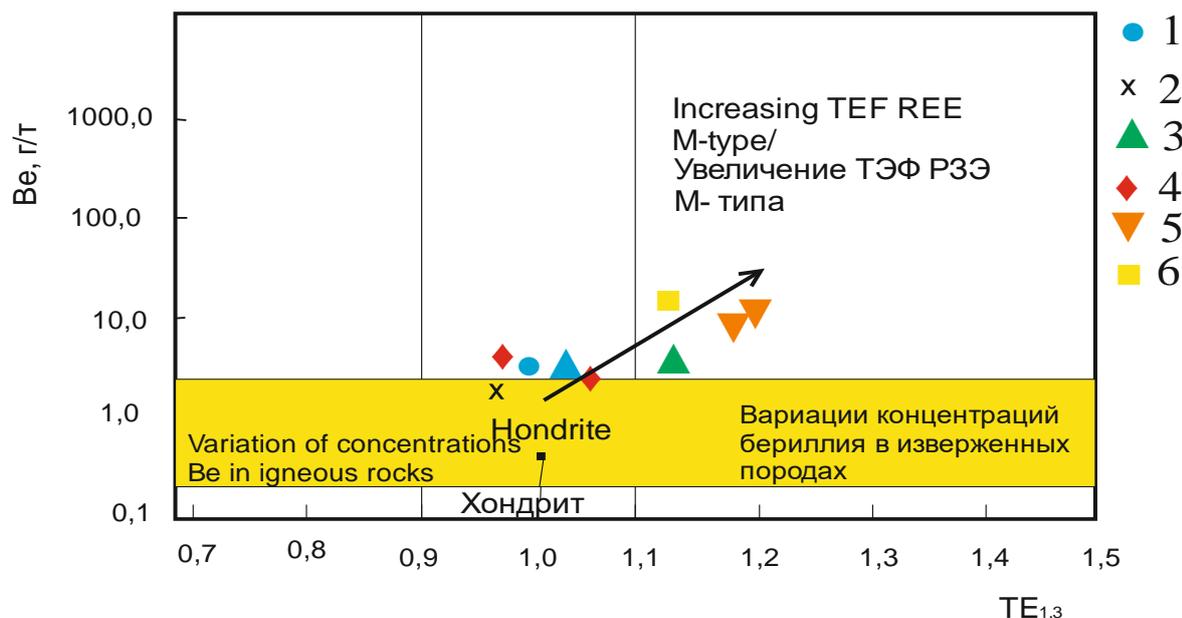


Рис.7. Диаграмма Be - TE_{1,3} для породных типов Устьянского массива.

1 фаза: 1 – гранит первой фазы, 2- лейкогранит; 2 фаза: 3, 5 – лейкограниты, 4 и 6 – лейкограниты умеренно-щелочные; дайки: 7, 8- аплитовидные лейкограниты, 9 – аплитовидные умеренно-щелочные лейкограниты.

Проявление расположено в контактовой части гранодиоритов Алейского и аляскитовых гранитов Устьянского массивов. Гранодиориты интенсивно разгнейсованы в связи с воздействием разломных кулис Центральной зоны смятия. Рудная зона локализуется в пределах крупного ксенолита габбро-долеритов. Она прослежена горными выработками от р. Устьянки в С-С-З направлении на 400 м. Видимая мощность имеет наибольшее значение в Ю-В. Части, достигая 100–120 м, к С-С-З наблюдается уменьшение ширины зоны вплоть до выклинивания. Падение зоны вертикальное.

Внутреннее строение зоны сложное. В целом она фиксируется интенсивным дроблением габбро-долеритов с образованием штокверков и грейзенизацией. Наиболее интенсивной грейзенизации подверглись фельзит-порфиры, образующие 2 дайки (в Ю-В части рудной зоны) меридионального направления. Мощность даек варьирует от 5 до 20 м. (восточная дайка). Длина их до 250 м. На севере и юге дайки срезаются нарушениями С-З простирания. Под воздействием пневматолито-гидротермального метасоматоза фельзит-порфиры пре-

вращены в мелко-тонкозернистые грейзены (лишь изредка устанавливаются реликты вкрапленников кварца и плагиоклаза). Минеральный состав грейзенов: кварц, мусковит, (иногда замещающийся литиевыми слюдами - лепидолитом), хлорит, флюорит, реже встречаются топаз, берилл, серицит, в единичных случаях – турмалин. Из второстепенных минералов присутствуют циркон, апатит, кальцит, биотит, пироксен, амфибол. Рудные минералы ограничены пиритом, халькопиритом, вольфрамитом, галенитом, редко – шеелитом.

Более широко в зоне развиты штокверки, слагающие основную часть рудной зоны. Они представляют собой интенсивно раздробленные габбро-долериты, пронизанные густой сетью жилок мощностью до 1 см. В составе штокверков участвуют кварц (30–60%), мусковит и лепидолит (3–4%), флюорит (3–5%), берилл (3–4%), топаз, апатит, циркон, вольфрамит и пирит (не более 2–3%), иногда встречаются кальцит и шеелит.

В юго-восточной части рудной зоны встречаются 4 кварцевые жилы мощностью от 5 до 25 см и длиной до 10 м с

северо-восточным простиранием. Кварц молочно-белый, крупнокристаллический, шестоватый. В виде отдельных зёрен в нём встречаются слюда, флюорит, хлорит, топаз, вольфрамит, шеелит.

Берилл в количественном отношении преобладает в штокверках. В грейзенах берилл обычно образует голубые длинностолбчатые кристаллы длиной до 1 мм, в штокверках – игольчатые и длинностолбчатые кристаллы длиной до 2 мм, реже образует секториальные сферолито-лучистые агрегаты синей до густо-синей окраски, редко – голубовато-зеленоватые скопления кристаллов, приближающиеся к аквамарину. Такие различия ассоциируют с мелкими кристалликами александрита размерами до 2 мм ярко зелёного цвета. По результатам 136 химических анализов в рудной зоне содержания бериллия варьируют от 0,005 до 1,77 %, среднее содержание по зоне – 0,029 %. Среднее содержание Li – 0,2 %. Запасы оксида бериллия ориентировочно определены в 15 тонн (на метр углубки). В грейзенах и грейзенизированных породах спектральным анализом установлены (%): литий (0,01–0,3), в единичных случаях до 1 %, воль-

фрам (0,01–0,3), олово до 0,001, медь – 0,01–0,7, цинк до 0,1, свинец до 0,03.

Рудопроявление и наиболее интенсивные геохимические аномалии бериллия и лития размещаются в полосе вдоль Новониколаевского разлома, протяженностью около 19 км, и объединены в Верхне-Устьянское потенциальное рудное поле, требующее опоискования и поисково-оценочных работ. По Верхне-Устьянскому потенциальному рудному полю авторские оценки прогнозных ресурсов категории P₂ – бериллия 4500 тонн, лития – 2400 тонн.

По данным термобарогеохимического анализа температуры гомогенизации газово-жидких включений (ГЖВ) предрудного кварца Алейского проявления составляли 330–340 и рудного – 290–310 °С. содержание основных компонентов флюида (ГЖВ) кварца для бериллиевого Алейского проявления близки таковым Казандинского бериллиевого [8] (табл. 2). Но имеются и отличия, которые обсуждаются ниже. Алейское проявление бериллия весьма схоже с Казандинским, находящимся в пространственной связи с Щebetинским массивом гранитоидов Белокурихирского комплекса.

Таблица 2

Состав газово-жидких включений в кварце рудных жил Алейского бериллиевого проявления (мг/кг)

Компоненты	1	2	3	4	5
CO ₂	181	141	159	119	139
2O	1771	1814	1978	1805	1850
C ₂ H ₂	0,9	0,7	1,7	0,7	0,8
C ₂ H ₆	0,4	0,2	0,7	0,3	0,5
N ₂	8,8	7,8	7,7	7,8	7,9
CH ₄	0,6	0,4	1,3	0,3	0,8
H ₂ O+CO ₂	1952	1955	2137	1924	1989
CO	3,1	2,4	4,3	2,7	3,1
CO ₂ ×100 H ₂ O	10,2	7,8	8,03	6,6	7,5
K _B ×1000	2,2	2,0	2,8	1,2	2,1
∑газов	191,5	150,1	170,4	128,1	149
∑+H ₂ O	1771	1814	1978	1805	1850

Примечание: 1–5 – номера проб; K_B×1000 – коэффициент восстановления флюидов.

Для бериллиевого Алейского проявления характерно более высокое содержание воды во флюидах и меньшее – углекислоты, суммы газов, чем в кварцах Казандинского месторождения. Соответственно, у него меньше отношение $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O} \times 100$, что свидетельствует о более открытой системе при становлении бериллиевого оруденения Алейского проявления или его более глубоком эрозионном срезе, чем для сравниваемого Казандинского месторождения.

Помимо ранее известного бериллиевого оруденения в 2021 году нами обнаружены жильные проявления танталониобатов, локализующихся среди гранитоидов Устьянского массива – Покровское и Устьянское проявления, и тяготеющие к области влияния Алейского глубинного разлома (рис. 1). Проявления представлены жилами и линейными штокверками кварцевых, реже кварцкарбонатных, местами с хлоритом и турмалином, линзовидных образований с вкрапленностью пирита, ферриколумби-

та и содержаниями тантала от 0,05 до 0,1 % и ниобия от 0,03 до 0,15 %.

Заключение

Устьянский массив сложен породами двух фаз внедрения, определяемыми как граниты, лейкограниты и умеренощелочные лейкограниты. Массив инъецирован дайками аплитовидных лейкогранитов. Становление массива и даек происходило в постколлизийной обстановке и все они относятся к анорогенным образованиям. Все породные типы показывают признаки происхождения с участием мантийных процессов. Впервые для Рудного Алтая определяется плюмовый магматизм, к которому отнесён Устьянский массив. С глубинным очагом, формировавшим породы массива и даек связано перспективное грейзеновое бериллиево-оруденение и жильное тантал-ниобиевое. Для бериллиевого оруденения оценены прогнозные ресурсы категории P_2 , указывающие на возможность обнаружения крупного по запасам объекта.

Список литературы

1. Anders E., Greevesse N. Abundances of the elements: meteoric and // *Geochim. Cosmochim. Acta.* – 1989. – V. 53. – P. 197–214.
2. Irber W. The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/No, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // *Geochim Cosmochim Acta.* – 1999. – V. 63, №3/4. – P. 489–508.
3. Masuda A., Ikeuchi Y. Lanthanide tetrad effect observed in marine environment // *Geochim J.* – 1979. – V. 13. – P. 19–22.
4. DePaolo D.J., Daley E.E. Neodymium isotopes in basalts of the southwest Basin and Range and lithosphere thinning during continental extension // *Chem. Geol.* – 2000, V. 169. P. 157–185.
5. Bierlein F.P. Groves D.I., Goldfarb R.J., Dube B. Lithospheric controls on the formation of provinces hosting giant orogenic gold deposits // *Miner. Deposita* – 2006. – V. 40 – № 8. – P. 874–886.
6. Rollinson H.R., Tarney J. Adakites – the key to understanding LILE depletion in granulites // *Lithos.* – 2005. – V. 79. – P. 61–81.
7. Eby G.H. Chemical subdivision of the A-type granitoids: Petrogenetic and tectonic implications // *Geology.* – 1992. – Vol. 20. – P. 641–644.
8. Гусев А.И., Гусев Н.И. Некоторые аспекты геохимии минералов Казандинского бериллиевого месторождения Горного Алтая // *Успехи современного естествознания.* – 2014. – №12. – С.47–52.

Referencens

1. Anders E., Greevesse N. Abundences of the elements: meteoric and // *Geochim. Cosmochim. Acta.* – 1989. – V. 53. – P. 197–214.
2. 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 Comochim Acta.* – 1999. – V.63, №3/4. – P. 489–508.
3. Masuda A., Ikeuchi Y. Lanthanide tetrad effect observed in marine environment // *Geochim J.* – 1979. – V. 13. – P. 19–22.
4. DePaolo D.J., Daley E.E. Neodymium isotopes in basalts of the southwest Basin and Range and lithosphere thinning during continental extension// *Chem. Geol.* – 2000, V. 169. P. 157–185.
5. Bierlein F.P. Groves D.I., Goldfarb R.J., Dube B. Lithospheric controls on the formation of provinces hosting giant orogenic gold deposits // *Miner. Deposita* – 2006. – V.40 – № 8. – P. 874–886.
6. Rollinson H.R., Tarney J. Adakites – the key to understanding LILE depletion in granulites // *Lithos.* – 2005. – V. 79. – P. 61–81.
7. Eby G.H. Chemical subdivision of the A-type granitoids: Petrogenetic and tectonic implications // *Geology.* – 1992. – Vol. 20. – P. 641–644.
8. Gusev A.I., Gusev N.I. Nekotorye aspekty geohimii mineralov Kazandinskogo berillievogo mestorozhdeniya Gornogo Altaya // *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya.* – 2014. – №12. – S.47 –52.

PETROLOGY AND ORE MINERALIZATION

OF GRANITE-LEUCOGRANITE UCTJANSKIY MASSIF

OF RUDNY ALTAY

A. Gusev

Shukshin Altai State Humanities Pedagogical University, Biysk, E-mail: anzerg@mail.ru

Data about composition of granitoids Ustjanskiy massif of Rudny Altay and it related ore mineralization are lead. Two phases of introducing detached: 1- equigranular -coarse-grained granites; 2-weakly porphyritic fine-grained leucogranites and temperate-alkalic leucogranites also dikes of aplitic leucogranites. The absolute age of leucogranites determined that it composed 372 million years. The petrographic and geochemical peculiarities of granitoids and its potential ore mineralization view. Rocks of massif took to postcollisional with signs of mantle nature. The greisen beryllium and loads tantalium-niobium ore mineralization related in space and paragenetic with massif.

Keywords: granites, leucogranites, dike of aplitic leucogranites, absolute age, ore mineralization Be, Nb, Ta.

Received June 15, 2021

УДК 551.732.4-733.11. 551.8. 550.384

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ОСТРОВОДУЖНОЙ СИСТЕМЫ ГОРНОГО АЛТАЯ

В.Н. Коржнев

*Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукишина, Бийск,
E-mail: viktorkorzhev@mail.ru*

В районе сочленения Ануйско-Чуйской и Бийско-Катунской зон формировались отложения песчанской толщи и кратковременно существовала островная суша, представлявшая собой вулканические острова. Подводные излияния преобладали. Широкое развитие красноцветности позволяет предполагать небольшие глубины морского бассейна. Энсиматическая природа островодужной системы подтверждается преимущественно натровой специализацией базальтов и андезибазальтов песчанской толщи. Позднеостроводужный этап завершился метаморфизмом ранее сформированных комплексов. В результате косой субдукции в конце тремадокского времени островная дуга прекратила свое существование.

Ключевые слова: стратиграфия, верхний кембрий-тремадок, островодужный вулканизм, палеогеография, Горный Алтай.

DOI: 10.24412/2410-1192-16106

Дата поступления 9.05.2021

В современной структуре Горного Алтая можно видеть, нижнепалеозойские комплексы: палеоокеанические, островных дуг, междуговых бассейнов, при широком распространении покровно-надвиговых дислокаций и крупных шовных зон [1].

Горноалтайская островная дуга впервые выделена В.В. Волковым [2]. В составе островодужной системы выделялись поздневендско-раннекембрийская аккреционная призма, состоящая из субдукционного коллажа террейнов (офиолитов, океанических островов и поднятий), островная дуга, преддуговой и задуговой бассейны. Дискуссионными остаются вопросы относящиеся к геологоисторической интерпретации структурно-вещественных данных.

Основанием для написания статьи послужил фактический материал, собранный в процессе геологических съемок [3, 4], сопровождавшихся составлением литолого-стратиграфических разрезов и детальным картированием уло-

вых участков, в процессе которых были изучены кембрийские и тремадокские отложения Ануйско-Чуйской, Бийско-Катунской и Уйменско-Лебедской зон, также закартирована пестроцветная слабо метаморфозованная песчанская толща с проявлением островодужного вулканизма, относимая предшественниками к горноалтайской серии. Проведена корреляция отложений песчанской толщи с разрезами других геологических структур Горного Алтая.

Результаты исследования и их обсуждение

Изученная нами территория северной части Горного Алтая охватывает тектонические единицы, выделявшихся ранее как Бийско-Катунский антиклинорий, Ануйско-Чуйский и Уйменско-Лебедской синклинии. Содержание этих понятий с учетом материалов геологических исследований последних десятилетий (1980–2020 гг.) применительно к конкретным структурам кардинальным образом изменилось. По-

этому нами использован термин «террейн» под которым подразумеваем участок земной коры, ограниченный разломами, который характеризуется стратиграфическими, магматическими, метаморфическими и структурными особенностями, тектонической историей, отличающей его от соседних геологических тел.

В восточных частях Ануйско-Чуйского террейна выделена верхнекембрийско-тремадокская песчанская толща, которая коррелируется с камлакской свитой западной окраины Бийско-Катунского террейна. В северо-западном Алтае верхнекембрийско-тремадокские отложения представлены глубоководными осадками и вулканами верхней части горноалтайской серии, выделенных в засурьинскую свиту.

Песчанская толща закартирована в юго-западной части Белокурихинского аллохтонного блока, где автором статьи впервые обосновывалось проявление тремадокского вулканизма [4]. По сходству литологического состава предположительно относиться к агайринской свите. Позднее отложения в бассейне р. Солоновки переименовали в песчанскую толщу [5]. По нашим наблюдениям эта толща пользуется широким распространением в бассейне рек Солоновки и Песчаной. Разрезы песчанской толщи в восточной окраине Ануйско-Чуйского террейна представлены ритмично-переслаивающимися голубовато-зелеными, реже лиловыми песчаниками и алевролитами. В верхних частях элементарных ритмов иногда проявляются слойки вишневых кремнисто-глинистых сланцев и кремней от нескольких мм до 1 см. Песчаники характеризуются полимиктовым составом, весьма слабой сортировкой и окатанностью обломочного материала, часто содержат туфогенную примесь, представленную удлиненным остроугольным плагиоклазом и перекристаллизованным вулканическим

стеклом. Среди этих пород изредка отмечаются маломощные прослои гравелитов и подводно-оползневых образований. Спорадически, например, у с. Лютаево, отмечаются олистолиты и олистоплаки различных размеров, представленные яшмоидами, туфами, фтанитами и известняками. Прослои, пачки вулканогенных пород и яшмоидов отмечаются довольно редко, и лишь в единичном случае, в разрезе по руч. Осиновый, их суммарное содержание достигает 20%. Это потоки и пачки базальтоидов мощностью от 20 до 200 м среди кремнисто-терригенных отложений, часто в переслаивании с туфолавами андезитов и силлами долеритов. По нашим наблюдениям в бассейне р. Солоновки в составе отложений преобладают зеленовато-серые и серые алевролиты, граувакковые песчаники, гравелито-песчаники, гравелиты, конгломераты, слагающие до 43% ее разреза. На долю вишнево-серых, лиловых алевролитов, кирпично-красных кремнисто-глинистых сланцев и яшмовидных силицилитов приходится 20%; красноцветных и зеленоцветных туфопесчаников, туфоалевролитов, туфогравелитов, туфоконгломератов – 15%; лав, туфолав и лавобрекчий базальтового, андезибазальтового состава – 13%; туфов андезибазальтовых, андезитовых порфиритов – 9%. Преобладали подводные излияния с коэффициентом эксплозивности до 43. В незначительных количествах в составе отложений присутствуют линзы мраморов. В разных частях разреза соотношение перечисленных пород варьирует в широких пределах, в целом отмечается увеличение роли вулканогенных пород в верхней и средней частях разреза. Осадочные породы обычно слоистые, слоистость линзовидно-полосчатая с мощностью слоев от 1–2 мм до 10–15 см, реже до 1–1,5 м и более. Основание отложений не вскрывается.

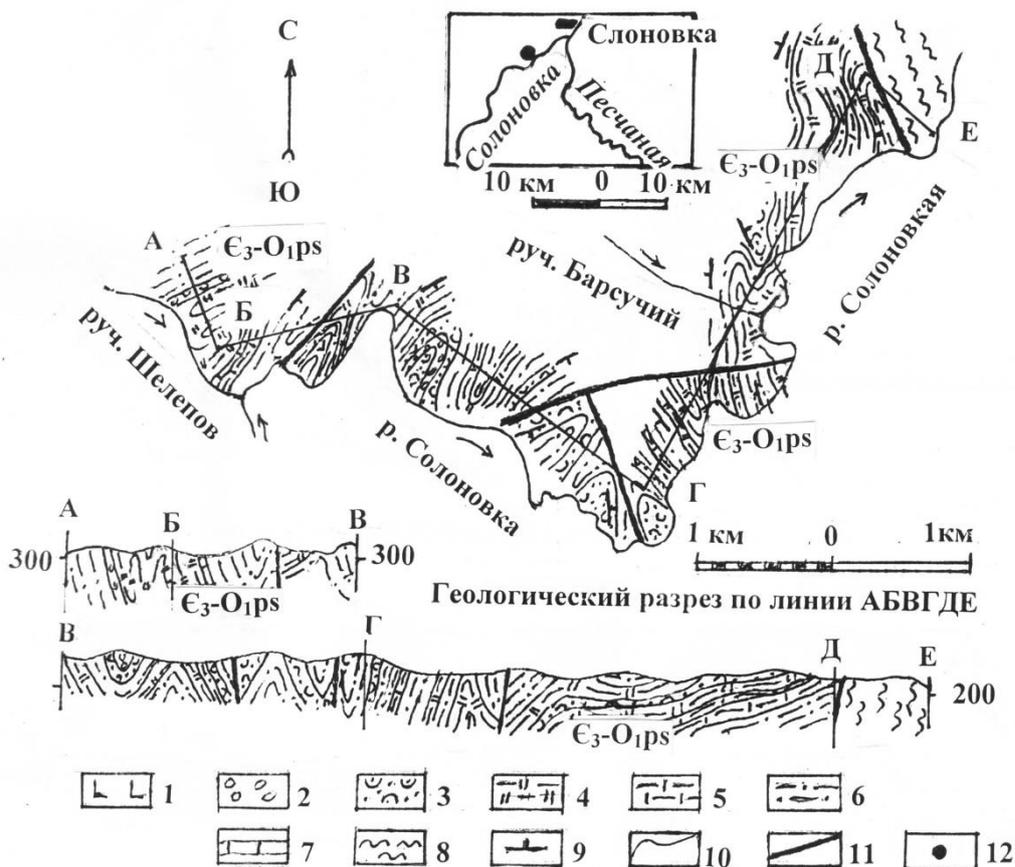


Рис. 1. Геологический разрез песчаной толщи по р. Солоновке:

1 – лавы базальтов и андезибазальтов; 2 – мелкогалечные туфогенные конгломераты, полимиктовые гравелиты; 3 – мелкозернистые туфопесчаники; 4 – переслаивание красноцветных алевролитов и кирпично-красных яшмовидных силицилитов, потоки пропилитизированных диабазов; 5 – красноцветные алевролиты; 6 – алевролиты темно-зеленые с прослоями мелкозернистых полимиктовых песчаников, красноцветных алевролитов; 7 – горизонты и линзы темно-серых известняков; 8 – кристаллические сланцы белокурухинского метаморфического комплекса; 9 – элементы залегания геологических тел; 10 – стратиграфически согласные границы; 11 – разломы; 12 – расположение разреза. Свита: O_{1ps} – песчаная толща.

Типичный разрез нижней части песчаной толщи изучен автором по р. Солоновке (рис. 1). Его составляют снизу следующие пачки слоев:

1. Алевролиты зеленовато-серые – 50 м.
2. Переслаивание зеленовато-серых и вишнево-серых алевролитов (слои 1–3 м) – 40 м.
3. Красноцветные мелкогалечные туфо-конгломераты – 7 м.
4. Переслаивание вишнево-серых и зеленовато-серых алевролитов (слои 1–3 м), прослой (до 1 м) кирпично-красных яшмовидных силицилитов, единичные лин-

зы (0,3 м) белых мелкокристаллических мраморов – 15 м.

5. Алевролиты зеленовато-серые известковистые – 30 м.
6. Вишнево-серые алевролиты с линзами (до 30–40 см) зеленовато-серых алевролитов и вишнево-серых туфогравелитов и туфогравелито-песчаников – 20 м.
7. Туфогравелиты вишнево-серые – 0,7 м.
8. Алевролиты зеленовато-серые – 1,5 м.
9. Алевролиты вишнево-серые с линзами (1–2 см) зеленовато-серых алевролитов – 1 м.

10. Алевролиты зеленовато-серые с линзами (1–2 см) вишнево-серых алевролитов и в средней части с линзой 0,5 м кирпично-красных яшмовидных силицилитов – 3 м.
11. Лавовый поток лилово-серых порфировых андезибазальтов – 0,5–2 м.
12. Алевролиты зеленовато-серые с линзами (до 30–40 см) вишнево-серых алевролитов – 1,5 м.
13. Алевролиты вишнево-серые – 1,5 м.
14. Темно-зеленые пропицитизированные диабазовые порфириты – 10 м.
15. Алевролиты зеленовато-серые известковистые – 60 м.
16. Туфогравелиты зеленовато-серые – 10 м.
17. Кирпично-красные яшмовидные силицилиты с линзами (до 1–1,5 м) зеленовато-серых туфогравелитов – 10–80 м.
18. Лилово-серые туфогравелиты и туфопесчаники – 10–20 м.
19. Голубовато-зеленые апоалевритовые метаморфические сланцы с прослоями (2–3 см) лиловых алевролитов, алевропесчаников и линзочками песчаных известняков – 30 м.
20. Алевролиты лилово-серые – 30 м.
21. Туфопесчаники мелкозернистые серовато-зеленые – более 20 м.

Далее отложения срезаются разломами субмеридионального и субширотного направления, а также ограничиваются слабообнаженными участками. Мощность отложений более 430 м.

За разломом разрез наращивается, сохраняя характер и состав отложений. Здесь выделен 51 горизонт суммарной мощностью более 1500 м.

Характер и состав отложений верхней части песчаной толщи иллюстрируется изученным нами геологическим разрезом по руч. Осиновому (левому притоку р. Песчаной) (рис. 2). Здесь снизу обнажаются следующие пачки слоев:

1. Туфопесчаники зеленовато-серые и вишнево-серые – более 280 м.
2. Туфолавы порфировых андезибазальтов – 40 м.

3. Переслаивание зеленовато-серых и лиловых алевролитов – 220 м.
4. Конгломераты коричневатого-серые мелкогалечные – 20 м.
5. Туфоалевролиты белесые с лиловым и зеленым оттенком – 110 м.
6. Переслаивание зеленовато-серых и лиловых алевролитов с прослоями лиловых среднезернистых известковистых песчаников – 80 м.
7. Конгломераты светло-желтовато-коричневые мелкогалечные известковистые – 20 м.
8. Алевролиты зеленовато-серые известковистые с будинами (до 20 см) темно-серых известняков и единичными горизонтами (до 5–10 см) серых брекчированных известняков – 100 м.
9. Темно-вишневые миндалекаменные андезибазальтовые порфириты – 90 м.
10. Алевролиты зеленовато-серые – 20 м.
11. Известняки крупнообломочные – 10 м.
12. Песчаники серые грубозернистые кварцевые известковистые – 10 м.
13. Светло-серые серицит-хлоритовые сланцы по пепловому туфу – 50 м.
14. Туфопесчаники темно-вишневые – 20 м.
15. Алевролиты лилово-серые – 20 м.
16. Зеленовато-серые и лилово-серые крупнообломочные туфы порфировых андезибазальтов, в верхней части – с прослоями зеленовато-серых туфопесчаников и туфоалевролитов – 70 м.
17. Алевролиты зеленовато-серые – 90–100 м.
18. Светло-серые серицит-хлоритовые сланцы по пепловому туфу – 50 м.
19. Лилово-серые туфопесчаники – 10 м.
20. Переслаивание лиловых алевролитов и светло-серых серицит-хлоритовых сланцев по пепловому туфу – 90 м.
21. Светло-серые серицит-хлоритовые сланцы по пепловому туфу – 90 м.
22. Туфопесчаники темно-вишневого цвета – 40 м.
23. Серые крупнообломочные известняки – 6 м.

24. Лилово-серые крупнообломочные туфы порфировых андезибазальтов – 110 м.

25. Темно-серые пузыристые лавы порфировых андезибазальтов – 80 м.

26. Переслаивание алевролитов зеленовато-серых и лилово-серых – 70 м.

Мощность по разрезу превышает 1840 м

Мощность песчаной толщи – более 3500 м.

Петрохимические материалы по песчанской толще, собранные в процессе геологической съемки [4], проанализированы в работе [5]. По петрохимическим особенностям среди базальтоидов преобладают среднетитанистые (1,3 % TiO_2) лейкобазальты, в подчиненном количестве отмечаются андезиты и дациты. Породы характеризуются крайне низкой калиестью (0,12 % K_2O в лейкобазальтах), высоконатриевым уклоном ($Na_2O/K_2O=17$, при содержании Na_2O в лейкобазальтах 4,7%), высокой железистостью ($FeO^*/MgO=1,8-5$ в лейкобазальтах) низкой глиноземистостью (<16% Al_2O_3 в лейкобазальтах, <14 % Al_2O_3 в андезитах), что типично для толеитовых серий.

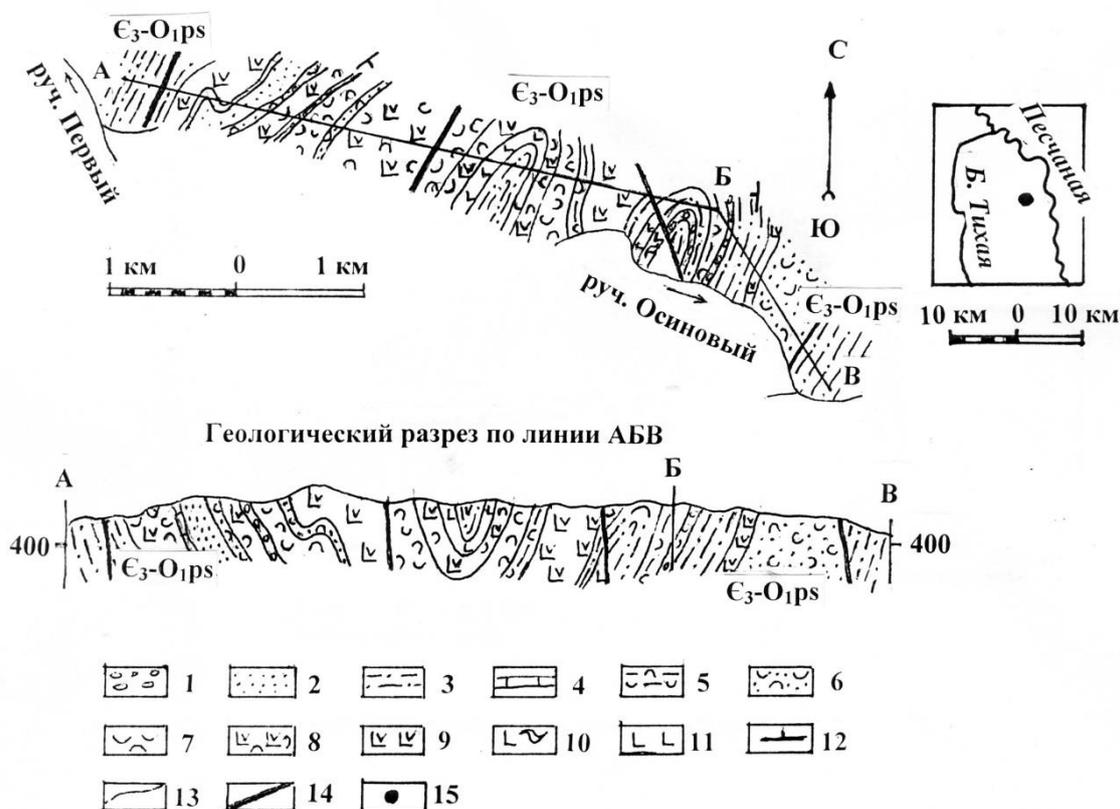


Рис. 2. Геологический разрез песчанской толщи по руч. Осинovому, левому притоку р. Песчаной:

1 – красноцветные и сероцветные мелкогалечные известковистые; 2 – переслаивание красноцветных песчаников, туфопесчаников, туфоалевролитов, пепловых туфов и алевролитов; 3 – переслаивание сероцветных и красноцветных алевролитов с прослоями известковистых алевролитов и пепловых туфов; 4 – горизонты обломочных известняков; 5 – пестроцветные туфоалевролиты; 6 – красноцветные туфопесчаники; 7 – переслаивание красноцветных алевролитов и серицит-хлоритовых сланцев по пепловым туфам; 8 – красноцветные крупнообломочные туфы андезибазальтов; 10 – туфолавы андезибазальтов; 11 – лавы базальтов; 12 – элементы залегания геологических тел; 13 – стратиграфически согласные границы; 14 – разломы; 15 – расположение разреза. Свита: O_1ps – песчанская толща.

По содержанию Ti, Zr (98 г/т), Y (34 г/т), Nb (4,5 г/т) базальтоиды близки к толеитам COX, однако высокие отношения FeO*/MgO содержания Sr (330 г/т) более характерны для пород островодужных серий. Отмечается сходство базальтоидов с вулканитами средне-позднекембрийскими орлиногорско-ариничевского и позднекембрийско-раннеордовикскими чебуринско-краснянского комплексов Салаира.

Песчанская толща классифицируется автором статьи как вулканогенно-терригенная (олистоостромо-вулканокластическая) дацит-андезитлейкобазальтовая ассоциация фаций, фиксирующая заключительную стадию развития островодужной системы.

Камлакская свита выделена В.Д. Ермиковым, Л.Л. Зейфертом, З.Е. Петруниной [6–8] и слагает ряд мелких грабенообразных структур по правому и левому берегам р. Катунь в районе поселков Камлак, Верх-Аноси, Усть-Муны в пределах Бийско-Катунского террейна. Отложения свиты представлены чередующимися пачками мелко-водно-морских и прибрежных пестроцветных терригенных (конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты) и карбонатных (известняки, часто глинистые, алевритистые и песчанистые) пород. Подошва свиты не вскрывается, западнее пос. Верх-Анос она с несогласием перекрывается отложениями верхнеануйской серии следующего этапа развития региона. В стратотипическом разрезе по р. Камлак снизу залегают следующие пачки слоев [6]:

1. Лиловые, лилово-серые и сургучно-красные алевролиты и аргиллиты в разной мере известковистые, участками с «плавающей» галькой темно-серых известняков и черных кварцитов, а также горизонтами (6–8 м) светло-серых, розово-серых известняков с остатками трилобитов: *Acrocephalina contracta* Petr., *Bilacunaspis* sp., *Proapatokephalops altaicus* Petr., *Lusampa cupoides* Petr., *Niobella altaiensis* Petr., *Sibiriopeltis eximius*

Petr. и др. В верхней части пачки появляются прослой серых тонкозернистых кварц-полевошпатовых песчаников, в кровле – пласт (2 м) мелкогалечных конгломератов с галькой яшмоидов и гранитов – более 120 м.

2. Грубое переслаивание серых, лилово-серых и пестроцветных алевролитов, алевропесчаников, разнозернистых кварц-полевошпатовых песчаников, мелко- и среднегалечных конгломератов с галькой кварцитов, порфиринов, кристаллических сланцев, гнейсов и известняков. В нижней части горизонт (34 м) светло-серых массивных известняков с прослоями, линзами лилово-красных известняков и остатками трилобитов *Niobella altaiensis* Petr., *Kaltykelina altaica* Petr., *Glaphurus kamlakianus* Petr., *Apatokephalus kamlakensis* Petr. и др., брахиопод *Apheortis vicina* (Walc.), *Finkelburgia* ex gr. *arbucklensiformis* Sev., *Nanorthis shoriensis* Sev. – 190 м.

3. Светло-серые массивные известняки в нижней части с линзами и прослоями (1–3 м) красноватых и бурых известняков с остатками трилобитов *Niobella altaiensis* Petr., *Kaltykelina altaica* Petr., *Glaphurus kamlakianus* Petr., *Amzasskiella mirabilis* Polet. и др. – 250 м.

4. Грубое переслаивание серых, красновато-серых разнозернистых песчаников, мелкогалечных конгломератов, редко прослой алевролитов – 123 м.

5. Сургучно-красные алевролиты и аргиллиты – 170 м.

6. Мелко- и среднегалечные конгломераты, гравелиты песчаники, редко линзы красновато-серых известняков с обломками трилобитов и брахиопод – 115–170 м.

7. Алевролиты и аргиллиты сургучно-красные, в кровле зеленовато-серые с прослоями песчаников и известняков. В алевролитах найдены хитинозои *Desmochitina minorerinaea* Eisenack – более 220 м.

8. Мелко-среднегалечные конгломераты, в средней части прослой известняка с остатками трилобитов *Euloma shorica*

Petr., *Shumardia pusillina* Polet., *Kaltykelina* sp., *Apatokephalus* ex gr. *serratus* (Sars.), *Glaphurus* sp., *Amzasskiella mirabilis* Polet. и др. – 35 м.

9. Сургучно-красные алевролиты и аргиллиты в верхней части с линзами и прослоями зелено-серых песчаников, красноцветных «желваковых» известняков, черных и серых глинистых известняков, желтовато-серых алевролитов с остатками граптолитов *Bryograptus* aff. *ramosus* Brugger, *B.* aff. *kjerulfi* Lapworth, *Triograptus osloensis* Mons, *Aletograptus hyperboreus* Obut et Sob. и др., трилобитов *Apatokephalus* ex gr. *serratus* (Sars.), *Kaltykelina gracilis* Petrun., *Amzasskiella mirabilis* Polet., *Hysterolenus verus* Petr. и др. – 373 м.

10. Мелко- и среднегалечные конгломераты – 330 м.

11. Серые, зеленовато-серые разнозернистые полимиктовые песчаники – более 30 м.

Мощность свиты по разрезу составляет более 2000 м.

Сходный характер отложений установлен в тектонических блоках в районе пос. Верх-Анос. Ранее отложения данного участка рассматривались в составе вулканогенно-осадочной агайринской свиты [9]. В последние годы установлено, что вулканогенные образования тектонически совмещены с отложениями тремадока и относятся к онгудайской свите девона [10].

Камлакская свита подразделяется на три подсвиты [9]: нижнюю – по многочисленным находкам трилобитов отнесенную к добринскому горизонту, среднюю – по трилобитам и брахиоподам коррелируемую с нижней частью таянзинского горизонта и верхнюю – по трилобитам, брахиоподам и граптолитам, сопоставляемую с верхней частью таянзинского горизонта [7, 11]. Органические остатки датируют отложения камлакской свиты тремадокским веком (добринское и таянзинское время по региональной шкале), что позволяет сопоставлять их с отложениями чойской и

ишпинской свит Кебезенского блока Уйменско-Лебедской структурно-фациальной зоны. Палентологическое изучение камлакской свиты позволило надежно обосновывают возраст как таянзинский и добринский горизонт верхнего кембрия и такошинский горизонт тремадокского яруса.

Засурьинская свита выделена О.П. Горяиновой в 1956 г. по р. Засурья, правому притоку р. Чарыш [12]. В последние годы засурьинская свита рассматривается в качестве серии [13] в Талицком блоке, охватывающей глубоководные отложения ордовика.

Базальтово-кремнисто-терригенная засурьинская свита выделена и закартирована в пределах Чарышско-Инского, Талицкого блоков Ануйско-Чуйского террейна. Она сложена сургучно-красными и зелеными кремнистыми породами, кремнистыми аргиллитами, гематитовыми яшмоидами, пестроцветными песчаниками, пиллоу-лавами вариолитовых, афировых, реже пироксеновых, плагиоклазовых и пироксен-плагиоклазовых порфировых базальтов, их туфами. В состав магматической ассоциации засурьинской свиты входят дайки габбро и габбро-диабазов. Мощность отложений превышает 1000 м. В кремнистых образованиях засурьинской свиты установлен комплекс конодонтов позднекембрийского (*Proconodontus muelleri* Miller, *Cambrooisto dusminutus* Miller и др.) и флойского яруса (*Oepicodusevae* Lindstrom и др.) [14].

Изучение химического состава пяти образцов магматических пород засурьинской свиты [15, 16] позволило выделить базальты океанических островов (БОО) и базальты срединноокеанических хребтов (БСОХ). Петрохимия главных элементов позволяет отнести изученные базальтоиды к толеитовому типу: точки составов попадают в поле базальтов, высокожелезистых толеитов, высокомагнезиальных толеитов на диаграмме Al_2O_3 - FeO^* - TiO_2 - MgO ; в поле MORB и в поле базальтов океанических

островов на диаграмме $MnO-TiO_2-P_2O_5$ [17]. В целом, по содержанию породообразующих компонентов засурийские базальтоиды близки к гавайским [18]. По геохимии редких и редкоземельных элементов породы засурийской свиты имеют характеристики, промежуточные между БСОХ и БОО. На диаграмме $Th-Nf/3-Ta$ [17] точки составов базальтов попадают в поле N-MORB и поле внутриплитных толеитов, E-MORB и в переходную область между полями внутриплитных толеитов и внутриплитных щелочных базальтов. Спайдер-диаграммы распределения содержаний редких элементов близки к кривой средних содержаний в БСОХ и БОО. Изученные базальтоиды засурийской свиты характеризуются высоким уровнем содержаний редкоземельных элементов в 20–150 раз превышающих хондритовые. По степени дифференциации РЗЭ выделены три типа пород: $La/Yb=1$ (БСОХ), $La/Yb=6$, $La/Yb=11$ и 16. Кривые РЗЭ пород засурийской свиты и базальтов Гонолулу и Каула из Гавайской системы океанических островов близки по форме и по уровню содержаний. Это позволяет рассматривать вулканогенно-кремнисто-терригенный фациальный комплекс как фрагмент позднекембрийской-раннеордовикской океанической коры [15, 16]. С учетом того, что базальты занимают резко подчиненное положение в разрезе, а терригенные породы преобладают в ее составе, можно считать, что образование засурийской свиты происходило в пределах океанического желоба.

Заключение

В настоящее время признанием у многих геологов пользуется тектоника литосферных плит, разработанная Б. Изаксом, Дж. Оливером, Л.Р. Майксом, З. Ле Тимоном, У.Дж. Морганом [19]. Наши выводы сделаны на теоретической основе этой гипотезы и по результатам ее практического применения многими исследователями, изучавшими

геологическое строение Горного Алтая в 1980–2020 гг.

Диагностическими для островодужного этапа являются вулканогенные толщи. В системе Горноалтаской островной дуги выделялись поздневендско-раннекембрийская аккреционная призма, состоящая из субдукционного коллажа террейнов: офиолитов, океанических островов и поднятий; поздневендская примитивная островная дуга; кембрийская нормальная островная дуга и преддуговой и задуговой бассейны.

Вулканизм проявился в венде – среднем кембрии практически непрерывно и кратковременно – верхнем кембрии-тремадоке. Второй уровень вулканизма связывается с подновлением Салаирской и Горноалтайской островных дуг [20]. В северо-западной части Горного Алтая на этом уровне обосновано выделение образований океанической коры (засурийской свиты) [21]. В зоне сочленения Ануйско-Чуйского и Бийско-Катунского террейнов формировались отложения песчаной толщи с проявлением островодужного дацит-андезит-лейкобазальтового вулканизма. В это время кратковременно существовала островная суша, представлявшая собой вулканические острова. Однако подводные излияния преобладали. Широкое развитие красноцветности (до 20% разреза) позволяет предполагать небольшие глубины морского бассейна. Движения сопровождались метаморфизмом образовавшихся пород. К этому времени может быть отнесено формирование значительной части метаморфитов и мигматит-плаггиогранитов Кебезенского блока, а также зеленых сланцев по вулканитам сарысазского, манжерокского и усть-семинского уровней [22]. Интенсивная деформация палеоостроводужной системы и задуговых бассейнов при ведущей роли сдвигов, начавшаяся во второй половине кембрия, продолжалась и в послекембрийское время [23]. В результате косо́й субдукции в конце тремадокского вре-

мени островная дуга прекратила свое существование.

Сравнительный анализ древних и современных океанических структур свидетельствуют о том, что на венд-кембрийском этапе геодинамические процессы развития Палеоазиатского океана были практически аналогичны процессам, ответственным за современное состояние геологических структур западной части Тихого океана [24]. Энсиматическая природа островодужной системы подтверждается преимущественно натровой специализацией базальтов и андезибазальтовпесчанкой толщи и кембрийских вулканогенных свит. В пользу энсиматического характера островодужной системы свидетельствует ассоциация с габбро-плагиогранитовой формацией (Саракочинским комплексом).

Мы рассмотрели Горноалтайскую островную дугу с позиций тектоники плит. Но существует и имеет сторонников геосинклинальная гипотеза. Попытка объединить тектонику плит с геосинклинальной гипотезой, предпринятая В.Е. Хаиным [19], была неудачной. Геосинклинальная гипотеза, служившая более ста лет основной теоретической базой геологии и прежде всего удобным каркасом для систематизации региональных данных, перестала отвечать новым задачам. Она уступила место мобилистской концепции. Выделение В.В. Волковым Горноалтайской островной

дуги произведено с позиций фиксизма [2, 25]. Им «признается большое значение горизонтальных тектонических движений и наличие чешуйчатонадвиговых зон в Горном Алтае. Но им придается в целом роль второстепенных факторов, осложняющих первичную блоковую структуру региона. Особое значение при такой трактовке отводится латеральным переходам и подводным магматическим каналам (дайковые серии и т.д.)» [1]. По мнению В.В. Волкова «тектоническое развитие Алтае-Саянской области в составе Палеоазиатского океана по схемам плитной тектоники находит обоснованное возражение со стороны региональных данных, полученных в результате государственной программы геологической съемки 50–70-х годов прошлого века» [26]. Следует заметить, что геологические съемки того времени в большинстве своем были некондиционными. Несмотря на спорность, противоречивость и слабую обоснованность стратиграфической основы составленные карты масштаба 1:200 000 первого поколения отражали основные черты геологического строения Горного Алтая. В последующие годы шла детализация геологических структур и внесение изменений в геологические карты в связи со сменой теоретических представлений, замены геосинклинальной гипотезы на более обоснованную гипотезу тектоники литосферных плит.

Список литературы

1. Геология и тектоника Горного Алтая: Путеводитель экскурсии Всесоюз. совещания "Геодинамика, структура и металлогения складчатых сооружений Юга Сибири". – Новосибирск: Изд.ОИГГМ СО АН СССР, 1991. – 70 с.
2. Волков В.В. Основные закономерности геологического развития Горного Алтая. – Новосибирск: Наука, 1966. – 161 с.
3. Геологическое строения и полезные ископаемые бассейна р. Саракочши и верховьев р. Би. Отчет Кебезенской партии по геолого-съёмочным работам (м-б 1 : 50 000 в пределах листов N-45-138-Г, М-45-6-Б, В, Г, М-45-7-А, В за 1977-1981 гг.). / Сост. В.Н. Коржнев, М.А. Якупов, В.В. Данилов и др. // Росгеолфонд, центральное фондохранилище. – Новокузнецк, 1982. – Т. 1–4.
4. Геологическое строение и полезные ископаемые северо-восточной части Ануйско-Чуйского синклиория. Отчет Куяганской партии по групповой геологической

съемке (м-б 1 : 50 000 в пределах листов М-45-2-В, Г (в, г), М-45 3-А, В (а, б), М-45-14-А, Б и геологическому доизучению площадей в пределах листов М-45-2-А, Б, Г (а, б) за 1982-86 гг.) / Сост. В.Н. Коржнев, М.А. Якупов, В.В. Данилов и др. // Росгеолфонд, центральное фондохранилище. – Ф. ФУГУП ГАПСЭ, 1986. – Т. 1–4.

5. Геологическое строение и полезные ископаемые междуречья Ануй – Катунь в северной части Горного Алтая. Отчёт Катунской съёмочной партии по составлению и подготовке к изданию Государственной геологической карты (масштаба 1 : 200 000 в пределах листов М-45-1, М-45-11 за 1994–2001 гг.) / Сост. В. А. Кривчиков, П. Ф. Селин, Г. Г. Русанов и др. // Росгеолфонд, центральное фондохранилище. – Ф. ФГУП ГАПСЭ, 2001. – 348 с.

6. Ермиков В.Д., Зейферт Л.Л., Петрунина З.Е. и др. Тремадок северной части Горного Алтая // Геология геофизика. – 1979. – № 11. – С. 123–128.

7. Сенников Н.В., Ермиков В.Д., Петрунина З.Е. и др. О возрасте базальных горизонтов ордовикско-среднедевонского комплекса северо-западного Алтая // Геология и геофизика. – 1982. – № 8. – С. 56–61.

8. Петрунина З.Е., Сенников Н.В., Ермиков В.Д. и др. Стратиграфия нижнего ордовика Горного Алтая // Стратиграфия и фауна нижнего ордовика Горного Алтая. – М.: Наука, 1984. – С. 3–33.

9. Геологическое строение и полезные ископаемые. Отчет Едиганской партии по геолого-съёмочным работам (м-б 1: 50 000 в пределах листов М-45-16 В, Г и М-45-28-А, Б за 1973-1977 гг.) / Сост. Л.Л. Зейферт, А.Н. Емельянов, Ю.С. Носков и др. // Росгеолфонд, центральное фондохранилище. – ТФ КТФГИ, 1979. – Т. 1-3.

10. Туркин Ю.А., Федак С.И. Геология и структурно-вещественные комплексы Горного Алтая. – Томск, 2008. – 460 с.

11. Петрунина З.Е. Трилобиты и биостратиграфия тремадока западной части Саяно-Алтайской горной области: автореф. канд. дис. геол.-минерал. наук. – Алма-Ата, 1966. – 30 с.

12. Тихонов В.И. К стратиграфии «ануйско-чуйской» и «зелено-фиолетовой» формаций Причарышского Алтая // Тр. ВАГТ. – 1956. – Вып. 2. – С. 25–37.

13. Сенников Н.В., Обут О.Т., Изох Н.Г. и др. Региональная стратиграфическая схема ордовикских отложений западной части Алтае-Саянской складчатой области (новая версия) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2018. – № 7. – С. 15–53.

14. Ивата К., Сенников Н.В., Буслов М.М. и др. Верхнекембрийский-раннеордовикский возраст базальтово-кремнисто-терригенной засурьинской свиты (северо-западная часть Горного Алтая) // Геология и геофизика. – 1997. – Т. 38. – № 9. – С. 1427–1444.

15. Буслов М.М., Сенников Н.В., Ивата К. и др. Новые данные о строении и возрасте олистостромовой и песчано-алевролитовой толщ горноалтайской серии на юго-востоке Ануйско-Чуйской зоны Горного Алтая // Геология и геофизика. – 1998. – Т. 39. – № 6. – С. 789–798.

16. Буслов М.М., Сафонов И.Ю., Бобров В.А. Экзотический терреин позднекембрийско-раннеордовикской океанической коры в северо-западной части Горного Алтая (засурьинская свита): структурное положение и геохимия // Докл. АН. – 1999. – Т. 368. – № 5. – С. 650–654.

17. Rollinson H.R. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. – Longman Group UK Ltd., 1993. – P. 352.

18. Garcia M.O., Frey F.A., Grooms D.G. Petrology of volcanic rocks from Kaula Island, Hawaii: implications for the origin of Hawaiian hornoliths // Contr. Miner. Petrol. – 1986. – Vol. 94. – P. 461–471

19. Хаин В.Е. Основные проблемы современной геологии. – М.: Научный мир, 2003. – 348 с.

20. Диденко А.Н., Моссаковский А.А., Печерский Д.М. и др. Геодинамика палеозойских океанов центральной Азии // Геология и геофизика. – 1994. – Т. 35. – № 7–8. – С. 59–87.

21. Буслов М.М., Фудживара И., Сафонова И.Ю. и др. Строение и эволюция зоны сочленения террейнов Рудного и Горного Алтая // Геология и геофизика. – 2000. – Т.41. – № 3. – С. 383–397.

22. Туркин Ю.А., Федак С.И., Коржнев В.Н. О возрасте Кебезенского метаморфического комплекса // Актуальные вопросы геологии и географии Сибири. Т.1. – Томск: Изд-во ТГУ, 1998. – С.160–161.

23. Берзин Н.А. Тектоника Южной Сибири и горизонтальные движения континентальной коры: автореф... дис... д. г.-м. н. – Новосибирск, 1995. – 51 с.

24. Добрецов Н.Л., Симонов В.А., Буслов М.М. Палеоазиатский и Тихий океаны: сравнительный анализ магматизма и геодинамики // Эволюция тектонических процессов в истории Земли. Т. 1. – Новосибирск: Изд-во СО РАН Филиал «Гео», 2004. – С. 150–152.

25. Добрецов Н.Л., Буслов М.М., Сафронова И.Ю., Кох Д.А. Фрагменты океанических островов в структуре Курайского и Катунского аккреционных клиньев Горного Алтая // Геология и геофизика. – 2004. – Т. 45. – № 12. – С. 1381–1403.

26. Волков В.В. Проблемы плитной тектоники в региональной геологии Алтае-Саянской области // Региональная геология и металлогения. – 2013. – № 54 – С. 38-44.

References

1. Geologiya i tektonika Gornogo Altaya: Putevoditel' ekskursii Vsesoyuz. soveshchaniya "Geodinamika, struktura i metallogeniya skladchatyh sooruzhenij YUGa Sibiri». – Novosibirsk: Izd.OIGGM SO AN SSSR, 1991. – 70 s.

2. Volkov V.V. Osnovnye zakonomernosti geologicheskogo razvitiya Gornogo Altaya. – Novosibirsk: Nauka, 1966. – 161 s.

3. Geologicheskoe stroeniya i poleznye iskopaemye bassejna r. Sarakokshi i verhov'ev r. Bii. Otchet Kebezenskoy partii po geologo-s"emochnym rabotam (m-b 1 : 50 000 v predelah listov N-45-138-G, M-45-6-B, V, G, M-45-7-A, V za 1977-1981 gg.). / Sost. V.N. Korzhnev, M.A. Yakupov, V.V. Danilov i dr. // Rosgeolfond, central'noe fondohranilishche. – Novokuzneck, 1982. – Т. 1–4.

4. Geologicheskoe stroenie i poleznye iskopaemye severo-vostochnoj chasti Anujsko-CHujского синклинория. Otchet Kuyaganskoj partii po gruppovoj geologicheskoy s"emke (m-b 1 : 50 000 v predelah listov M-45-2-V, G (v, g), M-45 3-A, V (a, b), M-45-14-A, B i geologicheskomu doizucheniyu ploshchadej v predelah listov M-45-2-A, B, G (a, b) za 1982-86 gg.) / Sost. V.N. Korzhnev, M.A. Yakupov, V.V. Danilov i dr. // Rosgeolfond, central'noe fondohranilishche. – F. FUGUP GAPSE, 1986. – Т. 1–4.

5. Geologicheskoe stroenie i poleznye iskopaemye mezhdurech'ya Anuj – Katun' v severnoj chasti Gornogo Altaya. Otchyot Katun'skoj s"yomochnoj partii po sostavleniyu i podgotovke k izdaniyu Gosudarstvennoj geologicheskoy karty (masshtaba 1 : 200 000 v predelah listov M?45?I, M?45?II za 1994?2001 gg.) / Sost. V. A. Krivchikov, P. F. Selin, G. G. Rusanov i dr. // Rosgeolfond, central'noe fondohranilishche. – F. FGUP GAPSE, 2001. – 348 s.

6. Ermikov V.D., Zejfert L.L., Petrunina Z.E. i dr. Tremadok severnoj chasti Gornogo Altaya // Geologiya i geoфизика. – 1979. – № 11. – S. 123–128.

7. Sennikov N.V., Ermikov V.D., Petrunina Z.E. i dr. O vozraste bazal'nyh gorizontov ordoviksko-srednedevonskogo kompleksa severo-zapadnogo Altaya // *Geologiya i geofizika*. – 1982. – № 8. – S. 56–61.
8. Petrunina Z.E., Sennikov N.V., Ermikov V.D. i dr. Stratigrafiya nizhnego ordovika Gornogo Altaya // *Stratigrafiya i fauna nizhnego ordovika Gornogo Altaya*. – M.: Nauka, 1984. – S. 3–33.
9. Geologicheskoe stroenie i poleznye iskopaemye. Otchet Ediganskoj partii po geologo-s"emochnym rabotam (m-b 1: 50 000 v predelakh listov M-45-16 V, G i M-45-28-A, B za 1973-1977 gg.) / Sost. L.L. Zejfert, A.N. Emel'yanov, YU.S. Noskov i dr. // Rosgeolfond, central'noe fondohranilishche. – TF KTFGI, 1979. – T. 1-3.
10. Turkin YU.A., Fedak S.I. *Geologiya i strukturno-veshchestvennye komplekсы Gornogo Altaya*. – Tomsk, 2008. – 460 s.
11. Petrunina Z.E. Trilobity i biostratigrafiya tremadoka zapadnoj chasti Sayano-Altajskoj gornoj oblasti: avtoref. kand. dis. geol.-mineral. nauk. – Alma-Ata, 1966. – 30 s.
12. Tihonov V.I. K stratigrafii «anujsko-chujskoj» i «zeleno-fioletovoj» formacij Pricharyshskogo Altaya // *Tr. VAGT*. – 1956. – Vyp. 2. – S. 25–37.
13. Sennikov N.V., Obut O.T., Izoh N.G. i dr. Regional'naya stratigraficheskaya skhema ordovikskih otlozhenij zapadnoj chasti Altae-Sayanskoj skladchatoj oblasti (novaya versiya) // *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri*. – 2018. – № 7. – S. 15–53.
14. Ivata K., Sennikov N.V., Buslov M.M. i dr. Verhnekembrijskij-ranneordovikskij vozrast bazal'tovo-kremnisto-terrigennoj zasur'inskoj svity (severo-zapadnaya chast' Gornogo Altaya) // *Geologiya i geofizika*. – 1997. – T. 38. – № 9. – S. 1427–1444.
15. Buslov M.M., Sennikov N.V., Ivata K. i dr. Novye dannye o stroenii i vozraste olistostromovoj i peschano-alevrolitovoj tolshch gornoaltajskoj serii na yugo-vostoke Anujsko-CHujskoj zony Gornogo Altaya // *Geologiya i geofizika*. – 1998. – T. 39. – № 6. – S. 789–798.
16. Buslov M.M., Safonov I.YU., Bobrov V.A. Ekzoticheskij terrejn pozdnekembrijsko-ranneordovikskoj okeanicheskoj kory v severo-zapadnoj chasti Gornogo Altaya (zasur'inskaya svita): strukturnoe polozhenie i geohimiya // *Dokl. AN*. – 1999. – T. 368. – № 5. – S. 650–654.
17. Rollinson H.R. *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*. – Longman Group UK Ltd., 1993. – R. 352.
18. Garcia M.O., Frey F.A., Grooms D.G. Petrology of volcanic rocks from Kaula Island, Hawaii: implications for the origin of Hawaiian hronoliths // *Contr. Miner. Petrol.* – 1986. – Vol. 94. – R. 461–471
19. Hain V.E. *Osnovnye problemy sovremennoj geologii*. – M.: Nauchnyj mir, 2003. – 348 s.
20. Didenko A.N., Mossakovskij A.A., Pecherskij D.M. i dr. Geodinamika paleozojskih okeanov central'noj Azii // *Geologiya i geofizika*. – 1994. – T. 35. – № 7–8. – S. 59–87.
21. Buslov M.M., Fudzhivara I., Safonova I.YU. i dr. Stroenie i evolyuciya zony sochleneniya terrejnov Rudnogo i Gornogo Altaya // *Geologiya i geofizika*. – 2000. – T.41. – № 3. – S. 383–397.
22. Turkin YU.A., Fedak S.I., Korzhnev V.N. O vozraste Kebezenskogo metamorficheskogo kompleksa // *Aktual'nye voprosy geologii i geografii Sibiri*. T.1. – Tomsk: Izd-vo TGU, 1998. – S.160–161.
23. Berzin N.A. *Tektonika YUzhnoj Sibiri i gorizontal'nye dvizheniya kontinental'noj kory: avtoref... dis... d. g.-m. n.* – Novosibirsk, 1995. – 51 s.
24. Dobrecov N.L., Simonov V.A., Buslov M.M. *Paleoaziatskij i Tihij okeany: sravnitel'nyj analiz magmatizma i geodinamiki* // *Evolyuciya tektonicheskikh processov v istorii Zemli*. T. 1. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN Filial «Geo», 2004. – S. 150–152.

25. Dobrecov N.L., Buslov M.M., Safronova I.YU., Koh D.A. Fragmenty okeanicheskikh ostrovov v strukture Kurajnskogo i Katunskogo akkrecionnykh klin'ev Gornogo Altaya // Geologiya i geofizika. – 2004. – T. 45. – № 12. – S. 1381–1403.

26. Volkov V.V. Problemy plitnoj tektoniki v regional'noj geologii Altae-Sayanskoj oblasti // Regional'naya geologiya i metallogeniya. – 2013. – № 54 – S. 38-44.

THE FINAL STAGE OF THE DEVELOPMENT OF THE ISLAND-ARC SYSTEM OF THE ALTAI MOUNTAINS

V. N. Korzhnev

Altai State Humanitarian and Pedagogical University named after V. M. Shukshin, Biisk,

E-mail: viktorkorzhnev@mail.ru

In the area of the junction of the Anui-Chui and Biysk-Katun zones, deposits of the sandy strata were formed and for a short time there was an island land, which was volcanic islands. Underwater outpourings prevailed. The wide development of red color allows us to assume small depths of the marine basin. The ensimatic nature of the island-arc system is confirmed mainly by the natural specialization of basalts and andesibasalts of the sandy strata. The late-arc stage ended with the metamorphism of previously formed complexes. As a result of oblique subduction at the end of the Tremadocian time, the island arc ceased to exist.

Keywords: stratigraphy, Upper Cambrian-tremadoc, island-arc volcanism, paleogeography, Gorny Altai.

Received May 9, 2021

Раздел 3

ЭКОЛОГИЯ. ФЛОРА. ФАУНА

Section 3

ECOLOGY. FLORA. FAUNA

УДК 574.587:57.044

НОВЫЕ ДАННЫЕ О МАКРОЗООБЕНТОСЕ САПРОПЕЛЕВЫХ ОЗЕР ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

О.Н. Вдовина, Д.М. Безматерных

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул,
E-mail: olgazhukova1984@yandex.ru, bezmater@iwep.ru

В 2019 г. исследованы состав и структура сообществ донных беспозвоночных 7 сапропелевых озер Томской области (Западная Сибирь): Лайское-1, Лайское-3, Малое Щучье, Круглое (Самусь), Щучье Базовое, Щучье (севернее с. Красный Яр), Яково. Донная фауна озер включает 32 вида донных беспозвоночных из 4 классов: *Demospongiae* (1), *Oligochaeta* (4), *Bivalvia* (1), *Insecta* (26). Выявлены доминирующие виды, определена численность и биомасса бентоса в прибрежных и центральных зонах озер. По численности, биомассе и частоте встречаемости доминировали личинки двукрылых из семейства *Chironomidae*. Исследованные озера характеризовались низким уровнем видового разнообразия, численности и биомассы сообществ макробеспозвоночных. По показателям биомассы зообентоса большинство озер относились к ультраолиготрофным и олиготрофным типам водоемов.

Ключевые слова: донные макробеспозвоночные, гидрофауна, водоемы, тайга, Западная Сибирь.

DOI: 10.24412/2410-1192-16107

Дата поступления 19.04.2021

Россия обладает уникальными запасами сапропелевого сырья, которые оцениваются по различным источникам от 38 до 250 млрд м³ [1], однако их изученность находится на уровне около 2%. В результате современных технологических решений, позволяющих высокоэффективно использовать сапропели, а также жидкие и твердые продукты их переработки в различных отраслях экономики, снова возрос интерес к его использованию, в том числе за счет месторождений Западной Сибири [2]. Сапропели образуются в анаэробных условиях в результате физико-химических и биологических преобразований отмерших гидробионтов при различной степени участия

минеральных и органических компонентов, которые активно взаимодействуют друг с другом [3, 4]. Вещественный состав сапропелей может иметь серьезные различия в зависимости от его происхождения, органическая часть отличается в первую очередь соотношением биологического вклада различных организмов в формировании отложений [5, 6]. Донные беспозвоночные, наряду с другими гидробионтами, служат исходным материалом для образования сапропеля. Изучение состава и структуры зообентоса необходимо для понимания процессов, происходящих в водоемах, а также для создания научной основы их рационального использования.

Материал и методика исследований

26.07–02.08.2019 г. в рамках комплексной лимнологической экспедиции ИВЭП СО РАН исследованы сообщества донных беспозвоночных семи малых озер таёжной зоны Томской области: Лайское-1, Лайское-3, Малое Щучье, Круглое (Самусь), Щучье Базовое, Щучье (севернее с. Красный Яр) и Яково (табл. 1). Материал для исследований отбирали и обрабатывали по стандартным методикам [7]: качественные сборы проводили сачком или скребком, количественные – штанговым дночерпателем ГР 91 с площадью захвата 0,007 м² (по 2 повторности). Всего отобрано и проанализировано 32 количественные и 3 качественные пробы макрозообентоса. Идентификацию таксономического состава макрозообентоса проводили по «Определителю пресноводных беспозвоночных России» [9]. Уровень трофности озер определяли по шкале С.П. Китаева [10]. Доминирующие виды устанавливали по частоте встречаемости [11]. При сравнении видового состава использовали «попарные меры

включения» [12]. Статистическая обработка материала проведена с помощью компьютерной программы MS Excel-2013.

Результаты и их обсуждение

Оз. Лайское-1 характеризовалось невысоким видовым разнообразием макробеспозвоночных, обнаружено 9 видов гидробионтов из 4 таксономических групп: 4 вида хирономид, по 2 вида стрекоз и ручейников, 1 вид большекрылок (табл. 2). Озеро характеризовалось низким видовым разнообразием донных беспозвоночных (от 0 до 2 видов в пробе), индекс Шеннона изменялся от 0 до 0,5 бит/экз. По численности, биомассе и частоте встречаемости доминировали личинки сем. Chironomidae. Значения численности зообентоса на разных участках озера изменялись в пределах 0–0,85 тыс. экз./м², биомассы – 0–0,77 г/м² (табл. 3). Продуктивность донных зооценозов колебалась от «самой низкой» до «очень низкой», что соответствовало олиготрофному типу водоемов.

Таблица 1

Условия отбора проб на исследованных в 2019 г. озерах (с использованием данных [8])

Озеро	Координаты	Даты	Площадь, км ²	Глубина, м	Донные отложения
1. Лайское-1	57.304436С, 84.443375В	29.07	0,58	3,9	заиленный песок, торф
2. Лайское-3	57.341418С, 84.480508В	30.07	0,38	3,0	черный плотный ил, жидкий ил с детритом
3. Малое Щучье	57.270924С, 84.235180В	31.07	0,15	2,8	жирный коричневый ил, торф
4. Круглое	56.450549С, 84.424538В	26.07	0,21	4,4	жидкий ил, ил с детритом
5. Щучье Базовое	57.234078С, 84.495496В	27.07	1,35	2,0	песок с наилком, песок, торф, песок с наилком
6. Щучье	57.131360С, 84.270815В	02.08	0,35	2,0	торф с илом, торф, мох, ил
7. Яково	56.452299С, 84.460637В	26.07	0,84	6,5	торф с наилком, жидкий бурый ил, белый песок

Таблица 2

Таксономический состав макрозообентоса исследованных озер в 2019 г.

Таксоны	Озера						
	Лайское-1	Лайское-3	Малое Щучье	Круглое	Щучье базовое	Щучье	Яково
<i>Tun Porifera</i>							
Класс Demospongiae							
<u>Сем. Spongillidae</u>							
Spongillidae ind.				+			
<i>Tun Annelida</i>							
Класс Oligochaeta							
<u>Сем. Naididae</u>							
<i>Chaetogaster</i> sp.				+			
<u>Сем. Tubificidae</u>							
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparède				+			+
<i>Tubifex tubifex</i> (O.F. Müller)					+		
<i>Spirosperma ferox</i> Eisen					+		
<i>Tun Mollusca</i>							
Класс Bivalvia							
<u>Сем. Sphaeriidae</u>							
<i>Euglesa</i> sp.				+			+
Класс Insecta							
Отряд Odonata							
<u>Сем. Coenagrionidae</u>							
<i>Coenagrion pulchellum</i> (Vander Linden)	+						
<u>Сем. Corduliidae</u>							
<i>Somatochlora</i> sp.	+						
Отряд Trichoptera							
<u>Сем. Molannidae</u>							
<i>Molanna albicans</i> (Zetterstedt)	+						
<u>Сем. Polycentropodidae</u>							
<i>Neureclipsis bimaculata</i> (L.)	+						
Отряд Megaloptera							
<i>Sialis</i> sp.	+						
Отряд Diptera							
<u>Сем. Ceratopogonidae</u>							
<i>Palpomyia (P) lineata</i> (Meigen)					+		
<u>Сем. Chaoboridae</u>							
<i>Chaoborus flavicans</i> (Meigen)		+	+				+
<u>Сем. Chironomidae</u>							
<i>Ablabesmyia</i> sp.	+						
<i>Acricotopus lucens</i> (Zetterstedt)					+		

Таксоны	Озера						
	Лайское-1	Лайское-3	Малое Щучье	Круглое	Щучье базовое	Щучье	Яково
<i>Chironomus gr. plumosus</i>			+	+			
<i>Ch. sp.</i>	+				+	+	+
<i>Cladotanytarsus mansus</i> (Walker)			+				
<i>Cladotanytarsus sp.</i>					+		
<i>Cricotopus tibialis</i> (Meigen)				+			
<i>Cryptochironomus defectus</i> (Kieffer)					+		
<i>Dicrotendipes nervosus</i> (Staeger)					+		
<i>Endochironomus albipennis</i> (Meigen)							+
<i>Glyptotendipes paripes</i> (Edwards)						+	
<i>Polypedilum cf. litofiles</i> Akhrorov							+
<i>P. nubeculosum</i> (Meigen)					+		
<i>P. scalaenum</i> (Schrank)					+		
<i>Procladius (H.) ferrugineus</i> Kiffer			+	+	+	+	+
<i>Psectrocladius nevalis</i> Akhrorov	+						
<i>Stictochironomus crassiforceps</i> (Kieffer)	+						
<i>Tanytarsus medius</i> Reiss et Fittkau				+			+
<i>Zalutschia zalutschicola</i> Lipina					+		
Всего видов	9	1	4	8	12	4	7

Уровень развития зообентоса озера Лайское-3 низкий, в составе зообентоса выявлен всего один вид беспозвоночных из семейства хаборид *Chaoborus flavicans* (Meigen). В озере отмечены низкие значения численности (0–0,14 тыс. экз./м²) и биомассы (0–0,28 г/м²) донных сообществ. Продуктивность донных зооценозов «самая низкая», что соответствовало ультраолиготрофному типу водоемов.

В бентосе оз. Малое Щучье обнаружено 4 вида гидробионтов из отряда двукрылых (3 вида хирономид и 1 вид хаборид). Видовое богатство зообентоса было низким (от 0 до 2 видов в пробе), индекс Шеннона 0–0,5 бит/экз. Чаще остальных отмечен вид *Chaoborus flavicans* (Meigen). Уровень развития зообентоса озера также был невысоким, численность донных беспозвоночных варьировала в пределах 0–0,28 тыс. экз./м², биомасса – 0–0,7 г/м² и только на илах биомасса достигала 1,28 г/м² за счет присутствия крупных личинок

хирономид *Chironomus gr. plumosus*. Продуктивность донных зооценозов менялась от «самой низкой» до «низкой», что характерно для ультраолиготрофных и бетаолиготрофных водоемов.

Среди донных беспозвоночных оз. Круглое (Самусь) выявлено 8 видов из 4 таксономических групп (4 вида хирономид, 2 вида олигохет и по 1 виду моллюсков и губок). Уровень видового разнообразия низкий (от 1 до 4 видов в пробе), индекс Шеннона 0–1,35 бит/экз. Значения численности зообентоса в озере изменялись в пределах 0,14–1,57 тыс. экз./м², биомассы – 0,28–2,71 г/м². По численности и биомассе доминировали личинки комаров сем. Chironomidae. Продуктивность донных зооценозов на различных участках озера колебалась от «самой низкой» до «умеренной», что соответствует ультраолиготрофному – альфа-мезотрофному типам водоемов.

Таблица 3

Основные характеристики макрозообентоса исследованных озер в 2019 г.

Озеро	Число видов	Индекс Шеннона	Численность, тыс. экз./м ²		Биомасса, г/м ²	
			литораль	профундаль	литораль	профундаль
Лайское-1	9	0,00–0,50	0,00–0,85	-	0,00–0,77	-
Лайское-3	1	0,00	0,00–14,0	0,00	0,00–0,28	0,00
Малое Щучье	4	0,00–0,50	0,00–0,28	0,28–0,42	0,00–0,15	0,71–1,28
Круглое	8	0,00–1,35	0,14–1,57	0,14–0,28	1,44–2,71	0,28–2,42
Щучье Базовое	12	0,00–0,60	0,00–0,85	0,42–3,39	0,00–0,42	0,10–1,25
Щучье	4	0,00–0,50	1,42–2,85	0,14	0,85–3,44	0,14
Яково	7	0,00–0,66	0,42–0,85	0,00	0,04–0,45	0,00

Примечание «-» – данные отсутствуют

По данным предыдущих исследований [13, 14] в конце июля – начале августа 2016 г. отмечены более низкие значения биомассы зообентоса (0–0,28 г/м²), видовое разнообразие было на том же уровне.

В зообентосе оз. *Щучье Базовое* обнаружено 12 видов беспозвоночных животных из 2 таксономических групп (9 видов двукрылых, 2 вида олигохет и 1 вид мокрецов).

Для озера характерен невысокий уровень развития зообентоса, значения численности колебались в пределах 0–3,39 тыс. экз./м², биомассы – 0–1,25 г/м². По численности и биомассе доминировали личинки двукрылых сем. *Chironomidae*. Продуктивность донных зооценозов колебалась от «самой низкой» до «очень низкой», что соответствовало олиготрофному типу водоема.

В составе зообентоса оз. *Щучье* (севернее с. Красный Яр) обнаружено 4 вида гидробионтов из отряда двукрылых (3 вида хирономид и 1 вид хаоборид). Видовое богатство донных беспозвоночных было низким (от 0 до 2 видов в пробе), индекс Шеннона 0–0,5 бит/экз. По частоте встречаемости, численности и биомассе доминировали личинки хирономид *Chironomus* sp. По сравнению с другими озерами здесь от-

мечены более высокие значения численности (0,14–2,85 тыс. экз./м²) и биомассы (0,14–3,44 г/м²) макрозообентоса. Продуктивность донных зооценозов менялась на разных участках озера от «самой низкой» до «умеренной», что характерно для ультраолиготрофных – альфа-мезотрофных водоемов. В составе зообентоса оз. *Яково* обнаружены 7 видов беспозвоночных из 3 таксономических групп (5 видов хирономид, по 1 виду моллюсков и олигохет). Видовое богатство зообентоса было невысоким (от 0 до 3 видов в пробе), индекс Шеннона 0–0,66 бит/экз. Значения численности колебались в пределах 0,42–0,85 тыс. экз./м², биомассы – 0,04–0,45 г/м². По численности и по биомассе доминировали хирономиды. Продуктивность донных зооценозов – «самая низкая», что соответствует ультраолиготрофному типу водоемов. За последние три года в озере не произошло серьезных перестроек в структуре донных сообществ [13, 14], уровень видового разнообразия и продуктивность остались на том же уровне.

В целом, в исследованных озерах выявлено 32 вида донных макробеспозвоночных. Амфибиотические насекомые составили 81% от числа обнаруженных таксонов (26 видов). Большая

их часть (21 вид) принадлежала к отряду двукрылых, 5 видов – стрекозы, ручейники и большекрылки. Среди двукрылых преобладали личинки хирономид (19 видов), представленные в основном подсем. Chironominae. Кроме того, в составе донной фауны озер отмечены 4 вида олигохет, а также по одному виду моллюсков и губок.

Расчет мер включения видового состава донных беспозвоночных исследованных озер показал их низкую или умеренную степень сходства.

Наибольшее сходство беспозвоночных выявлено для озера Лайское-3 с озерами Малое Щучье и Щучье, что объясняется малым количеством видов, выявленных в оз. Лайское-3, наиболее оригинальным оказался состав зообентоса озера Лайское-1 (рис. 1). Видовое богатство макробеспозвоночных исследованных озер невысокое (от 0 до 4 видов в пробе), индекс видового разнообразия Шеннона варьировал от 0 до 1,35 бит/экз. Практически во всех озерах зарегистрированы небольшие значения численности и биомассы макрозообентоса. По частоте встречаемости доминировали личинки семейства Chironomidae, они были отмечены в 65% проб. По биомассе бентоса большинство озер относятся к олиготрофным водоемам с

«самым низким» и «очень низким» классом продуктивности. Исключение составило только озеро Самусь, где значения биомассы зообентоса соответствовали мезотрофному типу водоемов.

Небольшое число видов донных беспозвоночных и низкий уровень развития их сообществ в исследованных озерах вероятнее всего объясняется особенностями гидрохимического состава и характером донных отложений. Для озер характерна кислая реакция среды, низкая минерализация и содержание биогенов в воде [8], такие озера с переходом от олиготрофных к дистрофным обычно относят к кислотным [15]. В исследованных озерах максимальное развитие зообентоса характерно для илов ($0,8 \pm 0,95$ г/м²), пески ($0,26 \pm 0,23$) имеют менее разнообразное население и биомассу, на торфяных грунтах биомассы макрозообентоса минимальны ($0,04 \pm 0,06$). В большинстве проб на торфяных грунтах донные беспозвоночные отсутствовали, в 25% проб отмечены только личинки семейства Chironomidae. Сходные результаты по составу и структуре макробеспозвоночных отмечены также для озер, расположенных в окрестностях г. Томска, исследованных в 2015 г. [16, 17].

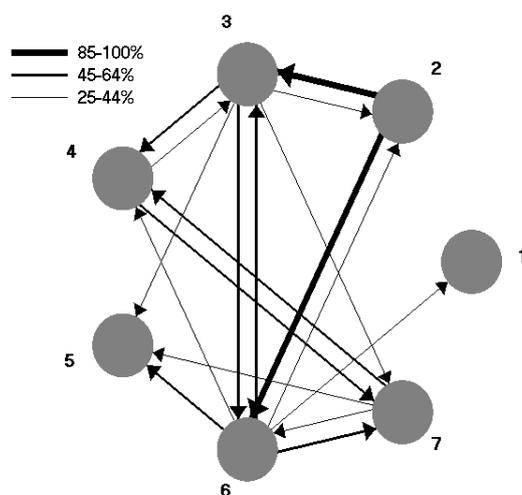


Рис. 1. Ориентированный мультиграф бинарных отношений, построенный на множестве мер включения описаний видового состава макрозообентоса исследованных в 2019 г. озер Томской области: нумерация озер как в табл. 1

В еще более ранних исследованиях озер в окрестностях г. Томска [18] в качестве доминирующей группы зообентоса отмечены моллюски и зарегистрированы более высокие значения биомассы донных беспозвоночных.

Заключение

Донная фауна изученных озер включает 32 вида донных беспозвоночных из 4 классов: Demospongiae (1), Oligochaeta (4), Bivalvia (1), Insecta (26). Среди насекомых наибольшее число видов принадлежало к отряду двукрылых (21 вид), 5 видов: стрекозы, ручейники и большекрылки. Среди двукрылых преобладали личинки хирономид (19 видов), представленные в основном

подсем. Chironominae. По численности, биомассе и частоте встречаемости доминировали личинки двукрылых семейства Chironomidae. Исследованные озера характеризовались низким уровнем видового разнообразия и количественного развития сообществ донных макробеспозвоночных, что вероятнее всего объясняется особенностями гидрохимического состава и характером донных отложений озер. Большинство озер по биомассе зообентоса относились к ультраолиготрофным и олиготрофным типам водоемов. Максимальные биомассы донных сообществ отмечены на илах, минимальные – на торфяных грунтах.

Выражаем благодарность д.б.н. Н.И. Ермолаевой и к.б.н. Е.Ю. Зарубиной за помощь в проведении экспедиции и отборе проб, а также м.н.с. Феттер Г.В. за помощь в отборе проб. Работа выполнена в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН (рег. № 121031200178-8).

Список литературы

1. Штин С.М. Озерные сапропели и основы их комплексного освоения. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2005. – 373 с.
2. Страховенко В.Д., Малов Г.И., Овдина Е.А., Ермолаева Н.И., Зарубина Е.Ю. Актуальные проблемы сохранения и использования сапропелевых залежей малых озер Барабинской низменности и Кулундинской равнины // Озера Евразии: проблемы и пути их решения: Материалы II Международной конференции (Казань, 19–24 мая 2019 г.). – 2019. – С. 184–189
3. Kemp A.E.S., Pearce R.B., Koizumi I., Pike J., Rance S.J. The role of mat-forming diatoms in the formation of Mediterranean sapropels // Nature. – 1999. – № 398. – P. 57–61.
4. Страховенко В.Д., Овдина Е.А., Ермолаева Н.И., Зарубина Е.Ю., Таран О.П., Болтенков В.В., Мищенко Т.И. Генезис сапропелевых отложений озер центральной части Барабинской равнины // Осадочная геология Урала и прилегающих регионов: сегодня и завтра: Материалы 12 Уральского литологического совещания. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2018. – С. 334–337.
5. Страховенко В.Д., Таран О.П., Ермолаева Н.И. Геохимическая оценка сапропелевых отложений малых озер Обь-Иртышского междуречья // Геология и геофизика. – 2014. – 55(10). – С. 1466–1477.
6. Таран О.П., Болтенков В.В., Ермолаева Н.И., Зарубина Е.Ю., Делий И.В., Романов Р.Е., Страховенко В.Д. Взаимосвязь химического состава органического вещества озерных систем и генезиса сапропелей // Геохимия. – 2018. – №3. – С. 61–70.
7. Руководства по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.
8. Ермолаева Н.И. Факторы пространственно-временной организации сообществ зоопланктона озер юга Западной Сибири: дис. ... д.б.н. – Новосибирск, 2020. – 462 с.

9. Определитель пресноводных беспозвоночных России: в 6 т. – Л.: ЗИН РАН, 1992–2004.
10. Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2007. – 395 с.
11. Баканов А.И. Количественная оценка доминирования в экологических сообществах. – М., 1987. – 63 с. Рук. деп. в ВИНТИ 08.12.1987. № 8593-В87.
12. Андреев В.Л. Классификационные построения в экологии и систематике. – М.: Наука, 1980. – 142 с.
13. 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
14. Вдовина О.Н., Безматерных Д.М. Макрозообентос озер подтаежной подзоны Западной Сибири // *Известия Алтайского отделения Русского географического общества*. – 2019. – № 1 (52). – С. 54–65. DOI: 10.24411/2410-1192-2019-15206
15. Александров Б.М. К познанию малых озер южной Карелии в типологическом и гидробиологическом отношении // *Тр. Карел. отд-ния ГосНИОРХ*. – 1968. – Т. 5. – С. 246–256.
16. Баскаева Е.Н., Симакова А.В., Сусяев В.В., Интересова Е.А. Сезонные изменения численности и биомассы зоопланктона и зообентоса озер окрестностей г. Томска // *Концептуальные и прикладные аспекты научных исследований и образования в области зоологии беспозвоночных: Материалы IV Международной конференции (Томск, 26-28 октября 2015 г.)*. – Томск, 2015. – С. 28–31.
17. Баскаева Е.Н., Сусяев В.В., Симакова А.В., Интересова Е.А. Видовое разнообразие зоопланктона и зообентоса озер окр. г. Томска // *Фундаментальные и прикладные аспекты современной биологии: Материалы II Всероссийской молодежной научной конференции (Томск, 24–26 ноября 2015 г.)*. – Томск, 2015. – С. 44–47.
18. Иогансен Б.Г. Годичная динамика биомассы донных животных в водоемах окрестностей Томска // *Тр. Томского государственного университета*. – 1951. – Т. 115. – С. 262–272.

Referencens

1. Shtin S.M. *Ozernye sapropeli i osnovy ih kompleksnogo osvoeniya*. – М.: Izd-vo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta, 2005. – 373 s.
2. Strahovenko V.D., Malov G.I., Ovdina E.A., Ermolaeva N.I., Zarubina E.YU. Aktual'nye problemy sohraneniya i ispol'zovaniya sapropelevyh zalezhej malyh ozer Barabinskoj nizmennosti i Kulundinskoj ravniny // *Ozera Evrazii: problemy i puti ih resheniya: Materialy II Mezhdunarodnoj konferencii (Kazan', 19–24 maya 2019 g.)*. –2019. – S. 184–189
3. Kemp A.E.S., Pearce R.B, Koizumi I., Pike J., Rance S.J. The role of mat-forming diatoms in the formation of Mediterranean sapropels // *Nature*. – 1999. – № 398. – R. 57–61.
4. Strahovenko V.D., Ovdina E.A., Ermolaeva N.I., Zarubina E.YU., Taran O.P., Boltentkov V.V., Mishchenko T.I. Genezis sapropelevyh otlozhenij ozer central'noj chasti Barabinskoj ravniny // *Osadochnaya geologiya Urala i prilezhashchih regionov: segodnya i zavtra: Materialy 12 Ural'skogo litologicheskogo soveshchaniya*. – Ekaterinburg: IGG UrO RAN, 2018. – S. 334–337.
5. Strahovenko V.D., Taran O.P., Ermolaeva N.I. Geohimicheskaya ocenka sapropelevyh otlozhenij malyh ozer Ob'-Irtyskogo mezhdurech'ya // *Geologiya i geofizika*. – 2014. – 55(10). – S. 1466–1477.
6. Taran O.P., Boltentkov V.V., Ermolaeva N.I., Zarubina E.YU., Delij I.V., Romanov R.E., Strahovenko V.D. Vzaimosvyaz' himicheskogo sostava organicheskogo veshchestva ozernyh sistem i genezisa sapropelej // *Geohimiya*. – 2018. – №3. – S. 61–70.
7. *Rukovodstva po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnyh ekosistem*. – SPb.: Gidrometeoizdat, 1992. – 318 s.

8. Ermolaeva N.I. Faktory prostranstvenno-vremennoj organizacii soobshchestv zooplanktona ozer yuga Zapadnoj Sibiri: dis. ... d.b.n. – Novosibirsk, 2020. – 462 s.
9. Opredelitel' presnovodnyh bespozvonochnyh Rossii: v 6 t. – L.: ZIN RAN, 1992–2004.
10. Kitaev S.P. Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ihtiologov. – Petrozavodsk: KNC RAN, 2007. – 395 s.
11. Bakanov A.I. Kolichestvennaya ocenka dominirovaniya v ekologicheskikh soobshchestvah. – M., 1987. – 63 s. Ruk. dep. v VINITI 08.12.1987. № 8593-V87.
12. Andreev V.L. Klassifikacionnye postroeniya v ekologii i sistematike. – M.: Nauka, 1980. – 142 s.
13. 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
14. Vdovina O.N., Bezmaternykh D.M. Makrozoobentos ozer podtaezhnoj podzony Zapadnoj Sibiri // Izvestiya Altajskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva. – 2019. – № 1 (52). – S. 54–65. DOI: 10.24411/2410-1192-2019-15206
15. Aleksandrov B.M. K poznaniyu malyh ozer yuzhnoj Karelii v tipologicheskom i gidrobiologicheskom otnosheniyah // Tr. Karel, otd-niya GosNIORH. – 1968. – T. 5. – S. 246–256.
16. Baskaeva E.N., Simakova A.V., Suslyayev V.V., Interesova E.A. Sezonnnye izmeneniya chislennosti i biomassy zooplanktona i zoobentosa ozer okrestnostej g. Tomsk // Konceptual'nye i prikladnye aspekty nauchnyh issledovanij i obrazovaniya v oblasti zoologii bespozvonochnyh: Materialy IV Mezhdunarodnoj konferencii (Tomsk, 26–28 oktyabrya 2015 g.). – Tomsk, 2015. – S. 28–31.
17. Baskaeva E.N., Suslyayev V.V., Simakova A.V., Interesova E.A. Vidovoe raznoobrazie zooplanktona i zoobentosa ozer okr. g. Tomsk // Fundamental'nye i prikladnye aspekty sovremennoj biologii: Materialy II Vserossijskoj molodezhnoj nauchnoj konferencii (Tomsk, 24–26 noyabrya 2015 g.). – Tomsk, 2015. – S. 44–47.
18. Ioganzen B.G. Godichnaya dinamika biomassy donnyh zhivotnyh v vodoemah okrestnostej Tomsk // Tr. Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. – 1951. – T. 115. – S. 262–272.

NEW DATA ON MACROZOOBENTHOS FROM SAPROPEL

LAKES OF TOMSK OBLAST'

O.N. Vdovina, D.M. Bezmaternykh

*Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul,
E-mail: olgazhukova1984@yandex.ru, bezmater@iwep.ru*

In 2019, the composition and structure of benthic invertebrate communities from seven sapropel lakes of Tomsk oblast', Western Siberia, i.e. Laiskoye-1, Laiskoye-3, Maloye Shchuchye, Krugloye (Samus'), Shchuchye Basovoye, Shchuchye (northward of village Krasny Yar) and Yakovo were studied. The bottom fauna of these lakes includes 32 species of bottom invertebrates from 4 classes: Demospongiae (1), Oligochaeta (4), Bivalvia (1), and Insecta (26). Dominant species as well as number and biomass of benthos in the coastal and central zones of the lakes were determined. The larvae of Diptera from the family Chironomidae dominated in number, biomass and frequency of occurrence. The study lakes were characterized by poor species diversity, abundance and biomass of macroinvertebrate communities. By zoobenthos biomass, most lakes belong to ultra-oligotrophic and oligotrophic types of water bodies.

Key words: benthic macroinvertebrates, hydrofauna, water bodies, taiga, Western Siberia.

Received April 19, 2021

УДК 582.32+574.5

К ФЛОРЕ ГИГРОФИЛЬНЫХ МОХООБРАЗНЫХ ВОДОТОКОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «КРАСНОЯРСКИЕ СТОЛБЫ»

Е.Ю. Зарубина

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул,
E-mail: zeur11@mail.ru

*В результате проведенных в июле 2020 г. исследований водных и прибрежно-водных экотопов пяти водотоков Национального парка «Красноярские Столбы» было обнаружено 17 видов гигрофильных мохообразных, из них 2 вида печеночников и 15 видов листостебельных мхов. Обнаружены новые для территории нацпарка виды листостебельных мхов: *Hygrohypnum luridum*, *Calliergonella cuspidata*, *Climacium dendroides*, *Bryhnia brachycladula*. Проведенные исследования дополнили сведения о мохообразных Национального парка «Красноярские Столбы».*

Ключевые слова: мохообразные, водотоки, ООПТ, «Красноярские Столбы», редкие виды

DOI: 10.24412/2410-1192-16108
Дата поступления 19.05.2021

Национальный парк «Красноярские Столбы» – старейшая в России особо охраняемая природная территория, расположен на северо-западных отрогах Восточного Саяна. Площадь парка – 48 066 га. Территория, вытянутая на 34 км с северо-запада на юго-восток, представляет собой типичный участок среднегорного таежного ландшафта. Территория национального парка «Красноярские Столбы» представляет собой междуречье правых притоков Енисея: рек Базаихи, Маны и Большой Слизневой. При продвижении с севера на юг абсолютные отметки высот этого междуречья медленно возрастают от 200 до 832 м н. у. м. В 2019 году заповедник был преобразован в национальный парк «Красноярские Столбы». Территория нацпарка разделена на три зоны: рекреационная, занимающая 4,8 % всего нацпарка (2,26 тыс.га); заповедная (89,6 % площади, 43,16 тыс.га), закрытая для посещения; и, расположенная между двумя этими зонами, зона особой охраны (5,6 % площади, 2,64 тыс. га) с ограниченным доступом. Природные условия национального парка определяются

его положением на окраине обширной Алтае-Саянской горной области в зоне контакта Западно-Сибирской низменности и Среднесибирского плоскогорья. Около 98% территории нацпарка «Красноярские Столбы» занята лесами, из них более 50% – это среднегорно-таежные темнохвойные леса [1].

Национальный парк, испытывает на себе антропогенное воздействие, связанное как с рекреационной нагрузкой, значительно возросшей за последние годы, так и с расположением его в городской черте г. Красноярска. Однако, по данным проводимых на территории Национального парка исследований [1], несмотря на непосредственную его близость к промышленному центру с ежегодными выбросами в атмосферу до 200 тыс. тонн загрязняющих веществ, в целом состояние его охраняемых природных комплексов можно охарактеризовать еще как удовлетворительное. Такой феномен обусловлен значительным (порядка 550–650 м) превышением большей части территории нацпарка над городом и благоприятным направлением розы ветров.

Природные условия территории национального парка обуславливают широкое распространение мохообразных, которые выступают доминантами во многих наземных и водных экосистемах, занимая самые разнообразные экотопы, в том числе и нарушенные рекреационной деятельностью. Флора сосудистых растений нацпарка активно исследовалась с момента его образования. Более двух десятков лет флористическими исследованиями здесь занимается Е. Б. Андреева [2]. Однако последние специальные бриологические исследования проводились на территории национального парка в конце 80-х годов XX века [3]. Целью данной работы было рекогносцировочное обследование водной и прибрежно-водной растительности основных водотоков национального парка, включая гигрофильных мохообразных. Исследование выполнено в

рамках мониторинговых работ, регулярно проводимых на территории национального парка.

Материалы и методы

Территория заповедника имеет хорошо развитую гидрографическую сеть, общей протяженностью более 300 км (рис.). Она группируется в четыре различных по площади водосборных бассейна: Маны, Базаихи, Большой Слизневой и собственно Енисея. Основной водораздельный хребет смещен в сторону Маны, правое побережье которой является границей заповедника. Река Базаиха – вторая по величине пограничная река нацпарка. Река сильно меандрирует, образуя большое количество островков, полуостровов, затонов, проток и заболоченных стариц. Ширина поймы колеблется от 40 до 250 м, а реки – 12–32 м.



Рис. Карта-схема гидрографической сети Национального парка «Красноярские столбы»

В летнюю межень глубина реки в среднем не превышает 0,5 м. Западной границей нацпарка на протяжении 16 км является третья по величине р. Большая Слизнева. Она протекает по широкой и заболоченной долине, покрытой елово-пихтовой тайгой. Ширина реки 2–3 м. Река Калгат берет начало с Центрального хребта и в верховьях течет среди темнохвойной горной тайги, ближе к устью, на левом берегу светлохвойные леса уступают место степной растительности. Самую многочисленную группу водоемов представляют малые ручьи и родники. Протяженность их около 2 км, падение 70–180 м на километр. Их долины не разработаны и представляют собой распадки каньонного типа. Густая гидрографическая сеть в сочетании с горным релье-

фом обеспечивают хороший дренаж территории нацпарка [1].

Результаты исследования и их обсуждение

По данным А.Н. Васильева [3] на территории нацпарка отмечено 257 видов мохообразных, из них 50 печеночников и 207 листостебельных мхов, большинство из которых приурочены к влажным и увлажненным наземным экотопам. В результате проведенных исследований в воде и по сырым берегам рек Базаиха с притоками, Большая Слизнева, Калгат и ручьев Лалетина и Сынжул выявлено 17 видов водных и прибрежно-водных мохообразных, из них печеночников – 2 вида, листостебельных мхов – 15 видов (табл.).

Таблица
Список видов гигрофильных мохообразных и их встречаемость в исследованных водотоках Национального парка «Красноярские столбы»

Таксон	Реки			Ручьи	
	Базаиха	Б. Слизнева	Калгат	Лалетина	Сынжул
<i>Marchantia polymorpha</i> L.		5		5	
<i>Plagiochila porelloides</i> (Torn. ex Nees.) Lindenb.		2		2	
<i>Timmia megapolitana</i> Hedw.	2	2			
<i>Mnium stellare</i> Reichard. ex Hedw.					5
<i>Plagiomnium cuspidatum</i> (Hedw.) T.J. Kop.		2			2
<i>P. ellipticum</i> (Brid.) T.J. Kop.	4	4	4	4	
<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	5	5	5		
<i>Calliergonella cuspidata</i> (Hedw.) Loeske	5				
<i>C. lindbergii</i> (Mitt.) Hedenäs				4	4
<i>Climacium dendroides</i> (Hedw.) F. Weber & D. Mohr		4			
<i>Bryhnia brachycladula</i> Cardot					3
<i>Myuroclada maximowiczii</i> (Borszcz.) Steere et Schof.		4			4
<i>Sciuro-hypnum reflexum</i> (Starke) Ignatov et Hutten					4
<i>Cratoneuron filicinum</i> (Hedw.) Spruce	4	4	4	4	
<i>Drepanocladus aduncus</i> (Hedw.) Wamst.		5			
<i>Hygrohypnum luridum</i> (Hedw.) Jenn		2			
<i>Sanionia uncinata</i> (Hedw.) Loeske					3

Примечание: 1–5 классы встречаемости: 1 – редко; 2 – изредка (не часто); 3 – умеренно; 4 – часто; 5 – обычный вид (очень часто, массово).

Печеночные мхи включают два семейства – Marchantiaceae и Plagiochilaceae.

Листостебельные мхи представлены 7 семействами, из них наибольшее число видов отмечено в семействах Amblystegiaceae (4 вида), Mniaceae (3 вида) и Brachytecaceae (3 вида). Остальные семейства представлены 1–2 видами.

Аннотированный список видов водных и прибрежно-водных мохообразных

Отдел Marchantiophyta – Печеночники

Сем. Marchantiaceae – Маршанциевые

1. *Marchantia polymorpha* L. – Маршанция полиморфная.

На влажных берегах р. Большая Слизнева и руч. Лалетин. По данным А.Н. Васильева [3] встречается по всему профилю заповедника на обнаженной и задернованной почве, на гумусированной поверхности скал и камней.

Ареал: широко распространенный космополитный вид.

Сем. Plagiochilaceae – Плагиохиловые

2. *Plagiochila porelloides* (Torn. ex Nees.) Lindenb. – Плагиохила порелловидная.

На влажных берегах и в супралиторали р. Большая Слизнева и руч. Лалетин, на каменистом субстрате, не часто. По данным А.Н. Васильева [3] встречается в лесном поясе заповедника, на влажных грунтах, лугах и низинных болотах.

Ареал: арктобореально-монтанный циркумполярный вид, распространенный от тундровой зоны до зоны хвойно-широколиственных лесов и от альпийского до лесного пояса в горах.

Ареал: арктобореально-монтанный циркумполярный вид, распространенный от тундровой зоны до зоны хвойно-широколиственных лесов и от альпийского до лесного пояса в горах.

Сем. Timmiaceae – Тиммиевые

3. *Timmia megapolitana* Hedw. — Тиммия мекленбургская.

По сырым берегам р. Большая Слизнева, протоки р. Базаиха в районе кордона Сынжул, на задернованной почве и на корнях деревьев в супралиторали, не часто. По данным А.Н. Васи-

льева [3] в заповеднике найден: р. Базаиха, окр. Кордона Сынжул, на корнях вывороченного дерева, в окр. Кордона Инжул на задернованной почве.

Ареал: вид с широким распространением в большинстве лесных районов Голарктики. В России довольно обычен в центральных районах европейской части, в азиатских районах – преимущественно на юге.

Сем. Mniaceae – Мниевые

4. *Mnium stellare* Reichard. ex Hedw. — Мниум звездчатый.

На сыром берегу руч. Сынжул, в супралиторали, часто. По данным А.Н. Васильева [3] обычен в лесном поясе заповедника.

Ареал: вид с широким распространением в пределах бореальной и неморальной зон Евразии. На территории России имеет довольно широкое распространение в большинстве областей лесной зоны, очень редок в степной зоне и в высокоширотной Арктике.

5. *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T.J. Кор. – Плагиомниум остроконечный.

На затопленных и сырых берегах р. Большая Слизнева, изредка; на сыром берегу руч. Сынжул, изредка. По данным А.Н. Васильева [3] обычен в лесном поясе заповедника.

Ареал: широко распространенный голарктический вид. В Азиатской части страны обычен на юге Сибири и юге Дальнего Востока.

6. *P. ellipticum* (Brid.) T.J. Кор. – Плагиомниум эллиптический.

По берегам рек Базаихи, Большая Слизнева, Калтат, руч. Лалетина по урзу воды и в воде на глубине до 0,1 м, на каменисто-илистых грунтах, часто. По данным А.Н. Васильева [3] обычен в лесном поясе заповедника по берегам речек, по влажным местам.

Ареал: биполярно дизъюнктивный вид, имеющий практически сплошное распространение в Голарктике в арктических, бореальных и неморальных районах, а также встречающийся в Австралии, на юге Южной Америки и суб-

антарктических островах. В России встречается практически повсеместно, за исключением аридных территорий.

Сем. Fontinalaceae – Фонтиналисовые

7. *Fontinalis antipyretica* Hedw. – Фонтиналис противопожарный.

В воде на глубине от 0,2 до 1,0 м, на валунно-галечниковом грунте, на стремнине в реках Базаиха, Слизнева и Калтат. Очень часто, образует обширные заросли. По данным А.Н. Васильева [3] встречается в водотоках по всему профилю заповедника.

Ареал: распространен по всей Голарктике, за исключением аридных районов.

Сем. Hypnaceae - Гипновые

8. *Calliergonella lindbergii* (Mitt.) Hedenäs (*Hypnum lindbergii* Mitt.) – Каллиергонелла Линдберги.

По берегам ручьев Сынжул и Лалетин, иногда в воде на затапливаемых участках. Часто, грунт - валунно-галечниковый. По данным А.Н. Васильева [3] встречается по всему профилю заповедника, по берегам рек, рек и озер на обнаженных субстратах и отдельных камнях вдоль уреза воды, реже на низинных болотах.

Ареал: циркумбореальный вид. В России – широко распространенный и весьма частый вид в пределах лесной зоны.

9. *C. cuspidata* (Hedw.) Loeske — Каллиергонелла заостренная.

Встречена на береговом склоне протоки р. Базаиха в районе кордона Сынжул, массово.

Ареал: широко распространена в Голарктике. В России это весьма обычный и часто массовый вид в пределах лесной и лесостепной зон.

Сем. Climaciaceae – Климациевые

10. *Climacium dendroides* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr – Кдимацеум древоидный

На сыром берегу р. Большая Слизнева в супралиторали, часто.

Ранее в заповеднике отмечен не был.

Ареал: вид имеет широкое распространение в Голарктике. В России от-

сутствует только на островах Северного Ледовитого океана, и, вероятно, в наиболее аридных районах.

Сем. Brachytectiaceae – Брахитециевые

11. *Bryhnia brachycladula* Cardot – Брюния

На сыром берегу руч. Сынжул, на задернованной почве, умеренно. Васильевым А.Н. [3] для территории заповедника не указывался.

12. *Myuroclada maximowiczii* (Bor-szcz.) Steere et Schof. – Миуроклада Максимовича

По сырым берегам р. Большая Слизнева, руч. Сынжул, на задернованной почве, часто. По данным А.Н. Васильева [3] в заповеднике встречается во влажных ивняках и ельниках.

Ареал: вид широко распространен в Восточной Азии, на российском Дальнем Востоке и в Южной Сибири до среднего Приобья.

13. *Sciuro-hypnum reflexum* (Starke) Ignatov et Hutten (*Brachytecium reflexum* (Starke) V.S.G.) – Сциурогипнум отогнутый

На сыром берегу руч. Сынжул, в супралиторали, часто. По данным А.Н. Васильева [3] в заповеднике встречается преимущественно в лесном поясе.

Ареал: широко распространен в Северном полушарии от зоны тайги до северной зоны широколиственных лесов, с отдельными местонахождениями в Арктике и высокогорьях. В России весьма обычен в большинстве областей лесной и лесостепной зон.

Сем. Amblystegiaceae – Амблистегиевые

14. *Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce – Кратоневрон папоротниковидный.

По берегам рек Базаиха, Большая Слизнева, Калтат, руч. Лалетина, в супралиторали и на затопленных водой участках берега, на илистом грунте, часто. По данным А.Н. Васильева [3] встречается в лесном поясе заповедника по берегам рек на наносном субстрате и задернованной почве.

Ареал: встречается почти по всей территории Голарктики.

15. *Drepanocladus aduncus* (Hedw.) Warnst. – Дрепанокладус крючковидный

В р. Слизнева в воде на глубине 0,2-0,5 м среди валунов, на течении, очень часто. По данным А.Н. Васильева [3] встречается по берегам рек и озер в лесном поясе заповедника.

Ареал: широко распространённый и массовый вид в холодных и умеренных областях обоих полушарий.

16. *Hygrohypnum luridum* (Hedw.) Jenn – Гигрогипнум грязно-желтый.

На сыром берегу и в русле р. Большая Слизнева на глубине до 0,1 м, на камнях. Не часто. Ранее на территории заповедника не отмечен.

Ареал: широко распространенный голарктический вид. В России это частый вид в европейской части на севере и в лесной зоне. Широко распространен в азиатской России – и в Арктике, и в районах вечной мерзлоты, но на заболоченных равнинах Западной Сибири, где нет выходов карбонатных пород, исключительно редок.

17. *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske (*Drepanocladus uncinatus* (Redw.) Warnst.) – Саниония крючковатая

На сыром берегу руч. Сынжул, умеренно. По данным А.Н. Васильева [3] встречается по всему профилю заповедника во всех типах растительности, один из самых распространенных видов.

Ареал: широко распространенный и массовый вид в Арктике и бореальной зоне Северного полушария.

Заключение

В результате проведенных исследований в воде и по сырым берегам рек Базаиха, Большая Слизнева, Калгат и ручьев Лалетина и Сынжул обнаружено 17 видов мохообразных: печеночников – 2 вида, листостебельных мхов – 15 видов. Наибольшее видовое разнообразие отмечено в р. Большая Слизнева и руч. Сынжул, что обусловлено разнообразием прибрежно-водных экотопов этих водотоков.

По отношению к степени увлажнения субстрата преобладают гигрофиты (9 видов) и мезогигрофиты (6 видов). Гидрофиты, т.е. истинно водные растения, представлены двумя видами – *Fontinalis antipyretica* и *Drepanocladus aduncus*, образующими обширные заросли на отдельных участках рек Базаиха, Большая Слизнева и Калгат.

Ареалы распространения большинства встреченных мхов и печеночников приурочены к бореальной зоне Голарктики.

Впервые для территории национального парка отмечены *Hygrohypnum luridum*, *Calliergonella cuspidata*, *Climacium dendroides*, *Bryhnia brachycladula*. Проведенные исследования дополнили сведения о мохообразных Национального парка «Красноярские Столбы». Возможной причиной обнаружения новых для территории нацпарка видов мохообразных может быть занос этих видов, как людьми при посещении парка, так и птицами и дальнейшее расселение по территории при попадании в благоприятные экотопы.

Авторы выражают благодарность за помощь в организации сбора материала заместителю директора по научной работе Национального парка «Красноярские Столбы» А.А. Кнорре и ведущему научному сотруднику Е.Ф. Тропиной.

Автор выражает благодарность О.Ю. Писаренко, д.б.н., с.н.с. ЦСБС СО РАН за консультации и помощь в определении мохообразных.

Список литературы

1. О национальном парке «Красноярские столбы» [Электронный ресурс]. – URL: <https://kras-stolby.ru/about/>
2. Андреева Е.Б., Тупицына Н.Н. Флора заповедника «Столбы». – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. – 303 с.
3. Васильев А. Н. Конспект флоры мохообразных в заповедниках «Столбы» и Саяно-Шушенском: Справочное издание. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1991. – 112 с.
4. Игнатов М.С., Игнатова Е. А. Флора мхов средней части европейской России. Том 1. Sphagnaceae–Hedwigiaceae. – М.: КМК, 2003. – С. 1–608.
5. Игнатов М.С., Игнатова Е. А. Флора мхов средней части европейской России. Том 2. Fontinalaceae–Amblystegiaceae. – М.: КМК, 2004. – С. 609–944.
6. Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов России. 2008 [Электронный ресурс]. – URL: <http://arctoa.ru/Flora/taxonomy-ru/Sciuro-hypnum-text-russian.pdf> (версия 1.9.2008)
7. Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов России. 2013 [Электронный ресурс]. – URL: <http://arctoa.ru/Flora/taxonomy-ru/Climacium-text-russian.pdf> (версия 20.11.2013)
8. Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов России. 2013а [Электронный ресурс]. – URL: <http://arctoa.ru/Flora/taxonomy-ru/Hygrohypnum-text-russian.pdf> (версия 20.02.2013)
9. Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Timmiaceae – Флора мхов России. 2017. Т. 2. [Электронный ресурс]. – URL: <http://arctoa.ru/Flora/taxonomy-ru/flora-2017-2023/Timmiaceae.pdf>
10. Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов России. 2017а [Электронный ресурс]. – URL: <http://arctoa.ru/Flora/taxonomy-ru/taxonomy-ru.php>
11. Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Mniaceae – Флора мхов России. 2018. Т. 4. [Электронный ресурс]. – URL: http://arctoa.ru/Flora/taxonomy-ru/flora-2017-2023/Trachycystis_Cinclidium.pdf
12. Игнатова Е. А., Игнатов М.С., Федосов В.Э., Константинова Н.А. Краткий определитель мохообразных Подмоскovie. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 320 с.
13. «WFO (2021): World Flora Online». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.worldfloraonline.org>.

References

1. O nacional'nom parke «Krasnoyarskie stolby» [Data Portal]. – URL: <https://kras-stolby.ru/about/>
2. Andreeva E.B., Tupizina N.N. Flora zapovednika «Stolby» – Novosibirsk: Isd-vo SO RAN, 2014. – 303 s.
3. Vasil'ev A. N. Konspekt flory mokhoobraznykh v zapovednikakh «Stolby» i Sayano-Shushenskom: Spravochnoe izdanie. – Krasnoyarsk: Izd-vo Krasnoyar. un-ta, 1991. – 112 s.
4. Ignatov M.S., Ignatova E. A. Flora mhov srednej chasti evropejskoj Rossii. Tom 1. Sphagnaceae–Hedwigiaceae. – М.: КМК, 2003. – S. 1–608.
5. Ignatov M.S., Ignatova E. A. Flora mhov srednej chasti evropejskoj Rossii. Tom 2. Fontinalaceae–Amblystegiaceae. – М.: КМК, 2004. – S. 609–944.
6. Ignatov M.S., Ignatova E.A. Flora mhov Rossii. 2008 [Data Portal]. – URL: <http://arctoa.ru/Flora/taxonomy-ru/Sciuro-hypnum-text-russian.pdf> (versiya 1.9.2008)

7. Ignatov M.S., Ignatova E.A. Flora mhov Rossii. 2013 [Data Portal]. – URL: <http://arctoa.ru/Flora/taxonomy-ru/Climacium-text-russian.pdf> (versiya 20.11.2013)
8. Ignatov M.S., Ignatova E.A. Flora mhov Rossii. 2013a [Data Portal]. – URL: <http://arctoa.ru/Flora/taxonomy-ru/Hygrohypnum-text-russian.pdf> (versiya 20.02.2013)
9. Ignatov M.S., Ignatova E.A. Timmiaceae – Flora mhov Rossii. 2017. T. 2. [Data Portal]. – URL: <http://arctoa.ru/Flora/taxonomy-ru/flora-2017-2023/Timmiaceae.pdf>
10. Ignatov M.S., Ignatova E.A. Flora mhov Rossii. 2017a [Data Portal]. – URL: <http://arctoa.ru/Flora/taxonomy-ru/taxonomy-ru.php>
11. Ignatov M.S., Ignatova E.A. Mniaceae – Flora mhov Rossii. 2018. T. 4. [Data Portal]. – URL: http://arctoa.ru/Flora/taxonomy-ru/flora-2017-2023/Trachycystis_Cinclidium.pdf
12. Ignatova E. A., Ignatov M.S., Fedosov V.EH., Konstantinova N.A. Kratkij opredelitel' mokhoobraznykh Podmoskov'ya. – M.: Tovarishchestvo nauchnykh izdanij KMK, 2011. – 320 s.
13. «WFO (2021): World Flora Online» [Data Portal]. – URL: <http://www.worldfloraonline.org>.

TO THE FLORA OF HYGROPHILIC BRYOPHYTES WATER COURSES OF THE NATIONAL PARK KRASNOYARSKIE STOLBY

E. Yu. Zarubina

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, *E-mail*: zeur11@mail.ru

As a result of the studies of aquatic and coastal-aquatic ecotopes of five streams of the Krasnoyarskie Stolby National Park carried out in July 2020, 17 species of hygrophilic bryophytes were found, including 2 species of Marchantiophyta and 15 species of Bryophyta. New species of Bryophyta for the territory of the national park were discovered: Hygrohypnum luridum, Calliergonella cuspidata, Climacium dendroides, Bryhnia brachycladula. The research carried out supplemented the information about the bryophytes of the National Park Krasnoyarskie Stolby.

Key words: bryophytes, watercourses, protected areas, Krasnoyarskie Stolby, new species.

Received May 19, 2021

УСЛОВИЯ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ ♦ PUBLICATION TERMS

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

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

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

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

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

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

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

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

ПЛАГИАТ И ВТОРИЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

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

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

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

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

		<p>выверять по: https://www.gbif.org . Названия таксонов рода и вида печатаются курсивом. Для флористических, фаунистических и таксономических работ при первом упоминании в тексте и таблицах приводится русское название вида (если такое название имеется) и полностью – латинское, с автором и желательно с годом, например: водяной ослик (<i>Asellus aquaticus</i> (L. 1758)). В дальнейшем можно употреблять только русское название или сокращенное латинское без фамилии автора и года опубликования.</p> <p>Все вводимые автором буквенные обозначения и аббревиатуры должны быть расшифрованы в тексте при их первом упоминании (но не в заголовке статьи или в резюме). Единицы физических величин приводятся по Международной системе СИ. В десятичных дробях употребляется точка: 0.54.</p> <p>Необходимо различать тире (как знак препинания) «–» и дефис (как часть слова) «-». Знак минуса обозначается с помощью дефиса, например, -5°C. Знаки процента, промилле и градусов указывается без отрыва от числа, например, 15%. Прочие размерности отделяются от чисел, например, 10 кг, 100 экз. и т.д.</p>
5	Оформление титула статьи (заголовок, авторы, организации)	<p>На первой странице оформляется титул статьи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) индекс статьи по Универсальной десятичной классификации (УДК), на первой странице, в левом верхнем углу; 2) название статьи (прописными буквами, полужирным шрифтом, выравнивание – по центру), должно кратко, но максимально точно отражать затронутую проблему; 3) инициалы и фамилии авторов (по центру); 4) полное название организации – места работы каждого автора в именительном падеже на русском языке, курсивом, по центру. Если авторов несколько и работают они в разных учреждениях, следует отметить арабскими цифрами соответствие фамилий авторов учреждениям, в которых они работают; если все авторы статьи работают в одном учреждении, можно не указывать место работы каждого автора отдельно; 5) e-mail для каждого автора. <p>Титул оформляется на русском и английском языках.</p>
6	Аннотация и ключевые слова	<p>Аннотация к статье является основным источником информации, она должна создавать полное представление о содержании статьи. Аннотация должна быть написана единым текстом без разделения на абзацы, курсивом, выравнивание – по ширине, иметь объем не менее 600 знаков.</p> <p>Отдельной строкой приводится перечень ключевых слов (не менее 5). Ключевые слова перечисляются через точку с запятой, в конце перечисления ставится точка.</p> <p>Аннотация и ключевые слова должны быть представлены как на русском, так и на английском языках.</p>
7	Структура статьи	<p><u>Оригинальная статья</u> должна быть структурирована по следующим разделам:</p> <ul style="list-style-type: none"> - актуальность проблемы;

		<ul style="list-style-type: none"> - цель исследования; - материалы и методы; - результаты и обсуждение (отдельным разделом, приводится сопоставление результатов собственных исследований с литературными данными с указанием ссылок на источники) - выводы или заключение. <p>Для статей, представляющих собой <u>обзоры литературы</u>, также должны быть выделены разделы.</p>
8	Требования к рисункам	<p>Рисунки размещаются в тексте статьи, непосредственно после ссылки на них в тексте. Каждый рисунок должен быть четким и читаемым с расширением TIFF (*.TIF) или JPG, с разрешением 300 dpi и выше.</p> <p>Подпись приводится после рисунка и должна содержать порядковый номер рисунка (при его наличии) и его название. В тексте статьи каждый рисунок должен сопровождаться ссылкой (рис. 1, рис. 2, и т.д.). Аббревиатуры расшифровываются в подрисуночных подписях, детали на рисунках следует обозначать цифрами или буквами, значение которых также приводится в подписях. Названия рисунков дублируются на английском языке.</p>
9	Требования к таблицам	<p>Таблицы должны содержать только необходимые данные и представлять собой обобщенные и статистически обработанные материалы. Диаграммы и графики не должны дублировать таблицы. Таблицы размещаются в тексте статьи в непосредственной близости от ссылки на них в тексте. Над таблицей справа необходимо обозначить номер таблицы (если таблица одна, номер не указывается, а пишется слово «Таблица»), ниже по центру дается ее название. Сокращения слов в таблицах не допускаются. Все цифры в таблицах должны соответствовать цифрам в тексте. Все сокращения, использованные в таблице, поясняются в Примечании, расположенном под ней. Названия таблиц дублируются на английском языке. Таблица оформляется шрифтом Times New Roman, кегель 10.</p> <p>В тексте статьи каждая таблица должна сопровождаться ссылкой (табл. 1, табл. 2, и т.д.).</p>
10	Требования к формулам	<p>Математические формулы следует представлять в виде редактируемого текста, а не в виде изображений. После каждой формулы должна приводиться расшифровка буквенных обозначений.</p>
11	Требования к списку литературы	<p>Библиографические ссылки в тексте статьи оформляются в квадратных скобках, указывается фамилия/ии автора/ов и год издания, например: ТЕКСТ, ТЕКСТ, ТЕКСТ [Иванов, 1996]. В случае дословной цитаты, указывается также номер страницы приведенной цитаты, т.е. «ТЕКСТ, ТЕКСТ, ТЕКСТ ...» [Иванов, Петров, 1999, с. 5]. Если авторов 3 и более, указывается первый автор и др. [Иванов и др., 1996]. Если фамилия автора используется в тексте: ТЕКСТ, ТЕКСТ, ТЕКСТ ... по данным И. И. Иванова [1996] или ... И.И. Иванова с соавт. [1996]. Если</p>

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

Примеры оформления:

УДК 556.535:004.9(571)

ЛАНДШАФТЫ БАССЕЙНА РЕКИ ...

И. И. Иванов¹, П. П. Петров²

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

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

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

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

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

1.

Sources, Fluxes and Mass Balances / Eds W. Baeyens, R. Ebinghaus, O. Vasiliev. Dordrecht: Springer, 1996. P. 273–284. doi: 10.1007/978-94-009-1780-4

В транслитерированном списке литературы:

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

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

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

Ссылки на материалы конференций

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

В транслитерированном списке литературы:

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

Ссылки на диссертации или авторефераты диссертаций

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

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

В транслитерированном списке литературы:

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

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

Ссылки на патенты

Патент РФ № 2000130511/28. 04.12.2000.

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

В транслитерированном списке литературы:

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

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

Ссылки на архивные материалы

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

В транслитерированном списке литературы:

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

Ссылки на интернет-ресурсы

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

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

В транслитерированном списке литературы:

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

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

*Журнал
Известия Алтайского отделения
Русского географического общества*

№ 2 (61) 2021

Свидетельство о регистрации СМИ

ПИ № ТУ22-00790

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

Подписано в печать 25.06.2021. Дата выхода в свет 28.06.2021.

Формат 60x84 1/8. Печать – цифровая. П.л. 12,5

Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии ООО «Пять плюс»

656049, г. Барнаул, ул. Крупской, 97,

Тел.: +7(385-2) 62-32-07,

e-mail: fiveplus07@mail.ru

www.five-plus.ru

Цена свободная

Возрастная категория – 12+