

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ – АЛТАЙСКОЕ КРАЕВОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ВОО «РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО»

# ИЗВЕСТИЯ АЛТАЙСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

(ИЗВЕСТИЯ АО РГО)

*Журнал*  
*декабрь 2021*  
*Основан в 1961 году*

*ISSN 2410-1192*  
*№ 4 (63)*  
*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

Папина Т.С., д.х.н., г. Барнаул

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

## ЧЛЕНЫ СОВЕТА:

Андроханов В.А., д.б.н., проф., г. Новосибирск  
Буслов М.М., д.г.-м.н., проф., чл. корр. РАН,  
г. Новосибирск  
Бутвиловский В.В., д.г.н., г. Дрезден, Германия  
Веснина Л.В., д.б.н., проф., г. Барнаул  
Винокуров Ю.И., д.г.н., проф., г. Барнаул  
Водичев Е.Г., д.и.н., проф., г. Новосибирск  
Гармаев Е.Ж., д.г.н., чл. корр. РАН, г. Улан-Удэ  
Гусев А.И., д.г.-м.н., проф., г. Бийск  
Гутак Я.М., д.г.-м.н., проф., г. Новокузнецк  
Двинских С.А., д.г.н., проф., г. Пермь  
Дунец А.Н., д.г.н., проф., г. Барнаул  
Егорина А.В., д.г.н., проф., Казахстан  
Ельчинонова 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](mailto: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*  
*December, 2021*  
*Founded in 1961*

*ISSN 2410-1192*  
*No 4(63)*  
*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)  
DrSc Tat'yana S. Papina (Barnaul, Russia)

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

### THE MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

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

*Инишева Л.И., Шурова М.В., Достовалова М.С., Ларина Г. В.* ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БОЛОТ И ЗАБОЛОЧЕННОСТЕЙ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ..... 5

*Рыбкина И.Д., Седова Е.Ю.* УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В РЕГИОНАХ РОССИИ И ФРАНЦИИ: БАСЕЙНОВЫЙ ПРИНЦИП И УЧАСТИЕ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ ЛИЦ..... 23

#### РАЗДЕЛ 2. ГЕОЛОГИЯ

*Гусев А.И., Гусев Н.И.* НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО АБСОЛЮТНЫМ ВОЗРАСТАМ ВЛАДИМИРОВСКОГО МАССИВА И ВМЕЩАЮЩИМ ЕГО ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ПОРОД (ГОРНЫЙ АЛТАЙ) ..... 37

#### РАЗДЕЛ 3. ГИДРОЛОГИЯ. КЛИМАТ

*Яковченко С.Г., Заносова В.И.* ОЦЕНКА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЗОН ПОДТОПЛЕНИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ..... 56

#### РАЗДЕЛ 4. ЭКОЛОГИЯ. ФЛОРА. ФАУНА

*Попов П.А., Андросова Н.В., Попов В.А.* СОДЕРЖАНИЕ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНАХ ОБЫКНОВЕННОЙ ЩУКИ (*ESOX LUCIUS*) ИЗ РЕКИ ТОМИ (ВЕРХНЯЯ ОБЬ) ..... 76

*Вдовина О.Н., Безматерных Д.М., Крылова Е.Н.* МАКРОЗООБЕНТОС ОЗЕРА ПРИЯТЕЛЬСКОГО (АЛТАЙСКИЙ КРАЙ) ПОСЛЕ ЕГО ОБВОДНЕНИЯ..... 88

## CONTENTS

### SCIENTIFIC REPORTS

#### SECTION 1. GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

*Inisheva L.I., Shurova M.V., Dostovalova M.S., Larina G.V.* EXPEDITIONAL RESEARCHES OF SWAMPS AND WETLANDS OF THE REPUBLIC OF ALTAI..... 5

*Rybkina I. D., Sedova E. Yu.* WATER RESOURCES MANAGEMENT IN THE REGIONS OF RUSSIA AND FRANCE: BASIN PRINCIPLE AND STAKEHOLDERS PARTICIPATION..... 23

#### SECTION 2. GEOLOGY

*Gusev A., Gusev N.* NEW DATA ON THE ABSOLUTE AGES OF VLADIMIRSKII MASSIF AND COUNTRY IT VOLCANOGENY-SEDIMENTARY ROCKS (GORNY ALTAI) ..... 37

#### SECTION 3. HYDROLOGY. CLIMATE

*Yakovchenko S.G., Zanosova V.I.* ASSESSMENT OF HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS WHEN DETERMINING AREAS OF FLOODING IN URBAN AREAS USING NUMERICAL MODELS..... 56

#### SECTION 4. ECOLOGY. FLORA. FAUNA

*Popov P. A., Androsova N. V., Popov V. A.* METALS CONTENT IN THE PIKE (ESOX LUCIUS) OF THE MOUTH TOM RIVER (THE UPPER OB RIVER) ..... 76

*Vdovina O.N., Bezmaternykh D.M., Krylova E.N.* MACROZOOBENTHOS OF LAKE PRYATEL'SKOYE (ALTAI KRAI, RUSSIA) AFTER ITS WATERING..... 88

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ ♦ SCIENTIFIC REPORTS

Раздел 1 ГЕОГРАФИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Section 1 GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

УДК 574.4

ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БОЛОТ И  
ЗАБОЛОЧЕННОСТЕЙ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

Л.И. Инишева<sup>1</sup>, М.В. Шурова<sup>2</sup>, М.С. Достовалова<sup>3</sup>, Г.В. Ларина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Томский государственный педагогический университет, Томск,

<sup>2</sup>Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск,

<sup>3</sup>Горно-Алтайское отделение Филиала "Сибирский региональный центр ГМСН" ФГБУ

"Гидроспецгеология", Горно-Алтайск,

E-mail: inisheva@mail.ru, knh@gasu.ru, ya.toyma@yandex.ru

*В работе представлены результаты экспедиционных исследований, в ходе которых были выявлены 48 болот и заболоченностей на территории Республики Алтай. Приводится их описание и характеристика торфяных залежей. Подтверждено, что пространственная структура горных болот Республики Алтай отличается мозаичностью и мелкоконтурностью, что отражено в вертикальной структуре торфяных залежей. Радиоуглеродные датировки придонных образцов торфа болот Республики Алтай указывают на то, что активное образование первичных очагов торфонакопления возникло в конце бореального и начале суббореального периода. Показано, что процесс болотообразования интенсивно продолжается и в современный период.*

*Ключевые слова:* Республика Алтай; болото; заболоченность; торф.

DOI: 10.24412/2410-1192-2021-16301

Дата поступления: 20.11.2021

Территория Республики Алтай (РА) – это уникальная территория России, известная всему миру своими ландшафтами, озерами, реками. Недаром говорят, что Горный Алтай – это курортная зона

мира, что определяет огромную ответственность общества за рациональное использование природных ресурсов этого региона [География..., 2016]. Поэтому именно на этой территории необходимо

проведение фундаментальных исследований. К таким исследованиям относятся целый спектр вопросов, касающихся сохранения экологического равновесия в природе РА. Это участие экосистем в водном балансе территории, геохимических процессах передвижения загрязняющих веществ в ландшафтах, обеспечение сохранения генофонда флоры и фауны, формирование климатического режима территории [Сухова, Журавлева, 2018] и др. Расчетные методы в современный период показывают благополучие состояния природы на Алтае, но так ли это [Суразакова, 2019]?

Одними из интересных природных образований являются торфяные болота. Болотные экосистемы играют важную роль в поддержании состава атмосферного воздуха: их растительность обогащает атмосферу кислородом и усваивает углекислый газ, изымая из планетарного цикла углерод и консервируя его в торфяниках на тысячи лет. История развития современных болот насчитывает не более 8–10 тысяч лет, соответствуя современному этапу осадконакопления – голоцену. Для позднего голоцена характерны неоднократные похолодания и увлажнения климата, разделенные значительными потеплениями, при этом длительность влажных и холодных экстремумов очень невелика – 300–500 лет. Болото – это участок земной поверхно-

сти, для которого характерно постоянное застойное увлажнение и, как следствие, формирование специфической растительности, накопление частично разложившегося органического вещества, которое превращается далее в торфяную залежь (ТЗ) слоем не менее 30 см. При глубине торфа менее 30 см участок относится к заболоченным землям. Заболоченные земли представляют собой начальные этапы развития болот, которые не обязательно будут иметь продолжение. Процессы болотообразования можно рассматривать на уровне активно действующих экзогенных процессов, а болотные массивы – динамично развивающихся геологических объектов. Конец оптимальной эпохи голоцена на Алтае совпадает с рубежом атлантик-суббореала схемы Блитта-Сернандера и датируется примерно 4,5–4 тыс. лет назад. О накоплении торфа в голоцене в пределах высокогорных впадин говорят многочисленные факты. Так, линзы торфа, датированные 2,7 тыс. лет, зафиксированы в верхней части аллювиального комплекса в низовьях р. Богояш в высокогорной Джулукульской впадине. В уступе пролювиального конуса выноса р. Курайка в Курайской межгорной впадине вскрыт нижний галечно-руслевой и пойменно-суглинистый аллювиальный комплекс с линзами торфа, датированного возрастом  $4590 \pm 30$  14C лет BP (before

present) (СОАН–2374). В районе оз. Джулукуль в обнажении прослежена смена ленточных глин торфяниками, синхронных последнему оледенению. Палинологические исследования этого разреза показали постепенную смену растительности конца ледникового времени растительными ассоциациями периода голоцена. Поэтому территория РА весьма неоднородна по степени заболоченности и торфонакоплению. Вместе с тем процессы заболачивания и торфонакопления в горных районах имеют подчиненное значение и выражены не так ярко, как на равнинах, что отмечалось ранее исследователями [Куминова, 1960; Калинина, 1948; Волкова, Волков, 2014]. В отдельных, наиболее благоприятных условиях, например в межгорных депрессиях, болотообразовательный процесс имеет значительные масштабы, благодаря чему размеры болот и мощность ТЗ становятся сравнимыми с такими для равнинных болот. В настоящее время процесс болотообразования происходит путем зарастания стариц и долинных озер, а также заболачивания суши, лесов и лугов.

#### *Материал и методика исследований*

В 2001 г. ФГУП СНИИГиМСом был проведен анализ сырьевой базы торфя-

ных ресурсов Республики Алтай на основании систематизации имеющихся сведений по литературным источникам, материалам геологической съемки, топографическим картам [Оценка...2001]. На государственном балансе числится одно Ыныргинское месторождение с балансовыми запасами по категории детально разведанных – 744 тыс. т. и 13 месторождений с суммарными прогнозными ресурсами – 7614 тыс. т. Выявлено также 17 заболоченностей с мощностью торфа менее 0,3 м. Безусловно, это были предварительные оценки, которые предполагали дальнейшие исследования. На фоне пристального внимания ученых к обширным равнинным болотам, горные болота Сибири остаются мало изученными.

Поэтому целью данной работы было проведение обследования заболоченных территорий РА для выявления степени заболоченности, ресурсов торфа и их общетехнических характеристик (рисунок).

В процессе обследования описывали растительный покров, мощность ТЗ и отбирали образцы торфа торфяным буром ТБГ-1 на технический и химический анализ в местах наибольшей глубины залежи.

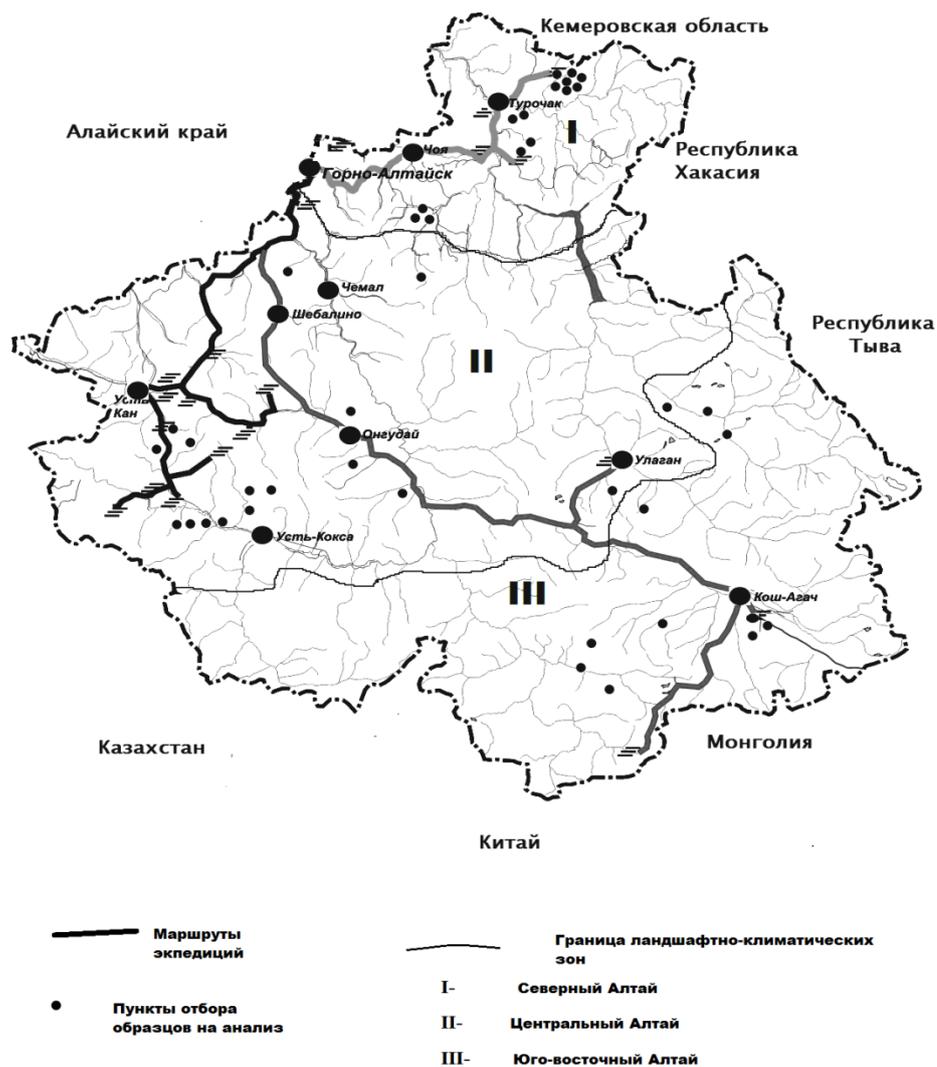


Рисунок. Маршруты экспедиций и пункты отбора образцов на анализы

Figure. Routes of expeditions and points of sampling for analyzes

Ботанический состав и степень разложения были определены Е.Я. Мульдияровым по [ГОСТ...,1989], зольность согласно [ГОСТ..., 1995]. Датирование ТЗ выполнено на радиоуглеродной установке QUANTULUS-1220 (бензолно-сцинтилляционный вариант) в лаборатории геологии и палеоклиматологии кайнозоя Института

геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск).

#### *Результаты исследований и их обсуждение*

Территория РА подразделяется на три ландшафтно-климатических зоны: Северный, Центральный и Юго-Восточный Алтай [Сляднев, 1964; Почвы...,1973]. Наибольшие площади

болот сосредоточены в Северо-Восточном Алтае, чему благоприятствует большое количество осадков (в том числе в зимний период) при невысоких уклонах стока вод, по сравнению с другими районами Горного Алтая.

*Северо-Восточный Алтай.* В этой части Алтая было обследовано 6 болот и 4 заболоченности в Турочакском и Чойском районах (табл. 1). Условия образования болот на этой территории и их отдельные характеристики были первоначально приведены в работе [Инишева и др., 2011].

Так, рассмотрим стратиграфический профиль ТЗ эвтрофных и мезотрофных болот на примере болот Турочакское и Кутюшское (табл. 1, 2).

Растительность болота Турочакское характеризуется древесно-осоковым фитоценозом. Древесный ярус представлен березой бонитетом IIIа класса высотой 8 м, диаметром 10 см, полнотой 0,3, черемухой (*Padus avium* Mill.), встречается сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Подлесок средней густоты образован ивой (*Salix*), средняя высота 2 м. Наземный ярус: отмечаются кочки осоки пузырчатой (*Carex vesicaria* L.) высотой до 50 см. В понижениях произрастает хвощ болотный (*Equisetum palustre* L.), подмаренник северный

(*Calium boreale* L.), лабазник вязолистный (*Filipendula ulmaria* L.), реже встречается папоротник (*Polypodiophyta*), мышиный горошек (*Vicia cracca* L.). Микрорельеф кочковатый, представлен осоково-моховыми кочками высотой 0,2 м. Обводненность поверхности – от средней до высокой. Глубина ТЗ в среднем составляет 2,5 м при экстремальных значениях 0,6-6,0 м. В основании ТЗ отмечается горизонт (до 2,5 м) органоминеральных отложений. Возраст болота – 7060±90 14С лет ВР (СОАН 8034).

При прослеживании взаимосвязей ландшафта и образования ТЗ можно констатировать, что в районах древних оледенений связь процесса торфообразования с определенными формами рельефа выступает особенно отчетливо. Так, в болоте Турочакское при малой площади глубина залежи достигает 4,6 м и запасы торфа по подсчетам геологов определяются значительными величинами – 849 тыс. т.

Растительность на болоте Кутюшское в отдельных его частях существенно различается. Встречаются практически безлесные пространства, ровные и покрытые сплошным моховым покровом с невысокой осокой.

Таблица 1

Характеристика торфяных залежей представительных болот Республики Алтай

Table 1

Characteristics of peat deposits of representative swamps of the Altai Republic

| Название болота<br>(координаты точек отбора) | Геоморфологическое положение | Мощность торфяной залежи, м | Виды торфа в торфяной залежи (сверху вниз), тип залежи | Экстремальные значения, %        |           | Возраст, 14С лет ВР     |
|--|------------------------------|-----------------------------|--|----------------------------------|-----------|-------------------------|
|  |                              |                             |  | степень разложения (сверху вниз) | зольность |                         |
| <b>Северный Алтай</b>                        |                              |                             |  |                                  |           |                         |
| Турочакское<br>(52°13' СШ,<br>87°06' ВД)     | присклоновое                 | 6,5                         | древесно-осоковый - травяной, Н                        | 20–60                            | 19,7–38,0 | 7060±90<br>(СОАН 8034)  |
| Кутюшское<br>(52°18' СШ,<br>87°15' ВД)       | долинное                     | 2,0                         | магелланикум, балтикум, шейхцериево-осоковый, П        | 5–40                             | 2,8–8,3   | -                       |
| Баланак<br>(52°02' СШ,<br>87°08' ВД)         | присклоновое                 | 4,7                         | осоковый, Н  | 15–40                            | 23,0–44,6 | -                       |
| Чойское<br>(52°02' СШ)                       | долинное                     | 1,8                         | осоковый, травяной, осоково-папоротниковый, Н          | 40–50                            | 33,1–44,1 | -                       |
| Бныргинское<br>(52°18' СШ,<br>87°15' ВД)     | долинное                     | 1,5                         | фускум, осоковый, папоротниковый, П                    | 10–30                            | 4,8–27,7  | 2215±140<br>(СОАН-8037) |
| <b>Центральный Алтай</b>                     |                              |                             |  |                                  |           |                         |
| Абайское<br>(50°24' СШ,<br>85°02' ВД)        | котловинное                  | 1,5                         | осоковый, Н  | 45,0                             | 13,2–46,6 | -                       |
| Соузар<br>(50°38' СШ,<br>85°18' ВД)          | котловинное                  | 0,2                         | очес   | -                                | 12,2–46,1 | 520±45<br>(СОАН-8034)   |
| Тюгюрюк<br>(50°38' СШ,<br>85°19' ВД)         | котловинное                  | 0,4–1,2                     | осоковый, Н  | 50                               | 20,8–42,1 | 430±55<br>(СОАН-8036)   |
| Кара-Кобек<br>«←→»                           | склоновое                    | 0,5                         | комплексно-верховой, П                                 | 8–10                             | 4,1–10,9  | -                       |
| Айгулакское<br>(50°27' СШ.,<br>84°52'ВД)     | котловинное                  | 3,1                         | осоковый, древесно-осоковый, древесно-гипновый, Н      | 10–55                            | 9,7–26,3  | -                       |
| Долина р. Онулу<br>(50°38' СШ,<br>88°03' ВД) | долинное                     | 0,3                         | сфагновый, П, осоковый, древесно-осоковый, Н           | 25–35                            | 17,3–34,1 | 905±45<br>(СОАН-8039)   |
| <b>Юго-Восточный Алтай</b>                   |                              |                             |  |                                  |           |                         |
| Сас<br>(50°02' СШ,<br>89°01' ВД)             | долинное                     | 0,2                         | -  | -                                | 36,0–46,5 | 1100±65<br>(СОАН-8040)  |
| Южно-Чуйское<br>(49°41' СШ,<br>87°33' ВД)    | вогнуто-склоновое            | 1,8                         | осоковый, древесно-осоковый, Н                         | 15–45                            | 6,4–29,0  | -                       |

Примечание: «←→» – не определяли, Н – низинный, П – переходный тип, ВР – before present.

Таблица 2

Ботанический состав торфяной залежи болота Турочакское

Table 2

Botanical composition of the peat deposit of the Turochakское swamp

| Глубина отбора, см | Ботанический состав, %   | Глубина отбора, см | Ботанический состав, %  |
|--------------------|--|--------------------|---|
| 0–100              | Древесина (Б, кустарнички), 25, <i>C. lasiocarpa</i> , 20, <i>C. rostrata</i> , 5, <i>C. omskiana</i> , 50, <i>Sphagnum platyphyllum</i> , +               | 275–300            | Следы минерального загрязнения, древесина (Б), 5, <i>C. lasiocarpa</i> , 35, <i>C. rostrata</i> , 15, С. (неопр), 10, хвощ, 20, вахта, 10, пушица ( <i>E. polystachyon</i> ), 5 |
| 150–175            | Следы минерального загрязнения, древесина (Б), 5, <i>C. lasiocarpa</i> , 20, <i>C. rostrata</i> , 25, <i>C. (caespitosa ?)</i> , 10, хвощ, 20, вахта, 20   | 325–350            | Древесина (Б), 5, <i>C. lasiocarpa</i> , 10, <i>C. rostrata</i> , 5, <i>C. caespitosa</i> , 5, хвощ, 15, вахта, 60  |
| 200–225            | Следы минерального загрязнения, древесина (Б, куст), 20, <i>C. lasiocarpa</i> , 25, <i>C. rostrata</i> , 5, <i>C. caespitosa</i> , 10, хвощ, 30, вахта, 10 | 425–450            | Слабое минеральное загрязнение, <i>C. lasiocarpa</i> , 5, вахта, 85, хвощ, 10   |

Примечание. С – сосна, Б – береза, *C.* - *Carex* (осока), “+” – присутствует.

В отдельных местах произрастает береза белая (*Betula alba* L.) высотой 2–4 м с редкой сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и, наоборот, преобладает сосна с редкой березой. В травяном ярусе отмечены осоки (*Carex caespitosa* L., *C. vesicaria* L., *C. acuta* L., *C. leporina* L.), подбел (*Andromeda*), вахта трёхлистная (*Menyanthes trifoliata* L.), роснянка круглолистная (*Drosera rotundifolia* L.), встречается брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), хвощ болотный (*Equisetum palustre* L.), ятрышник шлемоносный (*Orchis militaris* L.), любка двулистная (*Platanthera bifolia* L.) изредка – мятлик луговой (*Poa palustris* L.). Очень редко встречается кукушкин цвет обыкновенный (*Coronariaflos-*

*ciculi* L.), на кочках и по краю пониженный произрастает подмаренник топяной (*Galium uliginosum* L.), клюква (*Oxycoccus* Hill). Моховой ярус сложен сфагновыми мхами.

Болото расположено в долине рек Большой и Малый Кутюш. Горнодолинные болота, в том числе и Кутюшское, питаются или речными водами или водами поверхностного стока и ключей, выходящих на поверхность у подножья гор. Такие торфяники мало мощны и сформированы низинными тростниковым, осоковым, гипновым и иногда древесным торфами, часто с включениями минеральных прослоев. Иногда бывает заторфован весь тальвег верхней части ключевой долины со

всеми ее ответвлениями. В этом случае торфяник имеет характер ветвистой системы, что и наблюдается на Кутюшском болоте. Зольность ТЗ составляет 2,8–8,3%, степень разложения – в пределах от 5 (в верхних слоях) до 40% ближе к подстилающей породе. Ботанический состав ТЗ различается по территории болота, в таблице 3 представлена стратиграфия залежи по точке бурения в его центре. До глубины 125 см залежь сложена сфагновыми мхами с небольшим включением пушицы. И только на глубине 175–200 см появляются древесина – 15%, осоки – 50%, вахта – 10%.

На основании подробного анализа растительности болот в пределах Турчакского и Чойского районов приводится обобщенный список видов осок и сфагновых мхов, присутствующих на этой территории. Осоки: осока волосистоплодная (*Carex lasiocarpa* Ehrh.), оносиковая, или вздутая (*C. rostrata* Stokes), о. топяная (*C. limosa* L.), о. струнокоренная (*C. chordorrhiza* Ehrh. ex L.f.), о. дернистая (*C. caespitosa* L.), о. омская (*C. omskiana* Meinsh.), о. сближенная (*C. appropinquate* Schumach), о. магелланская (*C. magellanica* Lam.), осоки неопределенные (*Carex* sp.).

Таблица 3

Ботанический состав торфяной залежи болота Кутюшское

Table 3

Botanical composition of the peat deposit of the Kutuyushskoe swamp

| Глубина отбора, см | Ботанический состав, %   | Глубина отбора, см | Ботанический состав, %  |
|--------------------|--|--------------------|---|
| 0–25               | Кустарнички, 5,<br><i>Sphagnum magellanicum</i> , 85,<br><i>Sphagnum angustifolium</i> , 10  | 100–125            | Кустарнички, +,<br><i>Sphagnum magellanicum</i> , 85,<br><i>Sphagnum angustifolium</i> , 5,<br>пушица ( <i>E. polystachyon</i> ), 10  |
| 25–50              | Кустарнички, +,<br><i>Sphagnum magellanicum</i> , 100,<br><i>Sphagnum angustifolium</i> , +  | 125–150            | <i>Sphagnum magellanicum</i> , 10,<br><i>Sphagnum angustifolium</i> , 5,<br><i>Sphagnum balticum</i> , 5,<br><i>C. limosa</i> , 10, шейхцерия, 60,<br>пушица ( <i>E. polystachyon</i> ), 10 |
| 50–75              | Кустарнички, +,<br><i>Sphagnum magellanicum</i> , 95, <i>Sphagnum angustifolium</i> , 5  | 150–175            | <i>Sphagnum magellanicum</i> , 10,<br><i>C. limosa</i> , 5, шейхцерия, 35,<br>пушица ( <i>E. polystachyon</i> ), 30,<br><i>C. rostrata</i> , 15   |
| 75–100             | Кустарнички, +,<br><i>Sphagnum magellanicum</i> , 100,<br><i>Sphagnum angustifolium</i> , +,<br>Пушица ( <i>E. polystachyon</i> ), + | 175–200            | Древесина (С, Б), 15, <i>C. rostrata</i> , 50,<br>вахта, 10, <i>E. polystachyon</i> , 15,<br>шейхцерия, 15, <i>Sphagnum magellanicum</i> ,<br><i>Sph. centrale</i> , <i>Sph. falax</i> ), 5 |

Примечание. С – сосна, Б – береза, С.- carex (осока), “+” – присутствует.

Сфагновые мхи: сфагнум магелланский (*Sphagnum magellanicum* Brid.), с. центральный (*Sph. centrale* C. Jens.), с. узколистый (*Sph. angustifolium* (Russ) G. Jens.), с. балтийский (*Sph. balticum* C. Jens.), с. обманчивый (*Sph. fallax* (H.Klinggr.) H.Klinggr.), с. извилистый (*Sph. flexuosum* Dozy et Molk.), с. тупой (*Sph. obtusum* Warnst.), с. большой (*Sph. majus* (Russow) C.E.O.Jensen), с. гладкий (*Sph. teres* (Schimp.) Aongstr.), с. однокорный (*Sph. subsecundum* Nees.), с. плосколистный (*Sph. platyphyllum* (Lindb. ex Braithw.) Warnst.).

Обследование ТЗ болота Ынырга позволило выявить два основных очага заболачивания. Надо полагать, что переувлажнение здесь происходило больше за счет слабоминерализованных поверхностно-сточных вод, атмосферных осадков и вод снеготаяния. В результате торф этой части болота имеет относительно невысокую зольность в пределах 4,8–16,0%, большие величины зольности (до 27,7%), характерные для придонных слоев. Болото имеет долинное происхождение, эвтрофный тип строения (осоково-папоротниковый торф до 100 см, далее до 175 см – травяной), местами – переходный (фускум-осоковый-папоротниковый). Мощность ТЗ достигает 1,8 м и возраст составляет 2215±140 14С лет ВР (СОАН-8037).

Площадь Чойского болота по прогнозной оценке геологов была определена в нулевой границе 1380 га, степень разложения торфов – 29–45% и зольность 18–50%. По нашим исследованиям были получены более широкие интервалы по степени разложения, зольности и по площади (предположительно – в 1,5 раза). На глубине 375–400 см перед минеральным горизонтом определен возраст 7060±90 14С лет ВР (СОАН-7649).

Заболоченности характеризуются мощностью залежи 20–30 см, сформированные осоковым торфом, чаще высокой степени разложения и зольности. Нередки заболоченности и в горных долинах по берегам текущих по ним рек и в долинах древних рек.

*Центральный Алтай.* Были исследованы заболоченности Нижнее-Кудатинское, Айгулакское, Ябоганское, Соузар, Тюгурюк, Абайское, Карагай, болото на северном склоне горы Кара-Кобек, в долине р. Онулу и др. Подробно были обследованы заболоченности в долине реки Нижняя Кудаты (51°08' СШ и 85°19' ВД), и около с. Беш-Озек (51°0,7'СШ и 85°14'ВД), которые имели прослойку торфа от 10 до 30 см. Растительность здесь представлена чаще кустарниками, отмечаются осоковые кочки высотой до 30–50 см. Канская и Якбочиевская заболоченности с поверхно-

сти покрыты минеральным грунтом. Были также охвачены исследованиями Каярлыкская, Ручьевская, Тулайтовская территории вокруг Теньгинского озера (50°58' СШ и 84°46' ВД), а также между селами Каярлык и Ело. Торфяная прослойка в них либо отсутствовала, либо не превышала 10 см, чаще это был дерновый слой.

Одним из крупных болотных массивов является Абайское болото. Абайская межгорная депрессия приподнята на высоту 1100 м над уровнем моря. Длина ее составляет 25 км, ширина – 6–9 км. Мощность осоковой залежи не превышает 1,5 м, зольность торфов изменяется в пределах 13,2–46,6%, степень разложения – до 45%. Мелиоративные мероприятия повлекли за собой глубокие изменения, приведшие к разрушению естественных фитоценозов. В результате мелиорирующего воздействия исчезли зеленомошные группировки, резко сократилась площадь пушицевых участков болота, сохранились нетронутыми площади вейниковых болот, а господствовавшие ранее осоковые болота находятся в стадии нарушенной фитоценотической структуры. В настоящее время болото проходит стадию восстановления [Логутенко, 1987].

Самое большое Тюгюрюкское болото располагается на высоте 1480–1560 м

над уровнем моря и занимает площадь около 10400 га. Растительность болота подробно описана И.И. Волковой [2007]. Преобладающая здесь осоковая ТЗ имеет мощность от 0,3 до 1,2 м, степень разложения 18–50% и зольность 20,8–42,1%. Возраст болота составляет  $430 \pm 55$  лет ВР (СОАН-8036). На болоте распространены бугры мерзлотного пучения, покрытые мхами, карликовой березкой (*Betula nana* L.) ивами (*Salix*).

Болото в долине р. Онулу (см табл. 1) имеет торфянистый горизонт мощностью 0,4 м с поверхности сложенный сфагновым видом торфа и далее – осоковым, древесно-осоковым, степень разложения 25–35% и пределы зольности 17,3–34,1%. Возраст болота  $905 \pm 45$  лет ВР (СОАН-8039).

В горах торфяники развиваются на довольно крутых склонах у выхода на поверхность ключевых вод (висячие болота). Разливаясь вниз по склону, воды обеспечивают условия избыточного увлажнения и способствуют заселению почв влаголюбивой растительностью. Залежь таких торфяников сложена осоково-гипновыми эвтрофными торфами малой или средней степени разложения. Мощность ее, а также занимаемая площадь невелики. При увлажнении склона атмосферными осадками, вследствие конденсации их горными вершинами, торфяни-

ки могут иметь олиготрофный тип строения. Такое болото было встречено на склоне горы Кара-Кобек с комплексным олиготрофным торфом с поверхности и зольностью 4,1–10,9%. Мощность залежи по склону от 0,5 до 1,5 м.

Много встречается болот небольшого размера, возраст которых не более 2000 лет. Например, процесс болотообразования в Карагайском болоте составляет  $2020 \pm 100$  14С лет ВР (СОАН-8038). Как правило, маломощная ТЗ таких болот характеризуется с поверхности невысокой зольностью, но в слоях глубже 20 см этот показатель увеличивается до 50%.

*Юго-Восточный Алтай* в силу своего положения испытывает наибольшее влияние Центральной Азии, поэтому климат его является наиболее континентальным. Изменения, внесённые его рельефом в зональный климат, проявляются в формировании вертикальной поясности. Здесь можно выделить два типа климатов – климат горных массивов (высокогорий) и климат межгорных котловин (среднегорий). В горных местностях заторфованность, как правило, незначительная. Чаще всего горные болота возникают вокруг озёр и постепенно заполняют всю озерную котловину. Так что о бывшем в ней когда-то озере свидетельствуют только водно-озерные отложения, подстилающие ТЗ. Залежи та-

ких торфяников относятся к эвтрофному типу, а иногда к мезотрофному.

В районах с развитыми мерзлотными процессами основными факторами заболачивания являются наличие водупорного слоя мерзлых грунтов и низкие температуры, определяющие малую испаряемость, что делает возможным развитие болот даже при небольшом количестве осадков. Так, на высокогорном плато Укок площади, занимаемые водно-болотными ландшафтами, оцениваются в 20% от всей площади плоскогорья. На этой территории были обследованы в Улаганском районе долина реки Улаган, Улаганский перевал, Саратан, в Кош-Агачском – плато Укок, болото Сас, Южно-Чуйское и др. Обнаружено широкое разнообразие болот, как по генезису, так и по занимаемой площади. Развитие болот на этой территории связано с наличием на небольшой глубине многолетней мерзлоты, выполняющей функцию водупорного горизонта. Подстилающие породы легко проницаемые для воды и если бы не наличие мерзлоты, то образование болот было бы ограничено. В Улаганском районе описаны несколько склоновых болот, на которых одновременно произрастают олиготрофные и эвтрофные растения-торфообразователи. Мощность ТЗ достигает 1,5 м.

На территории плато Укок распространены осоковые заболоченности (49°17'СШ и 87°46'ВД) с небольшой мощностью торфа. В понижении 10 см слоя приходится на очес из осоки, под ним оторфованный слой мощностью 10 см. Мерзлота начинается с глубины 25 см. С 30 см встречается галька с глинистым включением. В окрестностях озера Укок отмечаются заросли березы круглолистной (*Betula rotundifolia* Spach), поверхность покрыта мхом. На небольших возвышениях (20–30 см) встречается лишайник с включениями родиолы четырехнадрезанной (*Rhodiola quadrifida* (Pall. Fisch. & C.A. Mey.)). Редко отмечаются виды семейства бобовых горечавка (*Gentiana* L.). Между двумя возвышенностями образуется залежь хорошо развитых сфагновых мхов прямо на камнях. Мох плотный с включением осоки, пушицы и обилием воды.

Болото Сас (окрестности с. Кокоря, 50°02'СШ и 89°01'ВД), можно отнести к заболоченным землям, мощность торфяной прослойки не превышает 45 см и торф характеризуется высокой зольностью 50–70%, но встречаются на болоте и торфа с меньшей зольностью (25–30%) с торфяным профилем олиготрофного типа. Это свидетельствует о смешанном грунтово-поверхностном водном питании. Небольшие по размеру болота в Улаганском районе (например,

Улаганский перевал) имеют мощность ТЗ до 1,3 м, которая с поверхности была комплексной олиготрофной, сменяющейся глубже древесно-осоковой эвтрофной. Южно-Чуйское болото с координатами (49°41'СШ, 87°33'ВД) по геоморфологическим параметрам относится к вогнуто-склоновым. Мощность ТЗ составляет 1,8 м, с поверхности она сформирована осоковым и глубже - древесно-осоковым эвтрофным видами торфа со степенью разложения –15–45% и зольностью 6,4–29,0%.

Важно отметить, что влажность торфов в ТЗ на этой территории меньше, чем на северо-восточной и центральной территории Алтая и изменяется в пределах 58–70%.

#### Заключение

В процессе экспедиционных исследований были выявлены и описаны 48 болот и заболоченностей на территории Республики Алтай, которые позволили оценить условия формирования болот, определить 2 пути их образования: зарастание водоемов и заболачивание суходолов. В дальнейшем эти исследования позволили выбрать и заложить 3 опорных пункта наблюдений за режимами болот на территории Республики Алтай.

Радиоуглеродные датировки придонных образцов торфа исследованных

болот Республики Алтай свидетельствуют о том, что активное формирование первичных очагов торфонакопления началось в конце бореального и начале суббореального периода. Пространственная структура горных болот Республики Алтай отличается мозаичностью и мелкоконтурностью, что отражено в вертикальной структуре торфяных залежей.

Процесс болотообразования интенсивно продолжается и в современный период. Например, Тюгюрюкское болото на Теректинском хребте в настоящее время характеризуется высокой скоростью торфонакопления 1,06–0,83 мм/год. Развитие болот в среднегорной и высокогорной зоне Горного Алтая зачастую связано с наличием вечной или островной мерзлоты. Торфяные залежи

эвтрофного типа характеризуются высокой зольностью (первичной и вторичной) и степенью разложения.

За последнее время возрос интерес к природным красотам Алтая. Одновременно выявилась и заинтересованность управленцев, практиков и потребителей в развитии экологического туризма. В частности, в сферу экологического туризма начинают вовлекаться болотные экосистемы, даже появилось новое понятие «болотный туризм» [Potschin et al., 2016; Исаченко, 2021]. Если вовремя не оптимизировать территорию Республики Алтай по эколого-хозяйственным фондам, в том числе и для туризма, то экологическая обстановка на ее территории может ухудшиться, о чем беспокоятся ученые [Робертус, 2021].

*Конфликт интересов.* Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Conflict of interest.* The authors declares that he has no conflict of interest.

#### *Список литературы*

1. Волкова И.И. О крупнейшем болоте Горного Алтая // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: Матер. VI Междунар. научно-практической конф. (25–28 октября 2007 г., Барнаул). Барнаул: Изд-во “АзБука”. 2007. С. 126–129.

2. Волкова И.И., Волков И.В. Ландшафтно-экологическая характеристика мерзлотного седловинного болота у г. Саганы (хребет Иолго, Центральный Алтай) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2014. № 1 (25). С. 211–222. doi: 10.17223/19988591/25/15.

3. География Сибири в начале XXI века: в 6 т. Западная Сибирь / Ред. Ю.И. Винокуров, Б.А. Красноярова. Новосибирск: Академическое Издательство “Гео”, 2016. Т.5. 447 с.
4. ГОСТ 28245.2–89. Методы определения ботанического состава и степени разложения. М: ИПК. Изд-во стандартов, 1989. 7 с.
5. ГОСТ 11306–83. Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности. М: ИПК Изд-во стандартов, 1995. 8 с.
6. Инишева Л.И., Шурова М.В., Ларина Г.В., Хмелева И.Р., Инишев Н.Г., Смирнов О.Н. Торфяные болота северо-восточной части территории Горного Алтая // Известия Бийского отделения Русского географического общества. Бийск: АГАО им. В.М. Шукшина. 2011. Вып. 32. С. 59–66.
7. Исаченко Т.Е. Болотные экосистемы как объекты туризма и рекреации // Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее: Матер. Шестого Междунар. полевого симпозиума (28 июня – 08 июля 2021 г., Ханты-Мансийск). Томск: Изд-во Томского ун-та, 2021. С. 199–201.
8. Калинина А.В. Растительность Чуйской степи на Алтае // Труды Бот. ин-та АН СССР. М–Л: Изд-во АН СССР, 1948. Сер. 3. Геоботаника. Вып. 5. С. 273–340.
9. Куминова А.В. Растительный покров Алтая. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1960. 450 с.
10. Логутенко Н.В. Динамика растительности Абайского болотного массива (Горный Алтай) // Геоботанические исследования в Западной и Средней Сибири. Новосибирск: Наука, 1987. С. 81–84.
11. Оценка территории Республики Алтай на торф // Отчет по договору 5360(3). Новосибирск. 2001. 92 с.
12. Почвы Горно-Алтайской автономной области / Ред. Р.В. Ковалева. Новосибирск: Наука, 1973. 352 с.
13. Робертус Ю.В. Республика Алтай: экологические проблемы и пути их решения // Природа. 2021. № 9 (1273). С. 35–46.
14. Сляднев А.П. Климатическое районирование юго-востока Западно-Сибирской равнины в связи с районированием Западной Сибири // Сибирский географический сборник. М–Л: Наука, 1964. № 3. С. 19–83.
15. Суразакова С.П. Экологический фактор пространственного развития территории // Географические исследования Сибири и сопредельных территорий: Матер. Междунар. географической конф., посвященной 90-летию со дня рождения академика Вла-

димира Васильевича Воробьева (21–25 октября 2019 г., Иркутск). Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2019. С. 232–235.

16. Сухова М.Г., Журавлева О.В. Изменения температуры воздуха и осадков в межгорных котловинах юго-восточного и центрального Алтая // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2018. № 6. С. 93–101.

17. Potschin M., Haines-Young R., Fish R., Turner R.K. Defining and measuring ecosystem services // Routledge Handbook of Ecosystem Services. 2016. P. 25–44.

### *References*

1. Volkova I.I. O krupneyshem bolote Gornogo Altaya [About the largest swamp of Gorny Altai] // Problemy botaniki Yuzhnoy Sibiri i Mongolii: Mater. VI Mezhdunar. nauchno-prakticheskoy konf. (25–28 oktyabrya 2007 g., Barnaul) [Problems of Botany of Southern Siberia and Mongolia: Mater. VI Int. scientific and practical conf. (October 25–28, 2007)]. Barnaul: Izd-vo “AzBuka”. 2007. P. 126–129. (in Russian).

2. Volkova I.I., Volkov I.V. Landshaftno-ekologicheskaya kharakteristika merzlotnogo sedlovinnogo bolota u g. Sagany (khrebet Iolgo, Tsentral'nyy Altay) [Landscape and ecological characteristics of the permafrost saddle swamp near the city of Sagany (Iolgo ridge, Central Altai)] // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya. 2014. № 1 (25). P. 211–222. (in Russian). doi: 10.17223/19988591/25/15.

3. Geografiya Sibiri v nachale XXI veka: v 6 t. Zapadnaya Sibir' [Geography of Siberia at the beginning of the XXI century: in 6 volumes. Western Siberia / Ed. Yu.I. Vinokurov, B.A. Krasnoyarova. Novosibirsk: Akademicheskoye Izdatel'stvo “Geo”. 2016. T.5. 447 p. (in Russian).

4. GOST 28245.2–89. Metody opredeleniya botanicheskogo sostava i stepeni razlozheniya [GOST 28245.2–89. Methods for determining the botanical composition and degree of decomposition]. M: IPK. Izd-vo standartov, 1989. 7 p. (in Russian).

5. GOST 11306–83. Torf i produkty yego pererabotki. Metody opredeleniya zol'nosti [GOST 11306–83. Peat and products of its processing. Ash content determination methods]. M: IPK Izd-vo standartov, 1995. 8 p. (in Russian).

6. Inisheva L.I., Shurova M.V., Larina G.V., Khmeleva I.R., Inishev N.G., Smirnov O.N. Torfyanyye bolota severo-vostochnoy chasti territorii Gornogo Altaya [Peat swamps in the northeastern part of the Altai Mountains] // Izvestiya Biyskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva [News of the Biysk Branch of the Russian Geographical Society]. Biysk: AGAO im. V.M. Shukshina. 2011. no. 32. P. 59–66. (in Russian).

7. Isachenko T.Ye. Bolotnyye ekosistemy kak ob"yekty turizma i rekreatsii [Swamp ecosystems as objects of tourism and recreation] // Zapadno-Sibirskiye torfyaniki i tsikl ugleroda: proshloye i nastoyashcheye: Mater. Shestogo Mezhdunar. polevogo simpoziuma (28 iyunya – 08 iyulya 2021 g., Khanty-Mansiysk) [West Siberian peatlands and the carbon cycle: past and present: Mater. Sixth Intern. field symposium (June 28 – July 08, 2021)]. Tomsk: Izd-vo Tomskogo un-ta. 2021. P. 199–201. (in Russian).

8. Kalinina A.V. Rastitel'nost' Chuyskoy stepi na Altaye [Vegetation of the Chuya steppe in Altai] // Trudy Bot. in-ta AN SSSR. M–L: Izd-vo AN SSSR, 1948. Ser. 3. Geobotanika. no. 5. P. 273–340. (in Russian).

9. Kuminova A.V. Rastitel'nyy pokrov Altaya. [Altai vegetation cover]. Novosibirsk: Izd-vo SO AN SSSR, 1960. 450 p. (in Russian).

10. Logutenko N.V. Dinamika rastitel'nosti Abayskogo bolotnogo massiva (Gornyy Altay) [Vegetation dynamics of the Abai swamp massif (Gorny Altai)] // Geobotanicheskiye issledovaniya v Zapadnoy i Sredney Sibiri. Novosibirsk: Nauka, 1987. P. 81–84. (in Russian).

11. Otsenka territorii Respubliki Altay na torf. [Assessment of the territory of the Altai Republic for peat] / Otchet po dogovoru 5360(3) [Contract report 5360(3)]. Novosibirsk. 2001. 92 p. (in Russian).

12. Pochvy Gorno-Altayskoy avtonomnoy oblasti [Soils of the Gorno-Altai Autonomous Region]/ Ed. R.V. Kovaleva. Novosibirsk: Nauka, 1973. 352 p. (in Russian).

13. Robertus Yu.V. Respublika Altay: ekologicheskiye problemy i puti ikh resheniya [Altai Republic: Environmental Problems and Ways to Solve Them] // Priroda [Nature]. 2021. № 9 (1273). P. 35–46. (in Russian).

14. Slyadnev A.P. Klimaticheskoye rayonirovaniye yugo-vostoka Zapadno-Sibirskoy ravniny v svyazi s rayonirovaniyem Zapadnoy Sibiri [Climatic regionalization of the south-east of the West Siberian Plain in connection with the regionalization of Western Siberia] // Sibirskiy geograficheskiy sbornik [Siberian Geographical Collection]. M–L: Nauka, 1964. № 3. P. 19–83. (in Russian).

15. Surazakova S.P. Ekologicheskiy faktor prostranstvennogo razvitiya territorii [The ecological factor of the spatial development of the territory.] // Geograficheskiye issledovaniya Sibiri i sopredel'nykh territoriy: Mater. Mezhdunar. geograficheskoy konf., posvyashchennoy 90-letiyu so dnya rozhdeniya akademika Vladimira Vasil'yevicha Vorob'yeva (21–25 oktyabrya 2019 g., Irkutsk) [Geographical research of Siberia and adjacent territories: Mater. Int. geographic conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Academician Vla-

dimir Vasilyevich Vorobyov (October 21–25, 2019)]. Irkutsk: Izd-vo Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2019. P. 232–235. (in Russian).

16. Sukhova M.G., Zhuravleva O.V. *Izmeneniya temperatury vozdukha i osadkov v mezhgornnykh kotlovinakh yugo-vostochnogo i tsentral'nogo Altaya* [Changes in air temperature and precipitation in intermontane basins of southeastern and central Altai] // *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. The series is geographical]. 2018. № 6. P. 93–101. (in Russian).

17. Potschin M., Haines-Young R., Fish R., Turner R.K. *Defining and measuring ecosystem services* // *Routledge Handbook of Ecosystem Services*. 2016. P. 25–44.

## EXPEDITIONAL RESEARCHES OF SWAMPS AND WETLANDS OF THE REPUBLIC OF ALTAI

L.I. Inisheva<sup>1</sup>, M.V. Shurova<sup>2</sup>, M.S. Dostovalova<sup>3</sup>, G.V. Larina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Tomsk State Pedagogical University, 634061, Tomsk,*

<sup>2</sup>*Gorno-Altai State University, 649000, Gorno-Altaysk,*

<sup>3</sup>*Gorno-Altai branch of the branch establishment "Siberian regional center  
of the GMCH" FGBU "Gidropetsgeologiya",*

*E-mail: inisheva@mail.ru, knh@gasu.ru, ya.toyma@yandex.ru*

*The paper presents the results of expeditional researches, in which 48 swamps and wetlands were identified on the territory of the Altai Republic. Their description and characteristics of peat deposits are given. It is confirmed that the spatial structure of the mountain swamps of the Altai Republic is characterized by mosaic and small size, which is reflected in the vertical structure of peat deposits. Radiocarbon dating of bottom samples of peat swamps of the Altai Republic indicate that the active formation of primary foci of peat accumulation occurred at the end of the Boreal and the beginning of the subboreal period. It is shown that the process of swamp formation continues intensively in the modern period.*

**Keywords:** Altai Republic; swamps; paludification; peats.

*Received November 20, 2021*

*Сведения об авторах*

*Инишева Лидия Ивановна* - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, чл.-корр. РАН. Главный научный сотрудник НИЦ по естественным наукам Томского государственного педагогического университета. Россия, 634061, г. Томск, ул. Киевская, 60. E-mail: inisheva@mail.ru.

*Шурова Майя Владимировна* – кандидат геолого-минералогических наук. Старший научный сотрудник Горно-Алтайского государственного университета. Россия, 649000, г. Горно-Алтайск, ул. Ленина, 1. E-mail: knh@gasu.ru.

*Достовалова Марина Сергеевна* – специалист II категории Горно-Алтайского отделения Филиала «Сибирский региональный центр ГМСН» ФГБУ "Гидроспецгеология". Россия, 649000. Республика Алтай, с. Майма, ул. Заводская, 52. E-mail: aya.toyma@yandex.ru.

*Ларина Галина Васильевна* – кандидат химических наук, доцент Горно-Алтайского государственного университета. Россия, 649000, г. Горно-Алтайск, ул. Ленина, 1. E-mail: knh@gasu.ru.

*Information about the authors*

*Inisheva Lidia Ivanovna* – PhD (doctor of agricultural sciences), Chief Researcher of the Scientific Research Center of Natural Sciences. Tomsk State Pedagogical University. 60, Kievskaya st., 634061, Tomsk, Russia. E-mail: inisheva@mail.ru.

*Shurova Maya Vladimirovna* – PhD (candidate of geological and mineralogical science), Senior Researcher Gorno-Altai State University. 1, Lenina St., 649000, Gorno-Altai, Altai Republic, Russia. E-mail: knh@gasu.ru.

*Dostovalova Marina Sergeevna* – specialist of the 2 category. Gorno-Altai branch of the branch "Siberian regional center of the GMCH FGBU "Gidrospecegeologiya". 52, Zavodskaya st., 649000 Maima, Altai Republic, Russia. E-mail: aya.toyma@yandex.ru.

*Larina Galina Vasil'evna* – PhD (candidate of chemical science), Associate professor, Gorno-Altai State University. 1, Lenina St., 649000, Gorno-Altai, Altai Republic, Russia. E-mail: knh@gasu.ru.

УДК 504.062.2:911.6

## **УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В РЕГИОНАХ РОССИИ И ФРАНЦИИ: БАСЕЙНОВЫЙ ПРИНЦИП И УЧАСТИЕ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ ЛИЦ**

И.Д. Рыбкина, Е.Ю. Седова

*Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул,*

*E-mail: irina.rybkina@mail.ru*

*Статья содержит сравнительный анализ структуры управления водными ресурсами России и Франции с акцентом на участие общественности и других заинтересованных сторон. Целью исследования является поиск путей и возможностей такого участия. Для этого анализируются опубликованные литературные данные и оценки экспертного научного сообщества, основополагающие нормативно-правовые акты и программные документы. Источником для сравнительного анализа также послужила открытая информация водных агентств, бассейновых управлений и других территориальных органов управления водными ресурсами стран. Следует отметить, что при общности основной идеи управления по бассейновому принципу, существуют различия моделей управления водными ресурсами рассматриваемых государств. Французская модель характеризуется децентрализацией полномочий и функций в вопросах долгосрочного стратегического планирования регионами с высокой долей участия заинтересованных сторон в управлении водными ресурсами. На примере российских регионов показана модель управления водопользованием с преимущественным государственно-частным партнерством. При этом строго разграничены полномочия федеральных, региональных и муниципальных органов власти, а участие водопользователей и общественных организаций носит скорее декларативный характер и имеет крайне низкую долю в составе совещательных органов бассейновых водных управлений. Полученные в ходе анализа результаты сопоставляются с оценками и мнениями экспертов в сфере водных отношений. Приводится критика и обсуждение сложившихся структур управления водными ресурсами. В заключение делается вывод о высокой плотности общественных и муниципально-частных структур, чрезмерной институализации и дублировании обязанностей в системе государственного управления водными ресурсами Франции, а также необоснованной централизации государственной власти на федеральном уровне в структурах управления водопользованием регионов России. Авторы*

*придерживаются мнения, что вопрос об эффективном соотношении долей государственных (разных уровней), частных и общественных структур в управлении водными ресурсами остается открытым.*

*Ключевые слова:* управление водными ресурсами; бассейновый принцип; водные управления; бассейновые советы; заинтересованные лица; водопользователи; общественные экологические организации.

*DOI: 10.24412/2410-1192-2021-16302*

*Дата поступления: 1.12.21*

Согласно ст. 3 Водного кодекса (ВК) Российской Федерации (РФ) [2006], регулирование водных отношений происходит в границах бассейновых округов или, другими словами, по бассейновому принципу. Бассейновые округа являются основной единицей управления в сфере использования и охраны водных объектов и состоят из речных бассейнов и связанных с ними подземных водных объектов и морей (ст. 28 ВК РФ) [2006]. Фактически бассейновые округа находятся в ведении бассейновых водных управлений (БВУ) – территориальных органов Федерального агентства водных ресурсов (Росводресурсы). В Российской Федерации выделен 21 бассейновый округ. Например, на территории Верхнеобского бассейнового округа расположены пять субъектов федерации Сибирского федерального округа – Республика Алтай, Алтайский край, Кемеровская, Новосибирская и Томская области, а также частично Красноярский край и Омская область.

В каждом регионе проводится стратегическое планирование и управление социально-экономическим развитием территорий. Федеральный закон №172 от 28.06.2014 [Федеральный закон, 2014] определяет отношения, возникающие между участниками стратегического планирования в процессе целеполагания, прогнозирования, планирования и программирования социально-экономического развития РФ, субъектов федерации и муниципальных образований, отраслей экономики и сфер государственного и муниципального управления, обеспечения национальной безопасности РФ, а также мониторинга и контроля реализации документов стратегического планирования.

В документах стратегического планирования установлены основные направления развития экономик регионов. Однако следует констатировать, что они слабо увязаны с изменением водопотребления и водоотведения в рассматриваемых субъектах, прогнозированием водообеспечения и распре-

лением водных ресурсов между отраслями производства и отдельными крупными водопользователями. Несмотря на то, что в рамках схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) перспективы водопользования территорий рассмотрены в разрезе водохозяйственных участков, на сегодняшний момент отсутствует согласованное и взаимоувязанное планирование долгосрочным развитием регионов и водохозяйственной деятельностью в них. Отмечается явный перекося в сфере управления водными ресурсами регионов в сторону государственной власти, особенно на федеральном, в меньшей степени – на региональном и муниципальном уровнях. Участие общественности и заинтересованных лиц (водопользователей, частных компаний) в процессе управления крайне мало и незначительно. Поиск путей и возможностей такого участия является актуальной научно-исследовательской задачей.

#### *Материал и методика исследований*

Опыт других стран в вопросах управления водными ресурсами показывает, что при сохранении доминирующей роли государства в сфере водных отношений требуется активное участие заинтересованных лиц или, так называемых, *stakeholders*. Для этого следует

выделять сегменты водохозяйственной деятельности с преимущественным государственным и частным управлением водными ресурсами. При общей тенденции в странах Европейского Союза (ЕС) к бассейновому подходу в управлении водными ресурсами [Директива, 2000] обнаруживаются явные различия в постановке задач и распределении функций управления на государственном, региональном и муниципальном уровнях. Так, в странах ЕС приветствуется принцип децентрализации в вопросах долгосрочного стратегического планирования. Во Франции он нашел выражение на практике в форме инвестиций на строительство очистных сооружений и других капитальных затрат из собираемых муниципалитетами платежей на охрану водных объектов.

При этом доля участия заинтересованных сторон (водопользователей, общественных организаций и инициативных граждан) довольно значительна в общей структуре управления водными ресурсами бассейновых советов (комитетов) или «парламентов» (рис. 1а). Высшие государственные органы управления водными ресурсами в речных бассейнах – Агентства – формируются на паритетных началах тремя сторонами-участниками плюс один представитель от агентства (рис. 1б).

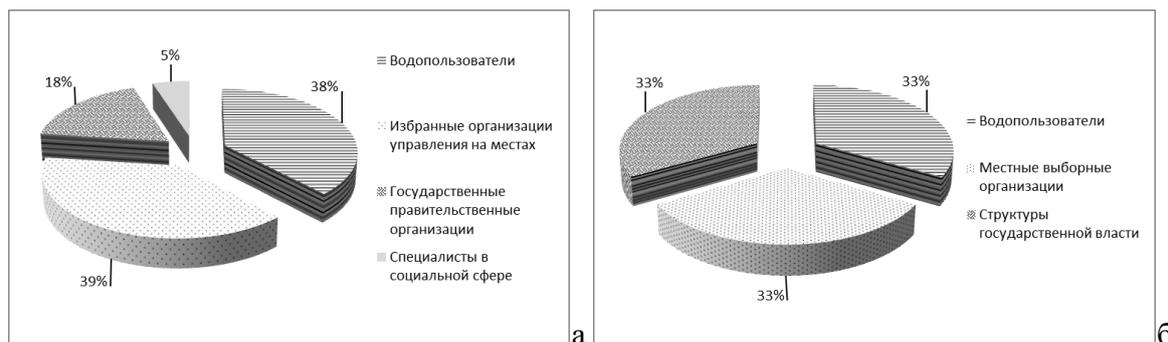


Рис.1. Структура органов управления водными ресурсами Франции: а – бассейновые советы (комитеты); б – Водные агентства речных бассейнов (данные бассейновых комитетов и водных агентств [Агентство, 2021]).

Fig.1. The structure of French water resources management bodies: a – basin councils (committees); b – River basin water agencies (data from basin committees and water agencies [Agentstvo, 2021]).

Следует также отметить, что по действующему законодательству Франции водные агентства не выступают в качестве заказчика каких-либо работ и не являются спонсорами проектов, выполнение которых одобрено бассейновыми советами (комитетами) в рамках плана намеченных к реализации мероприятий. Но предоставляют научно-техническое содействие и материальную поддержку, в том числе государственных и частных проектов; участвуют в сборе и перераспределении финансовых средств. Основная функция финансирования и сбора денежных средств в виде платежей все-таки принадлежит именно местным или муниципальным органам власти и выборным организациям, которые осуществляют непосредственно водохозяйственную деятельность на местах. В частности, муниципалитеты организуют публичные слушания новых проектов, заключают договоры на обслуживание и эксплуатацию водохозяйственных сооружений, прини-

мают решения об очередных инвестициях и ценах на воду, определяют режим управления водными ресурсами и требования к ним [Хмель, 2011].

Департамент по воде Министерства экологии Франции координирует государственную работу, касающуюся водной сферы. Национальное бюро по воде и водной среде оказывает департаменту содействие в выполнении этой задачи [Приложение, 2011]. Соотношение государственных и частных затрат на обеспечение водными ресурсами населения и экономики гарантированного качества составляет примерно равные доли [На пути, 2009]. Основными нормативными правовыми актами, регламентирующими сферу водоснабжения, во Франции являются Закон о воде от 3 января 1992 г. № 92-3 [Закон, 1992] и Водная директива ЕС 2000/60 [Директива, 2000].

Сравнительное изучение структур управления водными ресурсами в регионах Российской Федерации построено на

применении аналитического подхода как направления научного познания, в основе которого лежит разложение исследуемого процесса или явления на составные части и выявление влияния отдельных частей на весь процесс или явление. При этом разъединение изучаемого явления на составляющие его части позволяет исследовать их более точно и детально, соответственно поставленной задаче, абстрагируясь от внешних связей и случайных воздействий. Для сравнительного анализа ситуации управления водными ресурсами в регионах РФ нами использованы открытые статистические данные Росстата, Росводресурсов и других федеральных агентств, а также официальная информация с сайтов их территориальных органов и управлений.

*Результаты исследования на примере регионов Сибири и бассейна Верхней Оби.*

Двойственность системы управления водными ресурсами присуща и российским регионам. Например, государственный и частный сектор в таком виде экономической деятельности, как водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизация отходов [Регионы, 2020] явно демонстрирует перевес в сторону частной собственности по показателю произведенной продукции, выполненных работ и услуг в стоимостном выражении (рис. 2а). В то же время при изучении и анализе структур управления на примере отдельных бассейновых советов становится понятным, что доля государства (66%) здесь превалирует над общественной и частной (рис. 2б).



Рис. 2. Соотношение государственного, общественного и частного управления в водном секторе экономики регионов: а – по объемам отгруженных товаров, выполненных работ и услуг (данные Росстата); б – по составу бассейновых советов на примере регионов Верхней Оби по данным Верхне-Обского БВУ [Официальный, 2021].

Fig. 2. The ratio of state, public and private management in the water sector of the regional economy: a - in terms of the volume of shipped goods, work and services performed (Rosstat data); b - according to the composition of the basin councils on the example of the regions of the Upper Ob according to the data of the Upper Ob BVU [Official'nyj, 2021].

Поскольку основным нормативным правовым документов в сфере водных отношений является Водный кодекс РФ [2006], а также ряд подзаконных актов, в которых прописан бассейновый принцип управления водными ресурсами, бассейновые округа находятся в юрисдикции бассейновых водных управлений (БВУ). Они выступают в качестве территориальных органов Федерального агентства водных ресурсов. Согласно Приказу МПР РФ от 11.10.2007 № 264 (ред. от 17.01.2011) [Приказ, 2007], территориальный орган осуществляет следующие полномочия:

- организует территориальное перераспределение стока поверхностных вод, пополнение водных ресурсов подземных водных объектов;

- осуществляет меры по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий в отношении водных объектов, находящихся в федеральной собственности;

- осуществляет мероприятия по охране водоемов, находящихся в федеральной собственности;

- ведет Государственный водный реестр;

- вносит информацию в Российский регистр гидротехнических сооружений;

- выполняет разработку и реализацию в установленном порядке схем

комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО);

- устанавливает режимы пропуска паводков, специальных попусков, наполнения и сработки (выпуска воды) водохранилищ и др.

Кроме этого, территориальные органы Росводресурсов в установленном законодательством Российской Федерации порядке размещают заказы и заключают государственные контракты, а также иные гражданско-правовые договоры на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг, на проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ. Именно они осуществляют полномочия собственника и выполняют план (программу) намеченных к реализации водохозяйственных мероприятий, которые финансируются из федерального и регионального бюджетов.

Из этого следует, что перечень полномочий и функций довольно значителен, определяется государственным заказом и решением вышестоящих полномочных органов Росводресурсов. Вместе с тем, наполнение программных мероприятий происходит по цепочке «снизу» – на заседаниях бассейновых и научно-технических советов БВУ, при сборе и обработке информации на местах и т.д.

Участие заинтересованных лиц и общественных организаций в этом процессе осуществляется в рамках деятельности бассейновых советов. В каждом БВУ таких советов может быть один или несколько в зависимости от того, сколько бассейновых округов объединяет водное управление. Только на этом уровне структуры управления водными ресурсами отчетливо прослеживается участие водопользователей и общественности. Фактически каждый бассейновый совет в своем составе имеет заинтересованных лиц. Так, Верхнеобский бассейновый совет из 30 членов включает 10 водопользователей, в том числе представителей науки, и 3 общественные организации [Приказ, 2019]. Из регламента работы Верхнеобского бассейнового совета следует, что он осуществляет разработку рекомендаций по:

- порядку установления и определения целевых показателей качества воды в водных объектах;
- формированию перечня водохозяйственных мероприятий и мероприятий по охране водных объектов;
- определению лимитов забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и лимитов сброса сточных вод, соответствующих нормативам качества, в границах речных бассейнов и подбассейнов с учетом различных условий водности;

– определению квот забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и сброса сточных вод, соответствующих нормативам качества, в границах речных бассейнов и подбассейнов в отношении каждого субъекта Российской Федерации;

– обеспечению безопасной эксплуатации водохозяйственных систем;

– определению основных целевых показателей уменьшения негативных последствий наводнений и других видов негативного воздействия вод, а также по формированию перечня мероприятий, направленных на достижение этих показателей;

– финансированию намеченных мероприятий за счет различных источников и формированию механизмов привлечения внебюджетных средств для осуществления водохозяйственных мероприятий;

– осуществлению других мероприятий, направленных на рациональное использование и охрану водных объектов.

Целью формирования бассейновых советов является разработка рекомендаций в области использования и охраны водных объектов для обеспечения рационального использования и охраны водных объектов. Однако полномочий сбора платежей за использование водных объ-

ектов и формирование средств на выполнение водохозяйственных и водоохраных мероприятий у советов нет. Функция по финансированию намеченных мероприятий осуществляется, как правило, за счет федерального бюджета при его формировании и перераспределении на государственном уровне. Участие при этом заинтересованных лиц (водопользователей, общественности) минимально или отсутствует.

#### *Обсуждение результатов*

Следует констатировать, что существующие формы управления водными ресурсами в странах продолжают совершенствоваться. Так, во Франции часто критикуется повышенная доля общественных структур, чрезмерная институционализация и дублирование обязанностей в системе государственного управления, сложность существующих механизмов финансирования, административного и оперативного управления водным сектором – вот неполный перечень проблем в сфере управления водными ресурсами этого европейского государства [Wollmann, 2008]. Характерной особенностью французской модели управления водными ресурсами является традиционно активное участие в управлении водными ресурсами частных предприятий, оказывающих услуги водоснабжения (в

целом почти 35 000 организаций). Надо отметить, что на региональном уровне имеются две формы добровольного взаимодействия между муниципалитетами в сфере водных отношений: объединение (фр. *syndicat*) и сообщество (фр. *communauté*). Объединение представляет собой простую и адаптируемую форму взаимодействия, которая во многом успешно справляется со стоящими перед ней задачами по организации обслуживания населения. Форма сообщества появилась сравнительно недавно и позволяет решать более масштабные задачи, чем просто организация обслуживания. Эта форма имеет некоторые преимущества, в частности, в плане финансирования (сообщество имеет право вводить налоги на своей территории) и его прозрачности [На пути, 2009]. Однако до сих пор вопрос наилучшей модели управления водными ресурсами остается открытым и широко обсуждаемым.

В России централизация власти и управления водными ресурсами проявляется во многих аспектах: организационно-правовых и финансовых вопросах и др. Если основываться на программных документах развития сферы жилищно-коммунального хозяйства, государственно-частное партнерство нашло развитие только в вопросах водоснабжения и водоотведения. При этом весь спектр важнейших функций управления

водопользованием является исключительно прерогативой государства. Между тем, возможности участия заинтересованных лиц активно обсуждаются на самом высоком уровне. Например, звучат предложения поручить управление водохранилищ главному пользователю или организовать управление водохозяйственными системами на кооперативных началах [Управление, 2014]. В любом случае требуется усиление взаимодействия всех заинтересованных сторон.

#### *Выводы*

Проведенный анализ позволяет сделать несколько основных выводов:

1. Сравнительный анализ и опыт стран ЕС на примере Франции показал высокую плотность общественных и муниципально-частных структур, чрезмерную институализацию и дублирование обязанностей в системе государственного управления водными ресурсами, децентрализацию и передачу полномочий управления водопользованием на места.

2. В регионах Российской Федерации сложилась характерная ситуация с крайне слабым развитием институциональных механизмов управления водными ресурсами, особенно в части общественных и муниципальных инициатив. При значительной доле частного сектора в сфере водоснабжения и водоотведения, основные структуры управления водными ресурсами принадлежат государственной власти федерального и регионального уровня, отсутствует децентрализация полномочий на места. В связи с чем, выполнение намеченных водохозяйственных и водоохраных мероприятий осуществляется, главным образом, из федерального и частично регионального бюджетов.

3. Вопрос об эффективном соотношении долей государственных (разных уровней), частных и общественных структур в управлении водными ресурсами остается открытым. Научная дискуссия на эту тему продолжается.

*Конфликт интересов.* Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Исследование выполнено в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН (проект № 0306-2021-0002) и при поддержке гранта РФФИ № 21-55-75002.*

*Список литературы*

1. Агентство водных ресурсов Рейн-Маас [Электронный ресурс]. URL: <https://www.eau-rhin-meuse.fr> (дата обращения: 18.03.2021).
2. Водный кодекс РФ (с изм. на 8 декабря 2020 г.) (редакция, действующая с 1 января 2021 г.). Принят Госдумой 12.04.2006 г. Одобрен Советом Федерации 26.05.2006 г.
3. Директива Европейского парламента и Совета 2000/60/ЕС от 23 октября 2000 г., устанавливающая рамочные положения о деятельности Сообщества в области водной политики [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/2565649/#ixzz6p9zb9Iu1> (дата обращения: 18.03.2021).
4. Закон Франции о воде от 3 января 1992 г. № 92-3 / База данных ФАОЛЕКС. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/faolex/results/details/ru/c/LEX-FAOC003202/> (дата обращения: 18.03.2021).
5. На пути преодоления негативных последствий децентрализации в секторе водоснабжения и водоотведения. Отчет основан на анализе примеров ряда стран. 2009 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.oecd.org/env/outreach/44096454.pdf> (дата обращения: 18.03.2021).
6. Официальный сайт Верхнеобского БВУ. 2021 [Электронный ресурс]. URL: <http://vobvunsk.ru> (дата обращения: 29.03.2021).
7. Приказ МПР РФ от 11.10.2007 № 264 (ред. от 17.01.2011) «Об утверждении типового положения о территориальном органе Федерального агентства водных ресурсов».
8. Приказ Федерального агентства водных ресурсов (Росводресурсы) №257 от 11.10.2019 «О внесении изменений в приказ Федерального агентства водных ресурсов от 29 мая 2019 г. №121 «Об утверждении состава бассейнового совета Верхнеобского бассейнового округа».
9. Приложение I. Краткое описание структур управления водными ресурсами в странах, рассмотренных во второй оценке. Франция. 2011 [Электронный ресурс]. URL: [https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/assessment/Russian/M\\_Annexes\\_Ru.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/assessment/Russian/M_Annexes_Ru.pdf) (дата обращения: 29.03.2021).
10. Регионы России // Социально-экономические показатели. 2020 г. [Электронный ресурс]. URL: [https://gks.ru/bgd/regl/b20\\_14p/Main.htm](https://gks.ru/bgd/regl/b20_14p/Main.htm) (дата обращения: 29.03.2021).
11. Управление водными ресурсами в России. Законодательное регулирование и перспективы. М.: Издание Государственной Думы, 2014. 192 с.

12. Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» ФЗ-172 от 28 июня 2014 года (ред. от 31.07.2020 г.).

13. Хмель Е.В. Управление водными ресурсами во Франции // Репозиторий Белорусского национального технического университета. 2011. [Электронный ресурс]. URL: [https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/30694/Osobnosti\\_upravleniya\\_vodnym\\_hozyajstvom\\_vo\\_Francii.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/30694/Osobnosti_upravleniya_vodnym_hozyajstvom_vo_Francii.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (дата обращения: 29.03.2021).

14. Wollmann H. Comparing Local Government Reforms in England, Sweden, France, Germany. 2008. [Электронный ресурс]. URL: [www.wuestenrot-stiftung.de/download/local-government](http://www.wuestenrot-stiftung.de/download/local-government) (дата обращения: 29.03.2021).

### *References*

1. Agentstvo vodnyh resursov Rejn-Maas [Rhine-Meuse Water Resources Agency]. URL: <https://www.eau-rhin-meuse.fr> (accessed: 18.03.2021).

2. Vodnyj kodeks RF [Water Code of the Russian Federation] (s izm. na 8 dekabrya 2020 g.) (redakciya, dejstvuyushchaya s 1 yanvarya 2021 g.). Prinyat Gosdumoj 12.04.2006 g. Odobren Sovetom Federacii 26.05.2006 g.

3. Direktiva Evropejskogo parlamenta i Soveta 2000/60/ES ot 23 oktyabrya 2000 g., ustanavlivayushchaya ramochnye polozheniya o deyatel'nosti Soobshchestva v oblasti vodnoj politiki [Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing framework provisions on Community activities in the field of water policy]. URL: <http://base.garant.ru/2565649/#ixzz6p9zb9Iu1> (accessed: 18.03.2021).

4. Zakon Francii o vode ot 3 yanvarya 1992 g. [French Water Law No. 92-3 of January 3, 1992]. № 92-3 / Baza dannyh FAOLEKS. Prodovol'stvennaya i sel'skohozyajstvennaya organizaciya OON [The FAOLEX database. Food and Agriculture Organization of the United Nations]. URL: <https://www.fao.org/faolex/results/details/ru/c/LEX-FAOC003202/> (accessed: 18.03.2021).

5. Na puti preodoleniya negativnyh posledstvij decentralizacii v sektore vodosnabzheniya i vodootvedeniya. Otchet osnovan na analize primerov ryada stran [On the way to overcome the negative consequences of decentralization in the water supply and sanitation sector. The report is based on an analysis of examples from a number of countries]. 2009. URL: <http://www.oecd.org/env/outreach/44096454.pdf> (accessed: 18.03.2021).

6. Oficial'nyj sajt Verkhneobskogo BVU [Official website of the Verkhneob Basin Management]. 2021. URL: <http://vobvunsk.ru> (accessed: 29.03.2021).

7. Prikaz MPR RF ot 11.10.2007 № 264 (red. ot 17.01.2011) «Ob utverzhdenii tipovogo polozheniya o territorial'nom organe Federal'nogo agentstva vodnyh resursov» [Order of the MPR of the Russian Federation dated 11.10.2007 No. 264 (ed. dated 17.01.2011) "On approval of the Model Regulations on the territorial body of the Federal Agency for Water Resources"]].

8. Prikaz Federal'nogo agentstva vodnyh resursov (Rosvodresursy) №257 ot 11.10.2019 «O vnesenii izmenenij v prikaz Federal'nogo agentstva vodnyh resursov ot 29 maya 2019 g. №121 «Ob utverzhdenii sostava bassejnovogo soveta Verhneobskogo bassejnovogo okruga» [Order of the Federal Agency of Water Resources (Rosvodresursy) No. 257 dated 11.10.2019 "On Amendments to the Order of the Federal Agency of Water Resources dated May 29, 2019 No. 121 "On Approval of the composition of the Basin Council of the Verkhneob Basin District"]].

9. Prilozhenie I. Kratkoe opisanie struktur upravleniya vodnymi resursami v stranah, rassmotrennyh vo vtoroj ocenke [Annex I. Brief description of water resource management structures in the countries considered in the second assessment]. Franciya. 2011. URL: [https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/assessment/Russian/M\\_Annexes\\_Ru.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/assessment/Russian/M_Annexes_Ru.pdf) (accessed: 29.03.2021).

10. Regiony Rossii [Regions of Russia] // Social'no-ekonomicheskie pokazateli [Socio-economic indicators]. 2020 g. URL: [https://gks.ru/bgd/regl/b20\\_14p/Main.htm](https://gks.ru/bgd/regl/b20_14p/Main.htm) (accessed: 29.03.2021).

11. Upravlenie vodnymi resursami v Rossii. Zakonodatel'noe regulirovanie i perspektivy [Water resources management in Russia. Legislative regulation and prospects]. M.: Izdanie Gosudarstvennoj Dumy, 2014. 192 p. (in Russian).

12. Federal'nyj zakon «O strategicheskom planirovanii v Rossijskoj Federacii» FZ-172 ot 28 iyunya 2014 goda (red. ot 31.07.2020 g.) [Federal Law "On Strategic Planning in the Russian Federation" FZ-172 of June 28, 2014 (as amended on 07/31/2020)].

13. Hmel' E.V. Upravlenie vodnymi resursami vo Francii [Water resources management in France] // Repozitorij Belorusskogo nacional'nogo tekhnicheskogo universiteta [Repository of the Belarusian National Technical University]. 2011. URL: [https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/30694/Osobennosti\\_upravleniya\\_vodnym\\_hozyajstvom\\_vo\\_Francii.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/30694/Osobennosti_upravleniya_vodnym_hozyajstvom_vo_Francii.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (accessed: 29.03.2021).

14. Wollmann H. Comparing Local Government Reforms in England, Sweden, France, Germany. 2008.. URL: [www.wuestenrot-stiftung.de/download/local-government](http://www.wuestenrot-stiftung.de/download/local-government) (accessed: 29.03.2021).

# WATER RESOURCES MANAGEMENT IN THE REGIONS OF RUSSIA AND FRANCE: BASIN PRINCIPLE AND STAKEHOLDERS PARTICIPATION

I. D. Rybkina, E. Yu. Sedova

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

*E-mail: irina.rybkina@mail.ru*

*The paper presents a comparative analysis of the structure of water resources management in Russia and France with an emphasis on the public and stakeholders participation. The main objective of the study is a search for ways and opportunities for such a participation based on the analysis of literature data and scientific expert assessments, legal acts and program documents. The open information of water agencies, basin administrations and other territorial bodies of water resources management of both countries serve as the source for the comparative analysis as well. Though the main idea of the basin-based management is common in these countries, there are some differences in the management models. The French model is characterized by decentralization of powers and functions of regions in long-term strategic planning with a high degree of stakeholders' involvement. The model of water use management with a predominant public-private partnership is considered by the example of the Russian regions, where the powers of federal, regional and municipal authorities are strictly differentiated, the participation of water users and public organizations is rather declarative, their representation in advisory bodies of basin water administrations is extremely poor. The analysis results are compared with the assessments and opinions of experts in water relations. The paper involves criticism and discussion of existing structures of water resources management. In conclusion, the study suggests that in France public and municipal-private structures, institutionalization and duplication of responsibilities in the state management of water resources are excessive, whereas in Russia ungrounded centralization of state power at the federal level in water management structures does exist. The authors are of opinion that the question of the effective ratio of state (different levels), private and public structures in water resources management remains open.*

**Keywords:** water resources management; state authorities and territorial bodies; basin principle; water management; basin councils; stakeholder participation; water users and public organizations.

*Received December 1, 2021*

*Сведения об авторах*

*Рыбкина Ирина Дмитриевна* – доктор географических наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией водных ресурсов и водопользования Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. E-mail: irina.rybkina@mail.ru

*Седова Евгения Юрьевна* – младший научный сотрудник лаборатории водных ресурсов и водопользования Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. E-mail: zhenya\_sedova@mail.ru

*Information about the authors*

*Rybkina Irina Dmitrievna* – Dr. Sc. in Geography, Leading Researcher and Head of the Laboratory of Water Resources Management of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. E-mail: irina.rybkina@mail.ru.

*Sedova Evgeniya Yurievna* – Junior Researcher at the Laboratory of Water Resources Management of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. E-mail: zhenya\_sedova@mail.ru.

Раздел 2

ГЕОЛОГИЯ

Section 2

GEOLOGY

УДК 553.3/4.078:553.2:551.73

**НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО АБСОЛЮТНЫМ ВОЗРАСТАМ  
ВЛАДИМИРОВСКОГО МАССИВА И ВМЕЩАЮЩИМ ЕГО  
ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ПОРОД (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)**

А.И. Гусев<sup>1</sup>, Н.И. Гусев<sup>2</sup>

*Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукинина, Бийск,  
ФГУП «Всероссийский геологический исследовательский институт  
им. А.П. Карпинского», Санкт-Петербург,  
E-mail: anzerg@mail.ru, Nicolay\_Gusev@mail.ru*

*Приведены новые данные об абсолютном возрасте габброидов Владимирского силла, дайки монцогаббро и туфов риолитов. Ранее они относились к ранне-среднему девону. Даны петрогеохимические и петрологические особенности всех породных типов силла. Монцогаббро силла имеет абсолютный возраст 458,8 млн. лет, что отвечает среднему ордовику. Абсолютный возраст туфов риолитов, вмещающих силл, составляет 469,1 млн. лет. Породы силла дифференцированы от известково-щелочных разностей до шошонитовых и источник их формирования близок в астеносферному. Туфы риолитов относятся к ультракалиевой серии. Значительное уточнение возраста вмещающих вулканогенных образований и Владимирского силла дают основание для нового картирования северной окраины Коргонского прогиба. В рудах Владимирского месторождения определены промышленные содержания редких земель и повышенные концентрации платиноидов и золота.*

*Ключевые слова:* Горный Алтай; силл; габбро; монцогаббро; диориты; монцодиориты; туфы риолитов; циркон; изотопы Sm и Nd, Co; REE; платиноиды; Au.

DOI: 10.24412/2410-1192-2021-16303

Дата поступления: 10.12.2021

В северном обрамлении Коргонского прогиба при ГДП-200 [Уваров и др., 1999] выделено несколько штоков габб-

роидов и диоритов, отнесённых к майорскому комплексу (Владимировский, Тимофеевский, Кириловский, Еловский и

другие) Владимирского ареала [Шокальский и др., 2000]. С некоторыми из них связаны специфические типы оруденения: скарновые кобальтовое и железорудное, а также некоторые проявления уранового и редкометалльно-редкоземельного составов. К этой же полосе приурочен и Кумирский шток с одноименным скандий-уран-редкоземельным месторождением. Такой ассоциации типов оруденения нигде более в Коргонском прогибе не наблюдалось.

При проведении студенческих практик (2008–2014 гг.) и экспедиций Бийского отделения Русского географического общества «Коргон-2020» и «Коргон-2021» в этом районе установлено, что визуально габброиды и диориты, а также ассоциации дифференциатов и дайковых образований и связанных с ними типов оруденения, не укладывались в традиционное понимание типоморфных разностей майорского комплекса и его металлогении. В этой связи стало весьма актуальным – более детальное изучение вещественного состава Владимирского массива и определение его абсолютного возраста.

Цель исследования – детальное изучение вещественного состава Владимирского массива, определение и уточнение его абсолютного возраста.

#### *Аналитические методы исследований*

Определения редких и рассеянных элементов в пробах проведены в ЦЛ ФГУП «ВСЕГЕИ»; редких элементов в горных породах и платиноидов выполнены эмиссионной спектрометрией с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS анализ) на спектрометре «ОПТИМА-4300», для Cu, Zn, Pb, Li, методом ICP-AES (г. Санкт-Петербург); U–Pb изотопное датирование (SHRIMP II). При выборе в цирконах участков для анализа использовались оптические и катодолюминесцентные наблюдения. U-Pb отношения были нормированы на значение 0,0668 по соответствующему стандарту «Темога». Погрешность измерений единичных анализов в пределах 1s, для расчетных конкордантных возрастов и их пересечений с конкордией 2s. Графики строились с использованием программы ISOPLOT/EX.; масс-спектрометрическое определение изотопного состава Sm-Nd – в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ на приборе TRITON (г. Санкт-Петербург).

#### *Геологическое строение участка*

Владимирский массив и скарновое Владимирское кобальтовое месторождение (рис. 1) расположены в зоне Чарышско-Теректинского разлома. Месторождение приурочено к зоне скарнов в контакте габбро-диоритового

массива (ранее относимого к майорскому комплексу раннего-среднего девона), прорывающего туфы и лавы плагиоклазовых, пироксен-плагиоклазовых порфиритов и риолитов нижедевонской коргонской свиты.

По нашим данным массив относится к небольшим силлам с двумя фазами внедрения. В первую фазу формировались габбро, монцогаббро, и габбро-диориты, во вторую - диориты, монцодиориты и диоритовые порфириты (рис. 1). Дериваты ранней фазы тяготеют к контактовой северной части, а более поздние – локализируются в центре силла и на его южной периферии. Такой характер зональности свидетельствует о том, что дифференциация внедрившегося интрузива происходила сравнительно быстро при этом, ранние фазы не успевали закристаллизоваться и легко прорывались последующими с формированием прямой зональности [Vignerese, 2007]. Контакты интрузива согласные и субсогласные, что позволяет рассматривать его как дифференцированный силл. Геологические данные свидетельствуют о том, что силл претерпел складчатость, а в результате дизъюнктивных смещений принял субвертикальное положение, при этом северный контакт явно сорван по разлому. В свою очередь, фазовые порции расплавов дифференцировались от нормальной известково-

щелочной и к повышенной щёлочности с образованием монцонитоидов.

В составе силла преобладают диоритовые порфириты (состав %): плагиоклаз (андезин № 28–42) – 20–80, клинопироксен – 10–30, роговая обманка обыкновенная – 10–30, калиевый полевой шпат – 5–20, актинолит – 0,5, биотит, кварц – 0–5; вторичные минералы: эпидот – 1–15, хлорит – 1–20, кальцит – 1–2; единичные зёрна: апатит, турмалин, пирит, ильменит, рутил. В габбро и габбро-диоритах доля клинопироксена увеличивается до 50%, а более основной плагиоклаз – сосюритизирован. В рудном поле распространены дайки базальтоидов. Западная часть силла близка к подводющему каналу, что подтверждается наибольшим распространением петрографических разновидностей пород, преобладанием основных разновидностей в этой его части и наиболее мощными скарнами с разнообразными типами оруденения. В этой же части локализуются и дайки долеритов.

#### *Скарны и наложенное оруденение месторождений*

Зона скарнов с наложенной кобальтовой минерализацией имеет мощность 400 м и протяженность более 2 км. Скарны образованы в результате метасоматического замещения туфов риолитов, плагиоклазовых порфиритов, ранее

относимых к коргонской свите девона и в меньшей мере – за счет пород интрузива. Амфибол-гранатовые и гранат-пироксеновые скарны в рудных зонах преобразованы в кварц-скаполит-амфибол-анкеритовые породы. Гнездо-во-вкрапленное и прожилковое кобальтовое оруденение имеет наложенный характер. Величина вкрапленников от долей мм до 2–3 см, мощность прожилков 0,5–0,7 см. В пределах зоны по бортовому содержанию кобальта 0,1% выделено несколько линзо-штокообразных, реже пластообразных рудных тел, приуроченных к местам пересечения субширотных и субмеридиональных тектонических зон. Минеральные типы руд – кобальтиновый, кобальтсодержащий арсенопиритовый, пирит-пирротинный с уранинитом (линзы до 1×13 м) при среднем содержании урана – 0,116% и тория – 0,007% [Уваров и др., 1999].

Урановая минерализация, представлена мелкими вкраплениями уранинита в амфиболе и пирите, также приурочена к скарнам, а в их пределах локализуется в сульфидизированных (пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит, молибденит, борнит, кобальтин) зонах дробления. Наиболее крупная урановорудная зона прослежена на 150 м при ширине 10–15 м. Содержание урана варьирует от следов до 0,49%. Содержа-

ние кобальта в рудах варьирует от следов до 7,43% при среднем по месторождению – 0,5%. Запасы кобальта по двум рудным телам по категориям В+С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub> на глубину 120 м составляют 941 т [Уваров и др., 1999].

Нашими исследованиями установлено, что в метасоматитах по роговикам и скарнам месторождения присутствует монацит, а содержания суммы редких земель в рудах варьируют от 36 до 622 г/т, при резком преобладании лёгких редкоземельных элементов (РЗЭ) – лантана и церия над тяжёлыми. В существенно сульфидных рудах отмечено повышенное содержание скандия от 15 до 65 г/т.

Владимировское месторождение, вероятно, относится к семейству месторождений пятиэлементной формации и характеризуется рудной минерализацией, связанной как с габброидами (Со, Ni), так и с кислым магматизмом (Мо, U, РЗЭ). Важным показателем связи кобальтового оруденения с базитовым магматизмом являются повышенные содержания в рудах элементов платиновой группы. На основе большой коллекции кобальтовых руд из разных типов Со месторождений Алтае-Саянского региона содержание платиноидов в рудах достигает (г/т): Pt 1,0, Pd = 1,65, Rh = 0,014 [Третьякова, 2011].

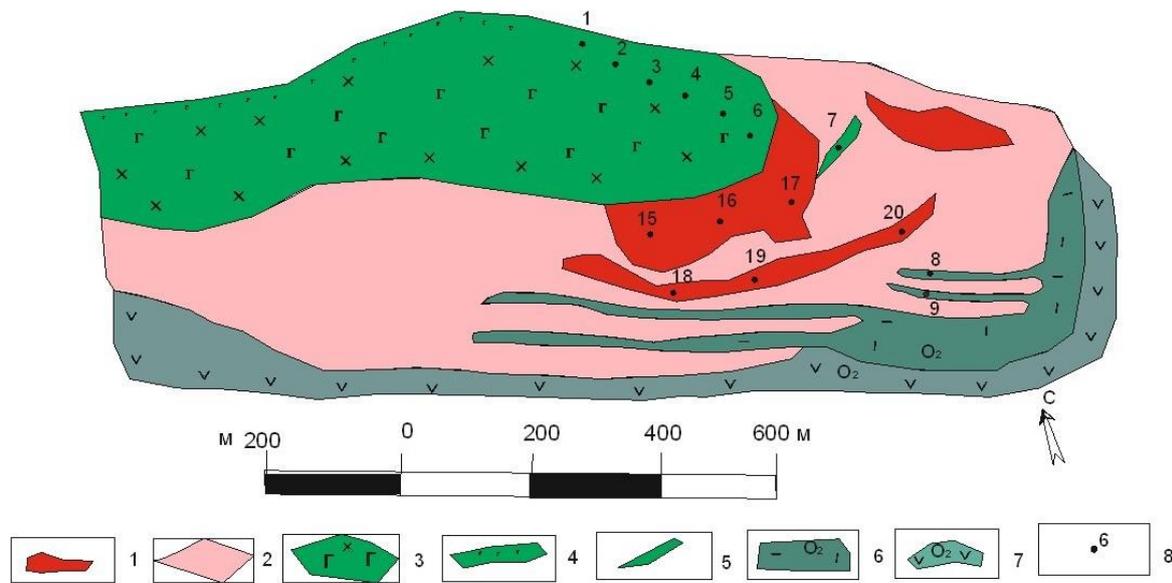


Рис. 1. План опробования Владимирского кобальтового месторождения.

1 – рудные тела с кобальтовой минерализацией; 2 – скарны амфибол-гранатовые и гранат-пироксеновые; 3 – неразделённые габбро, монзогаббро, габбро-диориты, монзодиориты, диориты, диоритовые порфириды; 4 – мелкозернистые габбро эндоконтакта; 5 – дайки монзогаббро; 6 – туфы риолитов, 7 – плагиоклазовые порфириды; 8 – места отбора проб и их номера.

Fig 1. Plan of sampling Vladimirovskoe cobalt deposit.

1 – ore bodies with cobalt mineralization; 2 – skarns amphibole-garnet and garnet-pyroxene; 3 – non divided gabbro, monzogabbro, gabbro-diorites, monzodiorites, diorites, diorite porphyrites; 4 – fine-grained gabbro of endo-contact; 5 – dikes of monzogabbro; 6 – tuffs of rhyolites, 7 – plagioclase porphyrites; 8 – sites of sampling probes and its numbers.

В рудах большинства кобальтовых месторождений преобладает Pd. В наибольших количествах он присутствует в высокотемпературных Co-As рудах (до 1,08–1,65 г/т), отличающихся повышенными содержаниями Cu, Mo, Au [Третьякова, 2011]. К их числу относятся руды Владимирского месторождения, поэтому они проанализированы на золото и платиноиды.

#### *Петро-геохимические особенности пород Владимирского сипла*

Габбро залегает в подошве штока, имеет тёмную окраску, массивную тек-

стуру, от офитовой до долеритовой структуры. Состав (%): плагиоклаз 65, ортопироксен – 20, клинопироксен – 5, оливин – 5, роговая обманка – 10. Акцессории включают магнетит, титаномагнетит, лейкоксен. Ортопироксен (гиперстен) наблюдается в виде неправильных зёрен замещается роговой обманкой. Клинопироксен представлен авгитом, слегка окрашен в буроватый цвет. Оливин образует овально-округлые выделения в виде агрегатов. Некоторые такие агрегаты окружены каймой рудного минерала.

Плагиоклаз представлен 2 генерациями. Плагиоклаз 1 – битовнит (№ 70–71) выделяется в виде крупных кристаллов таблитчатой формы, сильно сосюритизирован. Плагиоклаз 2 генерации (лабрадор № 55–59) таблитчатой и призматической форм, местами нацело сосюритизирован.

*Монцогаббро* залегают на габбро, характеризуется серой, тёмно-серой окраской. Структура монцонитовая, местами переходящая в призматически-зернистую и порфировую. Состав (%): плагиоклаз 35, калиевый полевой шпат – 15, авгит – 35, роговая обманка – 10, эпидот – 5. Авгит местами образует крупные порфировые выделения разме-

рами до 3 мм, образуя порфировидную структуру, обнаруживаемую под микроскопом (рис. 2). Аксессуары: магнетит, титаномагнетит, лейкоксен, апатит. Плагиоклаз призматической формы отнесён к андезину -38-39 с узкой каёмкой альбит-олигоклаза. Сосюритизирован. Авгит образует ксеноморфные зёрна и замещается эпидотом. Обыкновенная роговая обманка гипидиоморна и также замещается эпидотом. *Диориты* обнаруживаются выше монцогабброидов и имеют тёмно-серый цвет. Структура призматически-зернистая. Состав (%): плагиоклаз – 64–61, роговая обманка – 35, эпидот – 3–5.

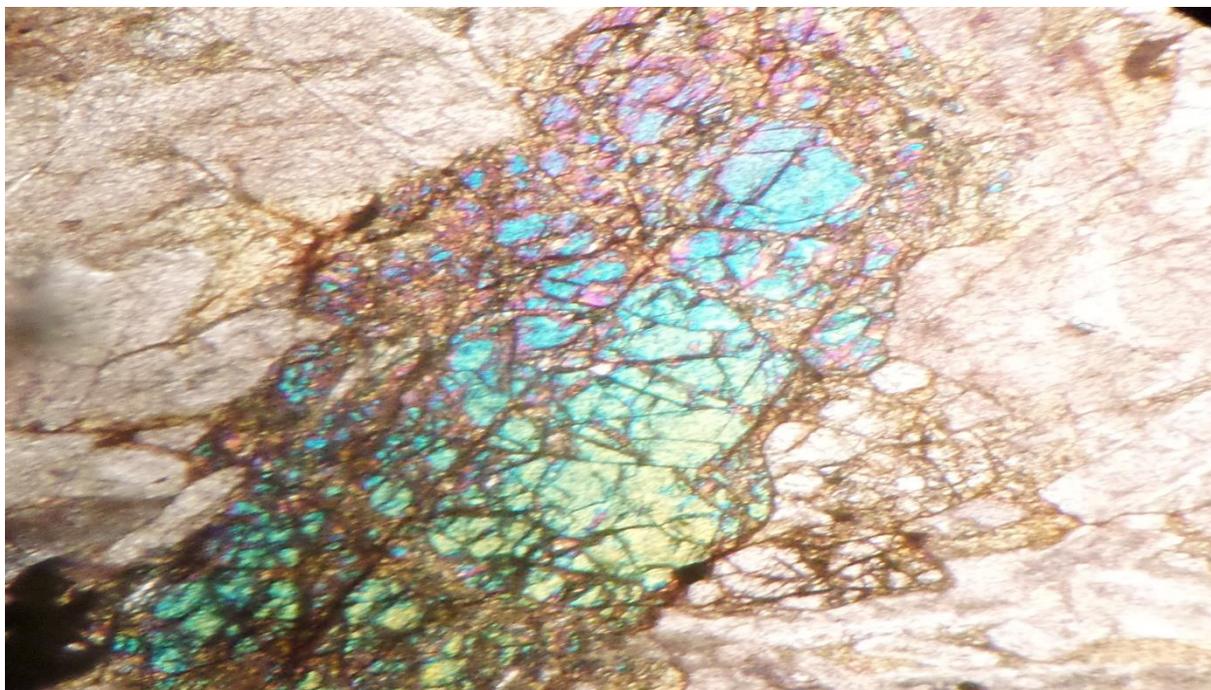


Рис. 2. Порфировое выделение авгита (зелёного цвета) среди плагиоклаза в монцогаббро (никили скрещенные, увеличение 80, микроскоп ПОЛАМ РП-1, объединения ЛОМО).  
Fig 2. Porphyre separation of augite (green of color) between plagioclase in monzogabbro (nicols crossed, increasing 80, microscope POLAM RP-I association LOMO).

Среди аксессуариев отмечены апатит, магнетит, титано-магнетит, ортит. Плагиоклаз призматической формы полисинтетически сдвойникован, по составу варьирует от олигоклаза до андезина. Слабососсоритизирован. Обыкновенная роговая обманка длиннопризматическая, часто идиоморфная, замещается эпидотом.

*Монцодиориты* встречаются среди диоритов. Это зеленовато-тёмно-серые породы средне-кристаллические, гипидиоморфно-зернистой микроструктуры. Состав (%): плагиоклаз (An) с номерами от 31 до 48–67, моноклинный пироксен (авгит) – 15, калиевый полевой шпат – 15, эпидот – 3. Спектр аксессуарных – апатит, магнетит, титаномагнетит, циркон.

Химический состав породных типов приведен в табл. 1.

В целом породы силла характеризуются несколько повышенными концентрациями скандия, палладия и золота, в особенности в более основных породах и дайках монцогаббро. Тетрадный эффект фракционирования РЗЭ ( $TE_{1,3}$ ) не достигает значений, превышающих градации для М- и W- типов.

ТАС – диаграмма демонстрирует переход в составе силла от известково-щелочных габброидов к монцогаббро и от диоритоидов к монцодиоритам (рис. 3).

Таблица 1

Состав интрузивных пород Владимировского силла и вмещающих туфов риолитов (оксиды в %, элементы в г/т)

Table 1

Composition of igneous rocks of sill and country rock rhyolites  
(oxides in %, elements in ppm)

| Компоненты                     | B-1   | B-2   | B-3  | B-4  | B-5   | B-6   | B-7   | B-8   | B-9   | B-10  |
|--------------------------------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 49,8  | 44,1  | 49,1 | 56,3 | 58,6  | 52,2  | 48,5  | 75,1  | 74,4  | 56,0  |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,44  | 1,98  | 1,09 | 1,43 | 1,47  | 2,13  | 1,24  | 0,015 | 0,092 | 0,92  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 19,0  | 13,6  | 19,8 | 14,9 | 16,2  | 15,1  | 15,8  | 13,2  | 14,3  | 15,2  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,66  | 3,9   | 2,98 | 3,14 | 3     | 3,35  | 2,54  | 0,53  | 0,99  | 2,89  |
| FeO                            | 6,59  | 11,7  | 6,64 | 7,41 | 4,86  | 8,95  | 9,47  | 0,25  | 0,44  | 7,71  |
| MnO                            | 0,16  | 0,22  | 0,17 | 0,2  | 0,19  | 0,21  | 0,22  | 0,026 | <0,01 | 0,28  |
| MgO                            | 4,43  | 7,54  | 3,77 | 2,64 | 2,14  | 3,78  | 7,04  | 0,21  | 0,51  | 4,39  |
| CaO                            | 5,53  | 9,1   | 4,49 | 4,01 | 3,17  | 5,37  | 6,55  | 0,44  | 0,26  | 4,21  |
| Na <sub>2</sub> O              | 4,26  | 2,07  | 3,86 | 5,91 | 7,01  | 5,61  | 3,93  | <0,1  | 1,03  | 2,99  |
| K <sub>2</sub> O               | 1,86  | 0,91  | 3,4  | 0,62 | 0,39  | <0,1  | 0,56  | 8,84  | 5,79  | 0,51  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,28  | 0,18  | 0,32 | 0,55 | 0,58  | 0,23  | 0,1   | <0,05 | <0,05 | 0,16  |
| loi                            | 3,32  | 3,41  | 3,48 | 1,86 | 1,79  | 2,15  | 3,11  | 1,15  | 2,06  | 3,95  |
| ∑                              | 100,0 | 100,0 | 99,8 | 99,8 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 99,9  | 100,0 | 100,0 |
| V                              | 209   | 580   | 172  | 101  | 86    | 307   | 299   | <2,5  | 8,6   | 230   |
| Cr                             | 1,74  | 16,5  | 2,52 | <1   | <1    | 1,87  | 68,1  | 2,87  | 10,8  | 44,9  |
| Co                             | 25,3  | 60,9  | 25,7 | 19,4 | 13,9  | 40,6  | 39,2  | 0,76  | 2,74  | 34,9  |
| Ni                             | 8,67  | 37,2  | 6,26 | <1   | <1    | 8,23  | 50,7  | 1,57  | 5,21  | 40,1  |
| Cu                             | 16,6  | 85,8  | 34,8 | 3,37 | <1    | 10,6  | 50,3  | <1    | 4,52  | 17,2  |
| Zn                             | 69,7  | 89,9  | 75,1 | 88,3 | 66,2  | 84,8  | 135   | 9,37  | 351   | 114   |

| Компоненты          | B-1    | B-2    | B-3    | B-4    | B-5    | B-6    | B-7    | B-8    | B-9    | B-10   |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Rb                  | 24,6   | 21,2   | 45     | 11     | 9,2    | 4,12   | 17     | 218    | 170    | 12,3   |
| Sr                  | 547    | 335    | 518    | 269    | 239    | 118    | 317    | 183    | 70,6   | 280    |
| Nb                  | 2,52   | 1,89   | 3,18   | 6,57   | 6,59   | 3,19   | 1,18   | 6,4    | 13,5   | 2,61   |
| Cs                  | 1,42   | 2,5    | 1,89   | 1,42   | 0,55   | 2,26   | 0,87   | 0,9    | 2,31   | 0,72   |
| Ba                  | 312    | 288    | 494    | 204    | 128    | 44,2   | 187    | 1720   | 628    | 198    |
| Pb                  | <1     | 1,25   | 1,48   | 1,53   | <1     | 1,78   | 3,22   | 2,56   | 14,8   | 3,42   |
| Th                  | 0,61   | 0,46   | 0,57   | 1,72   | 1,55   | 0,54   | 0,45   | 8,13   | 10     | 0,99   |
| La                  | 6,75   | 4,69   | 8,07   | 17,3   | 13,6   | 7,66   | 4,12   | 35,8   | 25,7   | 5,8    |
| Ce                  | 16,1   | 11,5   | 18,7   | 40,4   | 34,5   | 21,5   | 11     | 72,2   | 50,5   | 13,2   |
| Pr                  | 2,47   | 1,58   | 2,74   | 5,79   | 4,95   | 3,53   | 1,79   | 8,6    | 5,95   | 1,75   |
| Nd                  | 11,8   | 8,33   | 13,3   | 25,1   | 22,3   | 17,5   | 8,97   | 31,1   | 20,4   | 9,0    |
| Sm                  | 3,58   | 2,76   | 3,91   | 7,21   | 7,12   | 5,5    | 3,01   | 6,67   | 4,84   | 2,52   |
| Eu                  | 1,19   | 0,95   | 1,51   | 1,91   | 1,82   | 1,72   | 1,08   | 0,59   | 0,92   | 0,98   |
| Gd                  | 3,55   | 3,22   | 4,48   | 8,21   | 7,09   | 6,97   | 3,37   | 5,36   | 4,1    | 3,26   |
| Tb                  | 0,57   | 0,57   | 0,76   | 1,3    | 1,15   | 1,33   | 0,64   | 0,73   | 0,75   | 0,58   |
| Dy                  | 4,27   | 3,87   | 4,86   | 8,73   | 7,93   | 9,05   | 4,46   | 3,5    | 4,69   | 3,9    |
| Ho                  | 0,87   | 0,71   | 0,94   | 1,87   | 1,63   | 2,02   | 1,0    | 0,56   | 0,9    | 0,89   |
| Er                  | 2,48   | 2,3    | 2,75   | 5,83   | 4,98   | 5,7    | 2,99   | 1,51   | 2,66   | 2,45   |
| Tm                  | 0,4    | 0,35   | 0,49   | 0,81   | 0,8    | 0,94   | 0,46   | 0,18   | 0,38   | 0,38   |
| Yb                  | 2,54   | 2,1    | 2,72   | 5,74   | 5,31   | 6,22   | 3,47   | 1,21   | 3,14   | 2,86   |
| Lu                  | 0,35   | 0,27   | 0,32   | 0,77   | 0,71   | 0,83   | 0,4    | 0,13   | 0,37   | 0,37   |
| Y                   | 23,6   | 20,1   | 25,3   | 50,8   | 43     | 52,2   | 28,9   | 18,8   | 28     | 24,2   |
| Ga                  | 18     | 16     | 20     | 18,8   | 15,7   | 20,8   | 16,4   | 12,6   | 13,9   | 16,5   |
| Zr                  | 65,3   | 41,6   | 62     | 174    | 171    | 150    | 59     | 48     | 68,7   | 65     |
| Sc                  | 20,9   | 38     | 17,2   | 17,9   | 18,3   | 30,4   | 40,1   | 2,91   | 4,41   | 31,9   |
| Hf                  | 1,81   | 1,29   | 1,76   | 4,88   | 4,66   | 4,35   | 1,93   | 2,66   | 2,76   | 1,8    |
| Ta                  | 0,14   | <0,1   | 0,16   | 0,43   | 0,48   | 0,24   | <0,1   | 1,23   | 1,09   | 0,14   |
| Mo                  | <0,6   | <0,6   | <0,6   | <0,6   | <0,6   | <0,6   | <0,6   | <0,6   | <0,6   | <0,6   |
| Be                  | 1,11   | <1     | <1     | 1,83   | 1,11   | <1     | <1     | 1,18   | 2,0    | 1,29   |
| W                   | <0,5   | <0,5   | <0,5   | <0,5   | <0,5   | <0,5   | <0,5   | 0,59   | 1,9    | <0,5   |
| U                   | 0,3    | 0,24   | 0,3    | 0,82   | 0,7    | 0,23   | 0,2    | 2,87   | 3,68   | 0,26   |
| Li                  | 28,6   | 22,9   | 18,4   | 10,9   | 7,82   | 11,1   | 32,6   | 2,51   | 11,4   | 29     |
| Ag                  | 0,015  | <0,01  | 0,014  | 0,022  | 0,019  | 0,011  | 0,03   | <0,01  | 0,023  | 0,011  |
| Ru                  | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 |
| Rh                  | <0,002 | <0,002 | <0,002 | 0,0033 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 |
| Pd                  | 0,0097 | 0,0067 | 0,012  | 0,011  | 0,0096 | 0,012  | 0,0083 | 0,004  | 0,0028 | 0,0085 |
| Ir                  | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 |
| Pt                  | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 |
| Au                  | 0,0032 | <0,002 | 0,004  | <0,002 | 0,0029 | 0,0023 | 0,0094 | <0,002 | <0,002 | 0,0038 |
| ΣREE                | 80,52  | 63,3   | 90,85  | 181,77 | 156,89 | 142,67 | 75,66  | 186,94 | 153,3  | 72,14  |
| TE <sub>1,3</sub>   | 0,98   | 1,02   | 1,0    | 0,99   | 1,01   | 1,03   | 1,02   | 1,03   | 1,07   | 0,95   |
| Eu/Eu*              | 1,02   | 0,98   | 1,11   | 0,76   | 0,78   | 0,86   | 1,04   | 0,3    | 0,62   | 1,06   |
| (LaYb) <sub>N</sub> | 1,75   | 1,47   | 1,95   | 1,99   | 1,69   | 0,81   | 0,78   | 19,6   | 5,4    | 1,34   |
| Nb/Y                | 0,11   | 0,09   | 0,13   | 0,13   | 5,6    | 0,02   | 0,04   | 0,34   | 0,48   | 0,11   |
| Zr/Y                | 2,8    | 2,07   | 2,45   | 1,42   | 3,98   | 2,87   | 2,04   | 2,55   | 2,45   | 2,68   |

Примечание. Анализы выполнены: 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). Прочерки – анализы не проводились. N- элементы нормированы по [Anders, Greevesse, 1989]. TE<sub>1,3</sub> – тетрадный эффект фракционирования РЗЭ (среднее между первой и третьей тетрадами) по [Irber, 1999]; Eu\* = (Sm<sub>N</sub>+Gd<sub>N</sub>)/2. Породы силла: B-1, B-3 – монцогаббро; B-2 – габбро; B-4 – диорит; B-5 – монцодиорит; B-10 – диоритовый порфирит; B-7 – дайка монцогаббро; B-8 – B-9 – туфы риолитов.

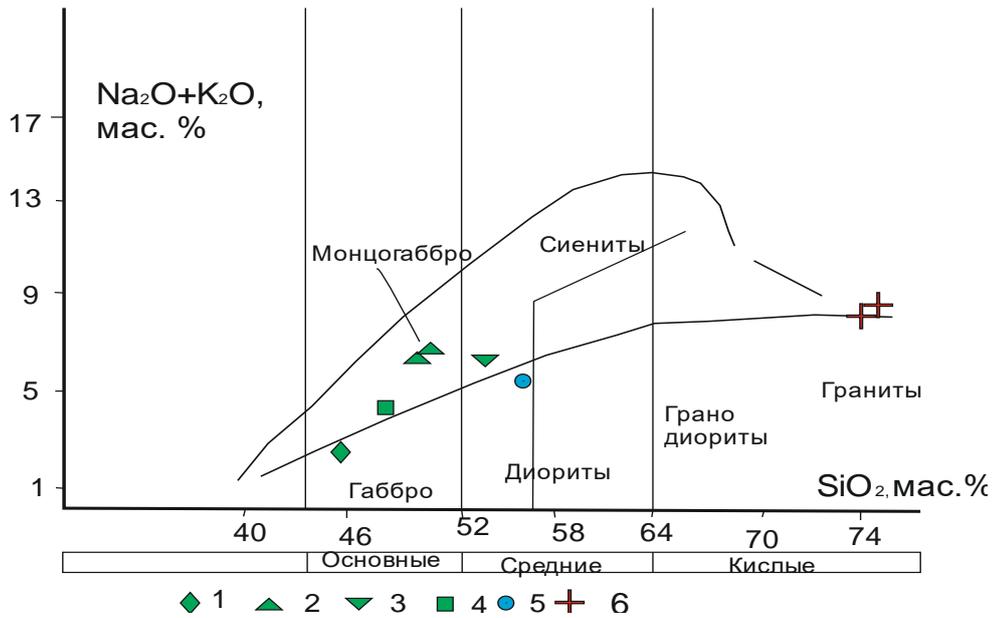


Рис. 3. Петрохимическая диаграмма диагностики горных пород в координатах  $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  для пород Владимирского силла и вмещающих туфов риолитов.

1 – габбро, 2 – монзогаббро, 3 – габбро-диорит, 4 – дайка монзогаббро, 5 – диориты и диоритовые порфириты, 6 – туфы риолитов.

Fig. 3. Petrochemical plot of diagnostic rocks in coordinate  $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  for rocks of Vladimirskii sill and country tuffs rhyolites.

1 – gabbro, 2 – monzogabbro, 3 – gabbro-diorite, 4 – dike of monzogabbro, 5 – diorites and diorite porphyrites, 6 – tuffs of rhyolites.

На диаграмме  $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}$  породы штока локализуются в полях известково-щелочной и шшонитовой серий, а

туфы риолитов - в ультракалиевой серии. (рис. 4).

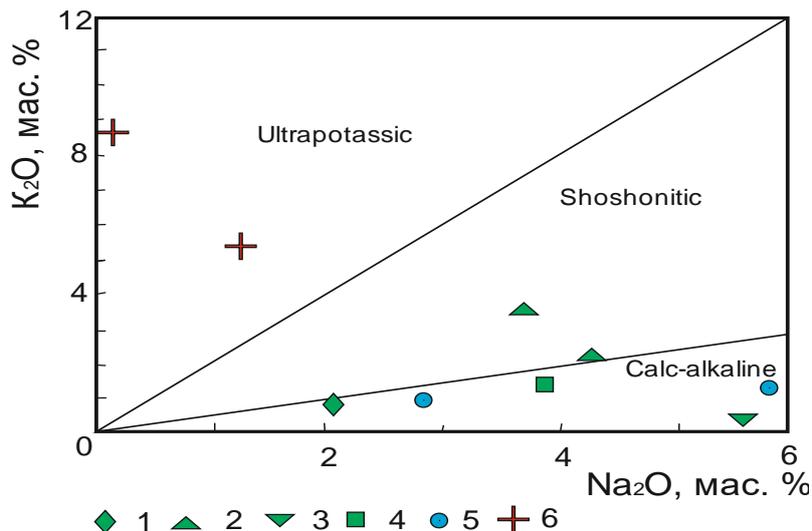


Рис. 4. Диаграмма  $\text{K}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{O}$  по [Davidson et al., 2007] для интрузивных пород Владимирского силла. Серии пород: Calc-alkaline- известково-щелочная, Shoshonitic – шшонитовая, Ultrapotassic – ультракалиевая.

Остальные условные обозначения как на рис. 3.

Fig. 4. Plot  $\text{K}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{O}$  after [Davidson et al., 2007] for rocks of Vladimirskii sill.

Series of rocks: Calc-alkaline, Shoshonitic, Ultrapotassic. Legend on fig. 3.

На спайдер-диаграммах наблюдаются максимумы по калию для всех породных типов и минимумы по титану и европию для туфов риолитов (рис. 5). В координатах La-Nb породные типы

Владимировского силла локализируются в области астеносферного источника, а туфы риолитов – в поле литосферного источника (рис. 6).

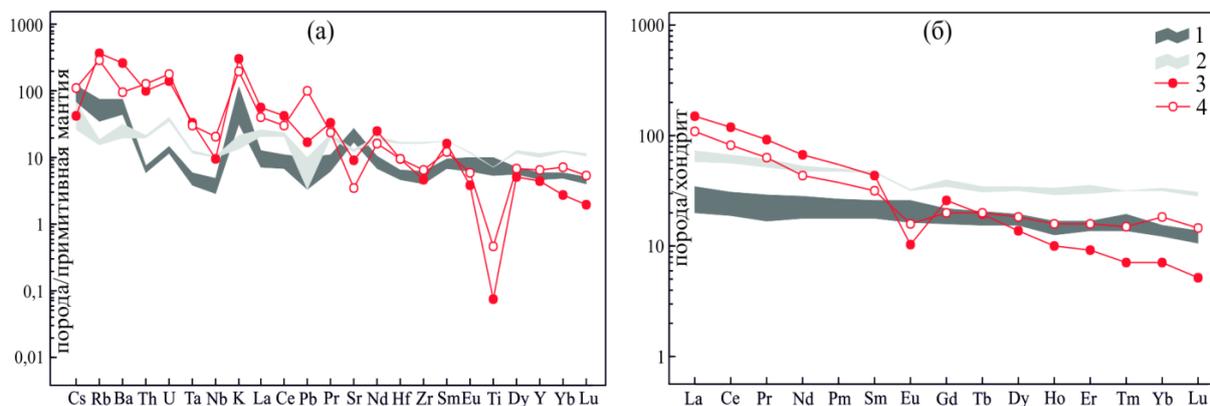


Рис. 5. Мультиэлементные диаграммы для пород Владимирского силла и туфов:  
 1 – габброиды (B-1, B-2, B-3); 2 – диоритоиды (B-4, B-5), 3, 4 – туфы кислого состава: 3 – B-8, 4 – B-9.  
 Fig.5. Multi-element plots for rocks for rocks of Vladimirskii sill and country tufts rhyolites:  
 1 – gabbroids (B-1, B-2, B-3); 2 – dioritoids (B-4, B-5), 3, 4 – tufts acid composition: 3 – B-8, 4 – B-9.

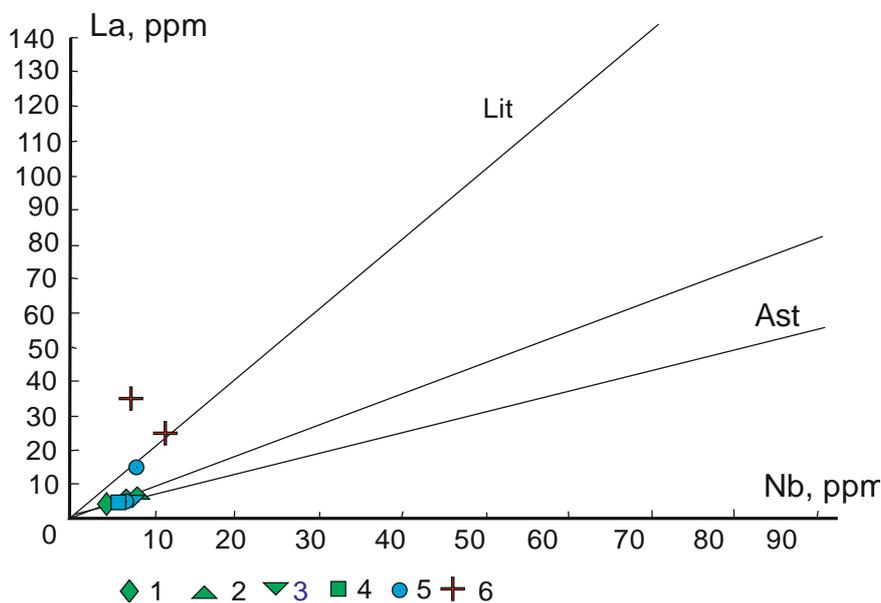


Рис. 6. Диаграмма La-Nb по [Putirka, Busby, 2007] для габброидов Владимирского силла. Границы астеносферно производных лав Бассейнов и Хребтов по [DePaolo, Daley, 2000]: Lit – литосферы, Ast - астеносферы. Остальные условные обозначения как на рис. 3.  
 Fig. 6. Plot La - Nb after [Putirka, Busby, 2007] for gabbroids of Vladimirskii sill. Borders astenospheric derivatives lavas of Basins and Ranges after [DePaolo, Daley, 2000]: Lit – lithosphere, Ast – asthenosphere. Legend on fig. 3.

*Определение абсолютного возраста*

U–Pb изотопное датирование (SHRIMP II) проведены по 33 пробам: циркона из монцогаббро, дайки монцогаббро, а также туфов риолитов из вмещающих пород.

*Проба В-1, монцогаббро.*

Цирконы коричневые, прозрачные идиоморфные и субидиоморфные кристаллы, часто со сколами, включениями и трещинками и их обломки. Длина 50–200 мкм, КУ = 1,2–3. В КЛ цирконы имеют свечение от слабого до яркого. Зональность примерно в 40% кристаллов тонкая магматическая с элементами секториальности (1,1, 2,1, 3,21, 4,1, 5,1, 6,1, 7,1). В остальных кристаллах – её следы и пятнистая зональность, приуроченная к зонам перекристаллизации, включениям и трещинкам. По результатам U–Pb датирования получен конкордантный возраст  $455,4 \pm 6,1$  Ма, (средний ордовик) (рис.7); содержание

U = 145–691, Th = 81–650, Th/U = 0,37–1,24.

*Проба В-7, дайка монцогаббро.*

Цирконы светло-коричневые, прозрачные идиоморфные и субидиоморфные кристаллы, часто со сколами, включениями и трещинками и их обломки. Длина 80–180 мкм, КУ = 1,5–3. Один кристалл практически овальный, с шагреновой поверхностью.

В КЛ цирконы имеют свечение от слабого до яркого. Примерно в 40% кристаллов зональность четко выраженная, тонкая магматическая с элементами секториальности (1,1, 2,1, 3,21, 4,1, 5,1, 6,1, 7,1). В остальных кристаллах зональность выражена менее явно (10,1), до практически её отсутствия (8,1, 9,1, 11,1, 12,1). Также присутствуют кристаллы с пятнистой зональностью, приуроченной к структурным нарушениям (13,1, 14,1).

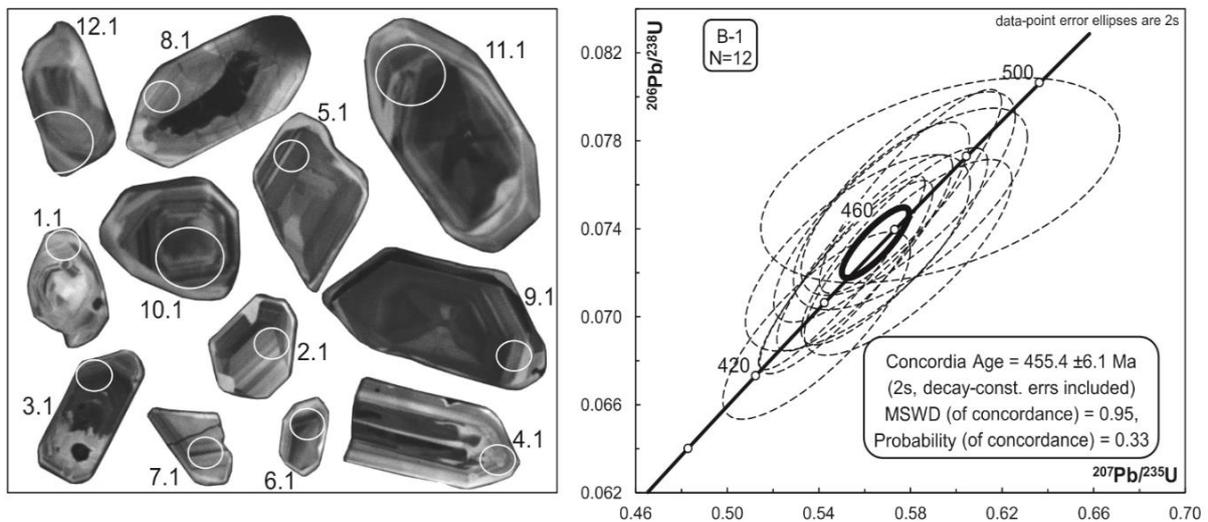


Рис. 7. Катодоллюминесцентные изображения цирконов и конкордия возраста монцогаббро силла.  
Fig. 7. Cathodo-luminescent image of zircons and concordia of age monzogabbro of sill.

Овальный кристалл с шагреновой поверхностью имеет слабое свечение и секториальную зональность. По результатам U-Pb датирования получен конкордантный возраст  $458,8 \pm 5,7$  Ма (рис. 8), содержание U = 97–750, Th = 58–532, Th/U = 0,38–1,45.

*Проба В-9, туф риолита из вмещающих пород Владимировского силла.*

Цирконы коричневые двух типов:

– I тип – прозрачные и полупрозрачные трещиноватые обломки крупных (50–150 мкм) длиннопризматических кристаллов;

– II тип – прозрачные и полупрозрачные часто со сколами идиоморфные и субидиоморфные более короткопризматические кристаллы со сколами и их обломки, длина 50–150 мкм. КУ = 1,5–3.

В КЛ цирконы I типа имеют крайне слабое свечение и следы магматической зональности. Цирконы II типа имеют свечение от умеренного до яркого, хорошо выраженную осцилляторную зональность с элементами секториальности, нарушенную в зонах трещинок и включений.

По результатам U-Pb датирования:

– для цирконов I типа (7,1, 1,1, 10,1, 4,1) получен конкордантный возраст  $403,0 \pm 8,2$  Ма, содержание U = 473–2339, Th = 138–735, Th/U = 0,21–0,32;

– для цирконов II типа (5,1, 3,1, 12,1, 13,1, 15,1, 6,1, 11,1, 14,1, 2,1) получен конкордантный возраст  $469,1 \pm 7,4$  Ма (рис.9), содержание U = 145–866, Th = 81–788, Th/U = 0,58–0,99.

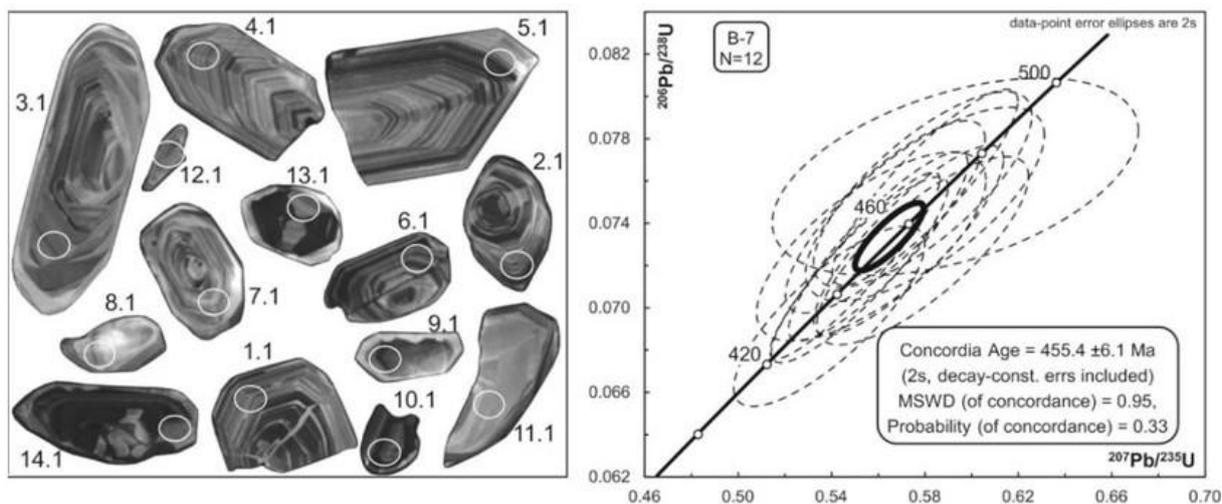


Рис. 8. Катодолюминесцентные изображения цирконов и конкордия возраста дайки монзогаббро.  
Fig. 8 Cathodo-luminescent image of zircons and concordia of age monzogabbro of dike monzogabbro.

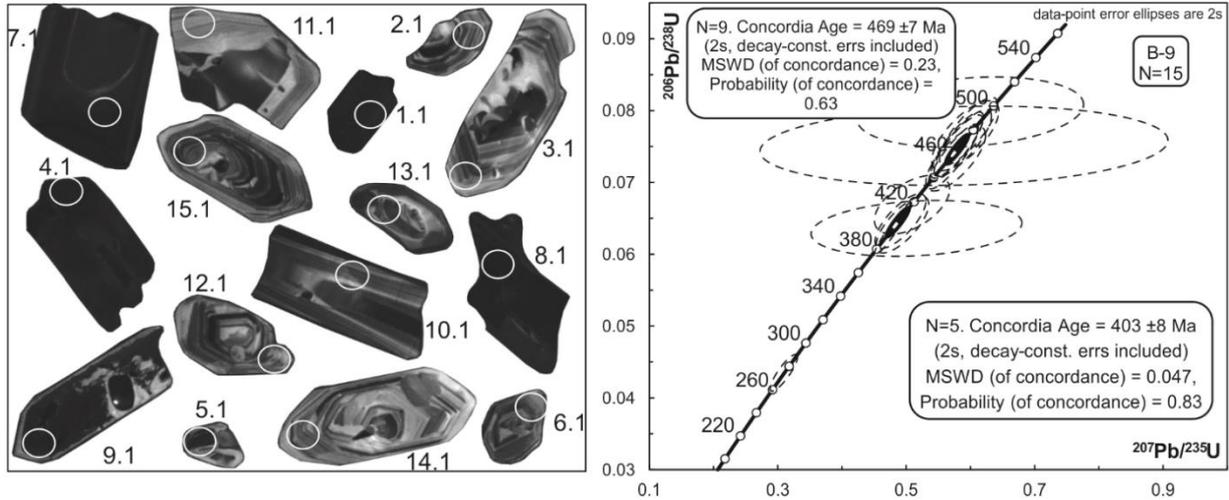


Рис. 9. Катодолуминесцентные изображения цирконов и конкордия возраста туфов риолитов.  
 Fig. 9. Cathodo-luminescent image of zircons and concordia of age tufts of rhyolites.

Конкордантный возраст  $469,1 \pm 7,4$  млн. лет для туфов риолитов показал возраст вмещающих пород для Владимирского интрузива. Более молодой возраст цирконов  $403,0 \pm 8,2$  указывает на наложенный циркон раннедевонского возраста, возможно связанного с кислым магматизмом раннего девона.

Для определения соотношений изотопов самария и неодима выполнено 2 анализа: монцогаббро и туфов риолитов. Сведения о содержаниях элемен-

тов, соотношениях изотопов и возрасте протолита приведены в табл. 2.

Эпсилон Nd в монцогаббро несколько повышен (5,04) и близок к таковым интрузий регионам Алтая среднепалеозойской консолидации, а возраст протолита туфов риолитов составляет 1172 млн. лет, (верхи среднего рифея) характерный для транзитной зоны от средне-палеозойской консолидации к Алтае-Монгольского террейну [Kruk et al., 2001].

Таблица 2

Определения изотопов самария, неодима и модельного возраста протолита

Table 2

Definition of isotopes samarium, neodium and model age of protolite

| № п/п | Названия пород | Возраст, млн. лет | Sm, г/т | Nd, г/т | $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Sm}$ | $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ | +/- 2S | $\epsilon\text{Nd}(0)$ | $\epsilon\text{Nd}(T)$ | TDM  | TDM2 |
|-------|----------------|-------------------|---------|---------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------|------------------------|------------------------|------|------|
| 1     | Монцогаббро    | 458,8             | 3,999   | 11,75   | 0,1748                            | 0,512872                          | 8      | 4,56                   | 5,04                   | -    | -    |
| 2     | Туф риолита    | 469,1, 403        | 5,105   | 23,27   | 0,1329                            | 0,51253                           | 8      | -2,11                  | 1,18                   | 1172 | 1066 |

На диаграмме соотношений  $\epsilon Nd(T) - {}^{147}Sm/{}^{144}Nd$  монцогаббро располагаются выше состава хондритовых метеоритов по самарию и ниже – по неодиму (рис. 10). В то же время туфы риолитов по анализируемым показателям локализуются в поле синорогенных гранитоидов.

### Заключение

Ранее считалось, что вмещающие Владимирский интрузив породы, относятся к коргонской свите ранне-среднего девона. Полученные данные позволяют рассматривать вмещающие вулканогенно-осадочные породы средне-ордовикскими, а сам интрузив дифференцированным силлом. Диффе-

ренциация в силле проходила в направлении снижения кислотности и одновременного увеличения щёлочности, фиксируемые в направлении от подошвы силла к его кровле. Западная часть силла и его рама со скарнами и оруденением, располагалась вблизи подводящего канала.

Следует отметить, что по северной окраине Коргонского прогиба закартированы ещё несколько интрузивов, отнесённых ранее к майорскому комплексу (Тимофеевский, Кириловский, Еловский и другие более мелкие, а также дайки), которые имеют весьма близкий состав породных типов к Владимирскому силлу.

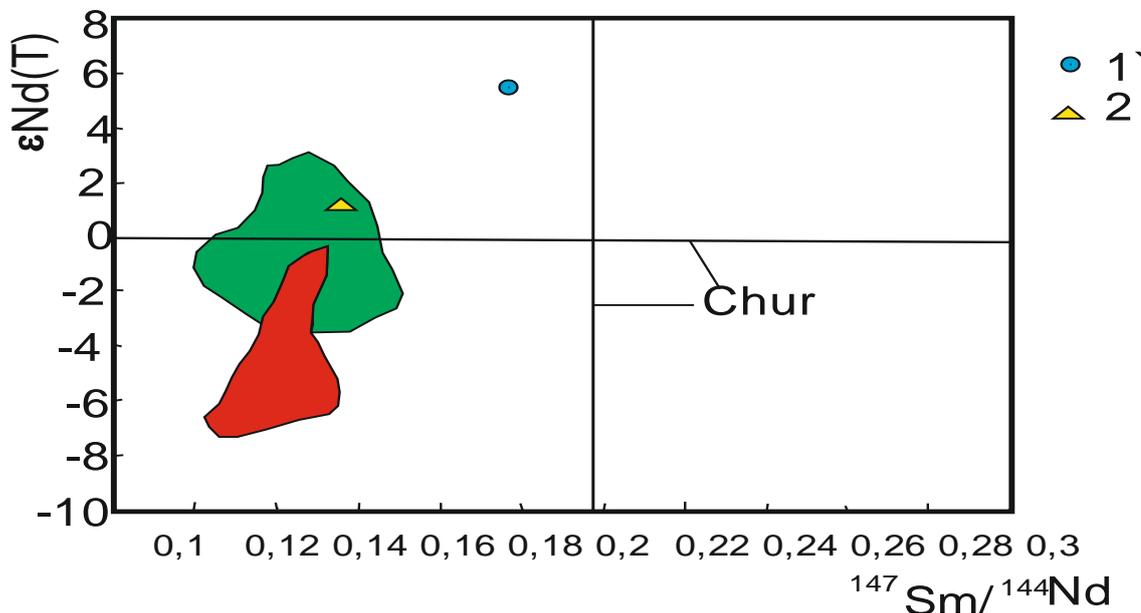


Рис. 10. Диаграмма  $\epsilon Nd(T) - {}^{147}Sm/{}^{144}Nd$  для монцогаббро Владимирского силла и вмещающих туфов риолитов. Линии CHUR – составы хондритовых метеоритов; зелёное поле – синорогенные гранитоиды и красное поле – ранне-среднепалеозойские метаосадочные породы по [Zhao et al., 1993; Chen, Jahn, 2001]. 1 – монцогаббро, 2 – туфы риолитов.

Fig. 10. Plot  $\epsilon Nd(T) - {}^{147}Sm/{}^{144}Nd$  for monzogabbro of Vladimirskii sill and country tufts rhyolites. Lines CHUR – contents of chondrite meteorites; green field – sinorogenic granitoids and red field – Early-Middle Paleozoic meta-sediment rocks after [Zhao et al., 1993; Chen, Jahn, 2001]. 1 – monzogabbro, 2 – tufts of rhyolites.

Кроме того, абсолютный возраст анорогенных лейкогранитов Кумирского штока ( $421 \pm 16$  млн. лет), приуроченного к этой же северной полосе Коргонского прогиба, также имеет «более древний» возраст, чем вмещающие его вулканогенно-осадочные образования кумирской ранне-девонской свиты. Возраст кумирской свиты также в этой связи ставится под сомнение. Он может быть не девонским, а ордовикским, или силурийским.

Эти данные позволяют предположить, что по северной части Коргонского прогиба распространены вулканогенно-осадочные разрезы ордовика и, возможно, силура, которые ранее относились к девону. Если при последующем проведении и опробовании Тимофеевского и Кирилловского штоков и вмещающих их пород получатся аналогичные цифры возрастов, то логично должна ставиться задача нового картирования значительной части территории листа М-45-VII.

В связи с новыми результатами по абсолютному датированию, полученными нами в этом исследовании, резко меняются представления на металлогению этого региона. Как указано выше, весьма специфический набор геолого-промышленных типов оруденения и набор металлов, связанных с интрузиями северной периферии Коргонского прогиба, дают основание на пересмотр металлогенической роли магматизма указанной полосы Коргонского тектонического блока. Присутствие в рудах Владимировского месторождения повышенных концентраций платиноидов и скандия указывает на глубинный мантийный источник (астеносферный) и родоначальных магматических и рудных флюидов, сформировавших оруденение.

В случае подтверждения ордовикского возраста Тимофеевского и Кирилловского массивов потребуются изменения в Легенде Алтае-Саянской складчатой области с выделением нового интрузивного комплекса средне-ордовикского возраста.

*Конфликт интересов.* Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Conflict of interest.* The authors declares that he has no conflict of interest.

#### *Список литературы*

1. Третьякова И.Г. Возрастные рубежи формирования гидротермального кобальтового оруденения Алтае-Саянской складчатой области и его соотношения с магматизмом: Автореферат дис... к.г.м.-м. наук. Новосибирск, 2011. 20 с.

2. Уваров А.Н., Кузнецов С.А., Гладких Л.А., Родченко С.А., Юрьев А.И. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1:200 000. Издание второе. Серия Алтайская. Лист М – 45–VII. Объяснительная записка. Москва–Санкт-Петербург, 1999. 205 с.

3. Шокальский С.П., Бабин Г.А., Владимиров А.Г., Борисов С.М. Корреляция магматических и метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000. 187 с.

4. Anders E., Greevesse N. Abundences of the elements: meteoric and solar // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1989. Vol. 53. P. 197–214.

5. Davidson J., Turner S., Handley H., Macpherson C., Dosseto A. Amphibol "sponge" in arc crust? // *Geology*. 2007. Vol. 35. P. 787–790.

6. DePaolo D.J., Daley E.E. Neodymium isotopes in basalts of the southwest Basin and Range and lithosphere thinning during continental extention // *Chemical Geology*. 2000. Vol. 169. P. 157–185.

7. Irber W. The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu\*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // *Geochim Cosmochim Acta*. 1999. Vol. 63, № 3/4. P. 489–508.

8. Kruk N.N., Rudnev S.N., Vystavnoi S.A., Palrskiy S.V. Sr-Nd isotopic systematics of granitoids and evolution of continental crust of the western part of Altai-Sajan fold region // *Continental Growth in the Phanerozoic: Evidence from Central Asia*. Novosibirsk: Publishing House of SB RAS. Department "GEO", 2001. P. 68–72.

9. Putirka K., Busby C.J. The tectonic significance of high-K<sub>2</sub>O volcanism in the Sierra Nevada, California // *Geology*. 2007. Vol. 35. P. 923–926.

10. Vigneresse J.L. The role of discontinuous magma inputs in felsic magma and ore generation // *Ore geology Reviews*. 2007. Vol. 30. P. 181–216.

11. Zhao Z.H., Wang Z.G., Zou T.R., Masuda A. Progress of solid-earth sciences in northern Xinjiang. Beijing Science Press, 1993. P. 239–266.

12. Chen B., Jahn B.-M. Geochemical and isotopic study of sedimentary and granitic rocks from thr Altai orogeny (NW China) and tectonic implications // *Continental Growth in the Phanerozoic: Evidence from Central Asia*. Novosibirsk: Publishing House of SB RAS. Department "GEO", 2001. P.14-17.

#### *References*

1. Tret'yakova I.G. Vozrastnye rubezhi formirovaniya gidrotermal'nogo kobal'tovogo orudneniya Altae-Sayanskoj skladchatoj oblasti i ego sootnosheniya s magmatizmom [Age

boundaries of the formation of hydrothermal cobalt mineralization of the Altai-Sayan folded region and its relationship with magmatism]: Summary of PhD thesis. Novosibirsk, 2011. 20 p. (in Russian).

2. Uvarov A.N., Kuznecov S.A., Gladkih L.A., Rodchenko S.A., Yur'ev A.I. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii [State Geological Map of the Russian Federation]. Masshtab 1:200 000. Izdanie vtoroje. Seriya Altajskaya. List M – 45–VII. Ob'yasnitel'naya zapiska. Moskva–Sankt-Peterburg, 1999. 205 p. (in Russian).

3. Shokal'skij S.P., Babin G.A., Vladimirov A.G., Borisov S.M. Korrelyaciyi magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov zapadnoj chasti Altae-Sayanskoj skladchatoj oblasti [Correlation of magmatic and metamorphic complexes of the western part of the Altai-Sayan folded region]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, filial «Geo», 2000. 187 p. (in Russian).

4. Anders E., Greevesse N. Abundences of the elements: meteoric and solar // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1989. Vol. 53. P. 197–214.

5. Davidson J., Turner S., Handley H., Macpherson C., Dosseto A. Amphibol "sponge" in arc crust? // *Geology*. 2007. Vol. 35. P. 787–790.

6. DePaolo D.J., Daley E.E. Neodymium isotopes in basalts of the southwest Basin and Range and lithosphere thinning during continental extension // *Chemical Geology*. 2000. Vol. 169. P. 157–185.

7. Irber W. The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu\*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // *Geochim Cosmochim Acta*. 1999. Vol. 63, № 3/4. P. 489–508.

8. Kruk N.N., Rudnev S.N., Vystavnoi S.A., Palrskiy S.V. Sr-Nd isotopic systematics of granitoids and evolution of continental crust of the western part of Altai-Sajan fold region // *Continental Growth in the Phanerozoic: Evidence from Central Asia*. Novosibirsk: Publishing House of SB RAS. Department "GEO", 2001. P. 68–72.

9. Putirka K., Busby C.J. The tectonic significance of high-K<sub>2</sub>O volcanism in the Sierra Nevada, California // *Geology*. 2007. Vol. 35. P. 923–926.

10. Vigneresse J.L. The role of discontinuous magma inputs in felsic magma and ore generation // *Ore geology Reviews*. 2007. Vol. 30. P. 181–216.

11. Zhao Z.H., Wang Z.G., Zou T.R., Masuda A. Progress of solid-earth sciences in northern Xinjiang. Beijing Science Press, 1993. P. 239–266.

12. Chen B., Jahn B.-M. Geochemical and isotopic study of sedimentary and granitic rocks from the Altai orogeny (NW China) and tectonic implications // *Continental Growth in*

the Phanerozoic: Evidence from Central Asia. Novosibirsk: Publishing House of SB RAS. Department "GEO", 2001. P.14-17.

NEW DATA ON THE ABSOLUTE AGES OF VLADIMIRSKII MASSIF  
AND COUNTRY IT VOLCANOGENY-SEDIMENTARY ROCKS  
(GORNYY ALTAI)

A. Gusev<sup>1</sup>, N. Gusev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Shukshin Altai State Humanities Pedagogical University, Biysk

<sup>2</sup>A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, St. Petersburg

E-mail: anzerg@mail.ru, Nicolay\_Gusev@mail.ru

*New data on absolute age gabbroids of Vladimirkii sill, dike of monzogabbro and tuff of rhyolites. They are carried to early-middle Devonian before. The petro-geochemical and petrological peculiarities of all rock types of sills let. Monzogabbro of sill has the absolute age 458, 8 mln. year, that it replays too Ordovician. The absolute age of tuff rhyolites arranges 469, 1 8 mln. year. Rocks of sill differentiated from calc-alkaline varieties to shoshonitic and source of it forming is near to asthenosphere. Tuff of rhyolites catty to ultrapotassic series. The considerable specification of age country volcanogenic rocks and of Vladimirkii sill give foundation for new survey of northern part of Korgonskii trough. The minable contents of rare earth elements, and increased concentration of platinoids and gold determined in ores of Vladimirkoe deposit.*

**Key words:** Gorny Altai; sill; gabbro; monzogabbro; diorites; monzodiorites; tuff of rhyolite; zircon; isotopes of Sm and Nd, Co; REE; Au.

*Received December 10, 2021*

*Сведения об авторах*

*Гусев Анатолий Иванович* – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры естественно-научных дисциплин Алтайского государственного гуманитарно-педагогического университета им. В.М. Шукшина. Россия, 659333, г. Бийск, ул. Короленко, 53. E-mail: anzerg@mail.ru.

*Гусев Николай Иванович* – кандидат геолого-минералогических наук, заведующий отделом Восточной Сибири ФГУП «Всероссийский геологический исследовательский институт им. А.П. Карпинского». Россия, 199106, г. Санкт-Петербург, Средний пр., 74. E-mail: Nicolay\_Gusev@mail.ru.

*Information about the authors*

*Gusev Anatolii Ivanovich* - Doctor geology-mineralogical of sciences, professor of cathe-  
dra natural-sciences subjects Shukshin Altai State University for Humanities and Pedagogy.  
53, Korolenko St., 659333, Biysk, Russia. E-mail: anzerg@mail.ru.

*Gusev Nikolay Ivanovich* - Candidate geology-mineralogical of sciences, chief of depart-  
ment Eastern Siberia A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute. 74, Srednij Av.,  
199106, St. Petersburg, Russia. E-mail: Nicolay\_Gusev @mail.ru.

Раздел 3

ГИДРОЛОГИЯ. КЛИМАТ

Section 3

HYDROLOGY. CLIMATE

УДК 556.383:518.6 (571.51)

**ОЦЕНКА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ  
ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЗОН ПОДТОПЛЕНИЯ ГОРОДСКИХ  
ТЕРРИТОРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ**

С.Г. Яковченко, В.И. Заносова

ООО «Центр инженерных технологий», Барнаул,

E-mail: spartak.cet@gmail.com, valzan@bk.ru

*На основе проведенных исследований разработана методика анализа и прогноза риска подтопления урбанизированных территорий, которая интегрирует средства программных продуктов моделирования гидравлики речных потоков, фильтрации подземных вод и ГИС. Выполнена схематизация гидрогеологических условий территории исследований, обоснован выбор среды гидрогеологического моделирования. Проведен анализ и обоснование параметров количественной оценки ведущих факторов подтопления. Выполнена математическая постановка задачи и предложена численная модель расчета процесса подтопления территории. Модель основывается на решении двумерных уравнений фильтрации с учетом геометрии водоносного пласта и фильтрационных характеристик, слагающих его пород. Приводятся результаты вычислительного эксперимента.*

*Разработана методика картографических построений и оценки процессов подтопления территорий с использованием цифровых моделей рельефа. В результате получены электронные карты специализированной гидрогеологической информации, позволяющие производить комплексный анализ закономерностей процессов подтопления территорий. В результате моделирования выделены зоны различной степени подтопления грунтовыми водами. Практическая значимость работы заключается в применении результатов исследования для мониторинга и прогноза процесса подтопления урбанизированных территорий.*

*Ключевые слова:* затопление и подтопление территорий; гидрогеологическая схематизация; моделирование потоков подземных вод; численная модель расчета.

DOI: 10.24412/2410-1192-2021-16304

Дата поступления: 8.12.2021

Городские территории, расположенные на берегах рек, довольно часто находятся под угрозой наводнений вследствие половодий и паводков. Следствием затопления является подтопление застроенных территорий, связанное с повышением уровня грунтовых вод, которое нарушает нормальное функционирование расположенных на ней объектов.

Подтопление может усугублять чрезвычайную ситуацию, когда на определенной территории складывается обстановка, которая приводит к ухудшению состояния окружающей среды и наносит ущерб здоровью людей, материальным и культурным ценностям. Высокий уровень грунтовых вод приводит к снижению прочности грунтов в основании зданий и сооружений, и, как следствие, к деформации или разрушению несущих конструкций [Прогноз..., 1978; Рекомендации..., 1983].

Наиболее актуальными прогноз и защита от затопления и подтопления становятся для тех урбанизированных территорий, где природные условия благоприятствуют развитию таких

процессов. Поэтому вопросам изучения природных (геоморфологических, гидрогеологических, инженерно-геологических) условий необходимо уделять большое внимание при определении границ зон затопления и подтопления местности.

Целью исследования является установление границ зон затопления и подтопления территорий, прилегающих к рекам Чулым и Ададым для осуществления мер по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий в отношении водных объектов. Объектом исследования в данной работе является территория в границах г. Назарово Красноярского края. Работы по определению границ зон подтопления проводятся в соответствии с требованиями постановления Правительства Российской Федерации № 360 от 18.04.2014г. «Об определении границ зон затопления и подтопления» [Постановление..., 2014].

#### *Материал и методика исследований*

Город Назарово находится на левом берегу р. Чулыма (приток Оби) в 192 километрах западнее Красноярска.

Расположение части городской территории вдоль низких берегов рек Чулым и Ададым способствовало ее затоплению в периоды прохождения высоких половодий, паводков, а также в результате возникновения заторных явлений. Крупные наводнения в г. Назарово происходили в 1966, 1991, 1995, 1997, 1999, 2001, 2004, 2006, 2007, 2010, 2014, 2018 гг.

Долина реки Чулым в пределах городской черты местами расширяется до 5–6 км. Левый склон пологий, расчленен неглубокими логами и долиной реки Ададым, правый склон круче левого и переходит в южный макросклон хребта Арга. Река имеет здесь четыре террасы с абсолютными отметками от 239 до 290 м. Пойменная терраса имеет

ширину до 3 км. Отметки поверхности в границах города 237–240 м. Поверхность поймы сильно изрезана озерами и старицами. Первая надпойменная терраса, у города достигает ширины в 2–2,5 км, абсолютная отметка поверхности террасы 247 м. Вторая надпойменная терраса так же хорошо прослеживается в рельефе. Третья надпойменная терраса находится южнее городской территории и имеет абсолютную отметку до 290 м. В значительном отдалении от русла наблюдаются ложбины, которые, как правило, лежат на 0,5–1,0 м ниже прирусловой части. Пониженные участки заболочены. Затопливается пойма при половодье слоем воды от нескольких сантиметров до 1,5 м (рис. 1)



Рис. 1. Долина реки Чулым в пределах г. Назарово  
Fig. 1. Valley of the Chulym River within the city of Nazarovo

Уровни воды в верхнем бьефе регулируются плотиной Назаровской ГРЭС таким образом, чтобы обеспечить искусственное поддержание меженных горизонтов воды на отметках, обеспечивающих подачу воды в подводящий канал. Максимальные уровни воды регулируются в зависимости от сроков и высоты открытия затвора для пропуска весеннего половодья.

Река Ададым – левый приток р. Чулыма, впадает в него на 1380 км от устья. Русло реки огибает город с юго-восточной границы, вплотную подходя к жилым многоэтажным массивам и частным одноэтажным домам. Ширина русла р. Ададым в пределах города – от 4 до 20 м, глубина – 0,5–1,5 м, уклон русла – 0,003, расход воды у г. Назарово в среднем за год составляет 0,62 м<sup>3</sup>/с, максимальный расход – 59,6 м<sup>3</sup>/с (29.04.1984). На всём участке нижнего течения долина реки испытала существенные антропогенные и техногенные изменения. Правый берег вскрыт Назаровским угольным разрезом с системой отвалов, искусственных водоемов и обслуживающих сооружений. Левый берег занимают многоэтажные постройки г. Назарово и дома с приусадебными участками частного сектора. Надпойменные террасы реки прослеживаются лишь на правом берегу. В пределах левобережья их границы полностью стёр-

ты спускающимися в пойму садовыми участками, жилыми домами, подсобными строениями и другими сооружениями.

Сток реки зарегулирован несколькими прудами в верхнем и среднем течении. Такие мелкие притоки, как ручьи Ельник, Березовка, Листвянка и другие, имеют слабо разработанную долину и небольшие расходы воды. Значительное влияние на уровень, термический и ледовый режимы р. Ададым оказывают сбросы дренажных вод Назаровского угольного разреза. Максимальный сток и уровни воды на участке верхнего бьефа проходят обычно в первых числах мая, в нижнем бьефе максимум половодья сдвинут на середину мая. Наибольшие расходы воды редких обеспеченностей на р. Ададыме совпадают по срокам с максимумами на р. Чулыме.

Для решения задач по выделению зон подтопления методом численного моделирования использовался пакет программ MODFLOW [McDonald, Harbaugh, 2003; Lautz, Siegel 2006; Kim et al. 2008; Milzow, Kinzelbach, 2010], хорошо зарекомендовавший себя в многочисленных расчетах потоков воды в насыщенных грунтах. MODFLOW – трехмерная конечно-разностная модель движения подземных вод, которая позволяет моделировать как стационарную, так и нестационарную фильтрацию

грунтовых вод в напорном, безнапорном и напорно-безнапорном режимах. При решении поставленных задач учитываются такие показатели как осадки, испарение, дренированность территории, а также взаимодействие подземных вод с поверхностными водотоками. Уравнение движения подземных вод решается с использованием конечно-разностной аппроксимации. Область фильтрации делится на блоки, в которых свойства среды принимаются постоянными. В плане блоки располагаются в виде регулярной сетки с переменным шагом. Для расчета зон подтопления и водного баланса подземных вод изучаемой территории использовалась программа MODFLOW в средах моделирования Aquaveo GMS (Groundwater Modeling System) и Simcore PMWIN (Processing ModFlow).

Для решения поставленных задач в качестве исходных материалов использованы:

- цифровая модель рельефа (ЦМР);
- государственная геологическая карта территории М 1:200 000 и материалы к ней [Цельковский и др., 2009].
- учетные карточки буровых скважин, расположенных на территории города из архива Красноярского филиала фонда геологической информации по Сибирскому федеральному округу;

– результаты бурения инженерно-геологических скважин и опытно-фильтрационных работ.

С целью построения расчетной схемы, применительно к выбранному методу численного моделирования проведена схематизация гидрогеологических условий. Задача схематизации – выявить ведущие факторы движения потока подземных вод и обосновать второстепенные, которыми в данной задаче можно пренебречь. В соответствии с этим схематизации подлежат: геометрия пласта или отдельных его слоев в плане и разрезе, фильтрационные свойства грунтов, дополнительное инфильтрационное питание, характеристики потоков (мощность, направление, уклоны и т.д.), а также граничные и начальные условия [Максимов, 1979; Рекомендации..., 1983; Мироненко, 2001].

#### *Результаты и их обсуждение*

Схематизация гидрогеологических условий выполняется последовательным анализом гидродинамических особенностей потока с использованием критериев, позволяющих качественно и количественно оценивать допустимость предполагаемого упрощения.

Гидрогеологические условия территории исследований на изученную глубину 15,0 м (зона влияния на подтопление территории) характеризуются раз-

витиём водоносного комплекса в верхнечетвертичных и современных аллювиальных отложениях. Водоносный комплекс четвертичных отложений приурочен к пойме и надпойменным террасам р. Чулым. Водовмещающими являются песчаные и гравийно-галечниковые отложения.

По характеру вмещающей среды подземные воды четвертичных отложений относятся к типу порово-пластовых. Водоносный горизонт безнапорный и на отдельных участках слабонапорный. Нижним водоупором являются элювиальные глины, алевролиты или мергели, вскрытые на глубинах от 7,2 до 12,8 м. Грунтовые воды в пределах исследуемой территории вскрыты бурением на глубине от 0,2 до 6,6 м, на отметках 233,0–243,9 м.

С удалением от реки глубина залегания уровня увеличивается. Общий по-

ток грунтовых вод направлен в сторону р. Чулым. Питание водоносный горизонт получает в основном за счет атмосферных осадков и гидравлической связи с поверхностными водами. Во время паводков происходит подпор грунтовых вод в прибрежной зоне р. Чулым.

Амплитуда сезонного колебания уровня грунтовых вод в течение года может достигать 2,0–2,5 м. Разгрузка грунтовых вод происходит в речную долину в меженный период.

В результате анализа пространственной изменчивости частных показателей свойств грунтов, определенных лабораторными методами с учетом геологического строения и литологических особенностей в пределах границ города выделено 4 основных инженерно-геологических элемента (ИГЭ) (табл. 1).

Таблица 1

## Характеристики инженерно-геологических элементов

Table 1

## Characteristics of engineering and geological elements

| Инженерно-геологический элемент (ИГЭ)   | Минимальная мощность, м | Максимальная мощность, м | Коэффициент фильтрации, м/сут |
|---|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Суглинок тяжелый пылеватый тугопластичный (аQ <sub>III-IV</sub> )   | 0,3                     | 6,8                      | 0,0017                        |
| Песок средней крупности водонасыщенный (аQ <sub>III-IV</sub> )  | 0,5                     | 3,2                      | 4,5                           |
| Гравийно-галечниковые отложения с песчаным заполнителем водонасыщенные (аQ <sub>III-IV</sub> )  | 1,0                     | 11,8                     | 19,1                          |
| Глина элювиальная полутвердая (еQ <sub>II-III</sub> ), алевролит слабовыветрелый (J <sub>2it</sub> ), мергель выветрелый (D <sub>1-2</sub> ). | 2,2                     | 6,5                      | водоупор                      |

При расчетах водных потоков водовмещающие пласты схематизируются по трехслойной схеме в порядке сверху вниз:

слой 1 – «воздух» (вода, вышедшая на поверхность). Нижняя граница – дневная поверхность, верхняя – поверхность постоянной высоты, равной наивысшей отметке рельефа на территории моделирования;

слой 2 – покровные суглинки (ИГЭс), имеющие повсеместное распространение;

слой 3 – водонасыщенные пески и галечники, сведенные в один обобщенный слой (ИГЭв), нижняя граница которых совпадает с положением водоупора.

Мощность  $m$  (м) и коэффициент водопроводимости  $T$  (м<sup>2</sup>/сут) выделенных слоев по данным бурения и опытно-фильтрационных работ вычисляются как сумма соответственно мощностей и водопроводимостей ИГЭ, а коэффициент фильтрации  $k$  (м/сут) как частное рассчитанной водопроводимости и мощности слоя (табл. 2).

Таблица 2

Гидрогеологические параметры инженерно-геологических элементов

Table 2

Hydrogeological parameters of engineering-geological elements

| № скважины           | Покровные суглинки (ИГЭс) |        |        | Водонасыщенные пески и галечники (ИГЭв) |       |       |
|----------------------|---------------------------|--------|--------|---|-------|-------|
|                      | $m_c^1$                   | $T_c$  | $k_c$  | $m_v$                                   | $T_v$ | $k_v$ |
| 1                    | 6,8                       | 0,0116 | 0,0017 | 1,0                                     | 19,1  | 19,1  |
| 2                    | 1,8                       | 0,0031 | 0,0017 | 6,5                                     | 116,9 | 18,0  |
| 3                    | 1,2                       | 0,0020 | 0,0017 | 5,7                                     | 108,9 | 19,1  |
| 4                    | 1,3                       | 0,0022 | 0,0017 | 7,8                                     | 149,0 | 19,1  |
| 5                    | -                         | -      | -      | 9,8                                     | 187,2 | 19,1  |
| 6                    | 0,9                       | 0,0015 | 0,0017 | 10,4                                    | 198,6 | 19,1  |
| 7                    | 2,5                       | 0,0043 | 0,0017 | 5,5                                     | 105,1 | 19,1  |
| 8                    | 0,3                       | 0,0005 | 0,0017 | 7,9                                     | 104,2 | 13,2  |
| 9                    | 1,4                       | 0,0024 | 0,0017 | 5,8                                     | 88,9  | 15,3  |
| 10                   | 0,5                       | 0,0009 | 0,0017 | 11,8                                    | 225,4 | 19,1  |
| 11                   | 2,3                       | 0,0039 | 0,0017 | 6,8                                     | 113,8 | 16,7  |
| 12                   | 4,0                       | 0,0068 | 0,0017 | 5,3                                     | 72,0  | 13,6  |
| 13                   | 6,1                       | 0,0104 | 0,0017 | 5,4                                     | 90,0  | 16,7  |
| 14                   | 0,5                       | 0,0009 | 0,0017 | 9,0                                     | 171,9 | 19,1  |
| 15                   | 1,5                       | 0,0026 | 0,0017 | 9,2                                     | 175,7 | 19,1  |
| минимальное          | 0,3                       | 0,0005 | 0,0017 | 1,0                                     | 19,1  | 13,2  |
| максимальное         | 6,8                       | 0,0116 | 0,0017 | 11,8                                    | 225,4 | 19,1  |
| среднее <sup>2</sup> | 2,2                       | 0,0038 | 0,0017 | 7,2                                     | 128,4 | 17,9  |

Примечания: <sup>1</sup>  $m$  – мощность слоя, м;  $T$  – коэффициент водопроводимости, м<sup>2</sup>/сут;  $k$  – коэффициент фильтрации, м/сут; <sup>2</sup> средний коэффициент фильтрации грунтов определялся как частное сумм по всем скважинам коэффициента водопроводимости и мощности  $k_{\text{средн}} = \Sigma T / \Sigma m$ .

Таким образом, при математической постановке задачи водоносный комплекс долины р. Чулым схематизируется как набор пластов, ограниченный непроницаемым контуром, получающих питание за счет инфильтрации атмосферных осадков и притоков через границы.

Для водоносного комплекса (ИГЭВ) приняты следующие средние расчетные параметры: мощность  $m_B = 7,2$  м, коэффициент водопроводимости  $k_B = 128,4$  м<sup>2</sup>/сут, коэффициент фильтрации  $k_F = 17,9$  м/сут, коэффициент водоотдачи  $\mu_B = 0,22$ . Покровные суглинки (ИГЭС) имеют следующие расчетные характеристики: мощность  $m_C = 2,2$  м, коэффициент фильтрации  $k_C = 0,0017$  м/сут.

Модуль инфильтрационного питания оценивается методом водного баланса [Крестовский, Постников, 1972]. При расчете методом водного баланса коэффициент поверхностного стока  $\alpha$  (как отношение годового стока к осадкам) определен по данным наблюдений на гидропосте р. Ададым – г. Назарово (табл. 3). Величина коэффициента стока в среднем составляет 0,34, суммарное инфильтрационное питание – 318 м<sup>3</sup>/(сут×км<sup>2</sup>). Коэффициент фильтрации в вертикальном направлении принимается для всех слоев равным 0,1 от коэффициента фильтрации в горизонтальном направлении.

Для расчета положения уровня грунтовых вод строится трехмерная математическая модель заданного участка со стратиграфией пластов на основе данных бурения и рельефа местности.

С помощью численного решения уравнения фильтрации в зоне интенсивного водообмена проводится математическое моделирование по общепринятым в гидрогеологии методам [Гавич, 1980; Ломакин и др., 1988; Сологаев, 2002; Иванов, Арефьев, 2008; Kim et al., 2008; Мокиенко, 2012; Дьяконова и др., 2016; Vojun et al., 2018; Мусин, Храменков, 2019].

Трехмерное движение грунтовых вод через пористую среду может быть описано уравнением в частных производных:

$$\mu \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( T_x \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( T_y \frac{\partial H}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( T_z \frac{\partial H}{\partial z} \right) + W,$$

где  $\mu$  – безразмерный коэффициент водоотдачи;

$T$  – коэффициент водопроводимости, м<sup>2</sup>/сут;

$k$  – коэффициент фильтрации, м/сут;

$W$  – интенсивность инфильтрации на единицу площади, м/сут;

$H$  – значение уровня грунтовых вод, м.

В общем случае предполагается, что величины  $\mu$ ,  $T_x$ ,  $T_y$ ,  $T_z$ , являются функциями пространства  $(x, y, z)$ , а  $H$  и  $W$ , кроме того, и времени. Таким образом, уравнение описывает движение грунто-

вых вод в неустановившихся условиях в неоднородной и анизотропной среде.

Для решения уравнения дополнительно задаются начальное распределение напорной функции  $H^0(x, y, z)$  в водоносном пласте и краевые значения по границе расчетной области.

В качестве границ области выбраны урезы воды в реках, линии примыкания водоносных пластов к водоупорным породам, границы с естественными значениями уровней и напоров, остающиеся неизменными под влиянием различных искусственных факторов.

На участках границы задаются либо значения напоров (условие 1-го рода), либо расходов (условие 2-го рода), а в случае граничного условия 3-го рода (границы несовершенных водоемов) – значения напора в водоеме и фильтрационное сопротивление.

Решение задачи ищется в области с

произвольной конфигурацией внешних и внутренних границ, с учетом неоднородности грунтов, а в случае безнапорного или напорно-безнапорного пласта коэффициент водопроводимости является еще и функцией напора, то есть  $T=T(x, y, z, H)$ . При этом уравнение становится нелинейным, а также учитывается изменение функции  $W(x, y, z, t)$  как в пространстве, так и во времени.

Для решения уравнения используется конечно-разностная аппроксимация 2-го порядка точности пространственных производных и первого порядка точности по времени, образуя неявную схему, которая является наиболее устойчивой к ошибкам аппроксимации. Исходная пространственная сетка выбирается прямоугольной с неравномерным шагом. Каждый вертикальный слой соответствует геологическому слою с присущими ему характеристиками.

Таблица 3

Расчет годовой инфильтрации исследуемой территории

Table 3

Calculation of annual infiltration of the study area

| Месяц   | I  | II | III | IV  | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII | Сумма |
|---|----|----|-----|-----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-------|
| Осадки, мм  | 20 | 17 | 16  | 24  | 45 | 63 | 70  | 65   | 40 | 34 | 30 | 28  | 452   |
| Поступление воды на поверхность<br>Р, мм  | –  | –  | –   | 135 | 45 | 63 | 70  | 65   | 40 | 34 | –  | –   | 452   |
| Испарение Е, мм   | 4  | 4  | 8   | 22  | 51 | 67 | 60  | 43   | 30 | 16 | 7  | 4   | 316   |
| Суммарное инфильтрационное<br>питание (осадки минус испарение)<br>$I=(P-E) \cdot (1-\alpha)$ , мм | –  | –  | –   | 75  | –  | –  | 7   | 15   | 7  | 12 | –  | –   | 116   |

Определяются ячейки, не участвующие в расчете, остающиеся вне границы моделируемой области. Искомые функции находятся в геометрических центрах ячеек.

Исходная сетка отображается на реальную область, при этом расчетные элементы представляют собой прямоугольные в плане призмы с вертикальными боковыми гранями и скошенными основаниями. Высоты оснований изменяются линейно в зависимости от толщи водоносных слоев, значений  $x$  и  $y$  в центре призмы, а значения высоты  $z_k$  от положения нижней границы. Нумерация слоев идет от поверхности земли до подошвы водонасыщенной толщи. Таким образом, каждая расчетная ячейка является косоугольной.

Моделирование зон подтопления выполняется в границах города в отношении:

- территорий, прилегающих к зонам затопления при максимальных уровнях воды 1% обеспеченности зарегулированного стока р. Чулыма в нижнем бьефе гидроузла Назаровской ГРЭС;
- территорий, прилегающих к зонам затопления при максимальных уровнях воды 1% обеспеченности не зарегулированного стока р. Ададыма.
- территорий, прилегающих к водохранилищу Назаровской ГРЭС на р. Чулым, затапливаемых при уровнях

воды, соответствующих форсированному подпорному уровню воды водохранилища.

Граница моделирования в плане проведена по линии меженных урезом +15 – +20 м по высоте, область моделирования находится в основном в пределах распространения галечников (четвертичных отложений  $Q_4$ ) вдоль реки. Слой 2 при малой мощности суглинков объединяется со слоем 3 (пойма и террасы рек Чулым и Ададым), его фильтрационные характеристики предполагаются равными характеристикам слоя 3 (наиболее опасный вариант подтопления, при котором галечники не прикрыты кровлей суглинков). Это позволяет обеспечить более строгие требования к защите территории от подтопления.

Определяющим по основным фильтрационным характеристикам (распределение мощности слоя и характеристик фильтрации) является слой ИГЭВ. Согласно данным откачек коэффициенты водопроводимости отложений на исследуемой территории меняются в пределах от 19,1 до 225,4 м<sup>2</sup>/сут (табл. 2).

Пространственная зависимость уровня грунтовых вод  $H_{min}$  на исследуемой территории определена по измеренным значениям уровня грунтовых вод (УГВ) в скважинах и измерениям уровня поверхностных вод в р. Чулым в период осенней межени.

Схематизация отметок подошвы слоя ИГЭВ для всей территории моделирования основана на результатах инженерно-геологических изысканий.

Для долины р. Чулым схематизация подошвы слоя ИГЭВ сделана исходя из имеющихся полевых и архивных данных по скважинам левого берега. Отметка подошвы водоносного комплекса достигает минимальных значений у реки и растет при удалении от неё. Характерный уклон поверхности подошвы при удалении от реки равен 0,003 м/м.

Для правого крутого берега и участка левого берега у плотины по результатам инженерно-геологических изысканий протяженность слоя галечника ограничена поймой реки. При моделировании принято постоянное значение отметки подошвы и мощности галечника при удалении от реки. Такое приближение сделано для минимизации ошибки определения границы подтопления.

Уклон подошвы водоносного пласта вдоль долины р. Чулыма не выражен. Отметка подошвы в пойме составляет в среднем 228,2 м. Средний коэффициент фильтрации водовмещающих отложений в исследуемой области долины р. Чулыма меняется в пределах 13,2–19,1 м/сут, и в среднем составляет 17,9 м/сут.

Паводок на р. Чулыме имеет значительную продолжительность (до нескольких месяцев), что может быть до-

статочно для вертикальной инфильтрации воды из слоя ИГЭВ через слой ИГЭС при характерных значениях  $m_c = 2,2$  м,  $k_c = 0,0017$  м/сут (табл. 2).

Таким образом, особенностью моделирования процессов подтопления, источником которых является паводковый подъем воды в реке, является необходимость совместного учета процессов затопления и подтопления. Сложный рельеф поймы, высокая проницаемость почвогрунтов, составляющих область водообмена, даже при наличии защиты исследуемой территории от затопления, требует учета выклинивания грунтовых вод на поверхность в депрессиях рельефа, их переноса по пойме, дальнейшего затопления и подтопления ими соседних участков при связи естественных депрессий с руслами существующих проток и стариц. При моделировании данных процессов был использован подход, предложенный и апробированный в работе Milzow С. [Milzow, Kinzelbach, 2010], а также рядом других авторов [Montzka et al., 2008; Rodriguez et al., 2008]. Он заключается во введении при моделировании движения грунтовых вод с помощью уравнения Дарси дополнительного пласта выше почвогрунтов, описывающего распространение поверхностных вод, характеризующегося коэффициентом фильтрации 40 м/сек и коэффициентом водоотдачи,

меняющимся от 0,15 до 1,0 (в зависимости от ландшафта затапливаемой территории). В данной работе принято значение коэффициента водоотдачи равное 1,0. Такое дополнение в модели как показывают указанные авторы позволяет корректно описать взаимодействие между грунтовыми и поверхностными водами, как на затопленных территориях, так и на заболоченных участках. Введение этого слоя позволяет рассмотреть с необходимой точностью процесс перетекания выклинивающихся в депрессиях грунтовых вод, а также процесс медленного затопления пойменной территории при подъеме уровней реки, описываемой в этом случае как граничное условие первого рода. Характеристики затапливающего или подтапливающего водного потока (распределение уровней вдоль направления течения реки) при этом берутся из результатов расчетов внешней программы гидрологического моделирования (одномерной HEC GEORAS или двумерной Aquaveo SMS). В расчетах с добавочным слоем дополнительно к базовым программам используется модуль Modflow Wetting Capability.

Для слоя ИГЭВ на границе со склоном долины реки ставится граничное условие второго рода (приток на границе). На контуре границы, проходящей через русло реки перпендикулярно

направлению ее течения, ставится граничное условие нулевого потока. На территории области затопления в начальный момент времени (т.е., территории, занимаемой руслом) ставится граничное условие равенства напора УВВ, рассчитанным по модели затопления (используется модуль Modflow Time-Variant Specified-Head).

Для слоя «воздух» на контуре границы, проходящей через русло реки перпендикулярно направлению ее течения и границе со склоном долины реки ставится граничное условие нулевого потока. На территории области затопления в начальный момент времени (т.е., территории, занимаемой руслом) ставится граничное условие равенства напора УВВ, рассчитанным по модели затопления (используется модуль Modflow Time-Variant Specified-Head).

На границе слоев ИГЭВ и «воздуха» в области затопления ставится условие непрерывности напора. Приток на верхней границе слоя ИГЭВ задается через модуль Modflow Recharge. Коэффициент инфильтрационного питания, используемый в модуле (через параметр Recharge Flux=I) приведен в таблице 3.

Моделирование уровней грунтовых вод проводится в пределах годового периода с дискретностью от нескольких суток до декад для ситуаций наличия и отсутствия паводка высоких вод. В по-

следнем случае уровни воды р. Чулым и р. Ададым принимаются постоянными в течение года и равными минимальным уровням расчетного графика многоводного года.

Согласно приложению постановления Правительства Российской Федерации № 360 от 18.04.2014г. «Об определении границ зон затопления и подтопления» в границах зон подтопления определяются [Постановление..., 2014]:

а) территории сильного подтопления (при глубине залегания грунтовых вод менее 0,3 м);

б) территории умеренного подтопления (при глубине залегания грунтовых вод от 0,3–0,7 до 1,2–2,0 м от поверхности);

в) территории слабого подтопления (при глубине залегания грунтовых вод от 2,0 до 3,0 м).

Внутри периодов моделирования уровни воды рек считаются изменяющимися линейно по времени. При наличии паводка шаг моделирования в период основной паводочной волны (15 марта - 15 июня для р. Чулым, 12 апреля – 2 мая для р. Ададым) принимается равным суткам, в остальные периоды равным 10 суткам. В отсутствие павод-

ка шаг моделирования равен 10 суткам за весь период моделирования.

Расчетная поверхность максимальных уровней грунтовых вод  $H_{п}$  в год прохождения паводка 1% обеспеченности сравнивается с поверхностью максимальных уровней грунтовых вод в случае отсутствия паводка  $H_0$ . Территория, где разница уровней  $H_{п}$  и  $H_0$  не превышает 0,1 м не рассматривается при определении области подтопления, индуцированного рекой.

Графическое отображение границ зон подтопления, прилегающих к зонам затопления р. Чулым, р. Ададым в пределах территории города показано на рисунке 2. От качества типизации и схематизации гидрогеологических условий зависит достоверность построенной математической модели изучаемого объекта и выполненных на ней инженерных прогнозов по выделению зон подтопления городских территорий. Таким образом, определение границ зон затопления и прилегающим к ним зон подтопления это трудоемкая, многоуровневая задача, требующая в каждом случае индивидуального подхода к типизации и схематизации природных условий [Мироненко, 2001; Шестаков, 2009].

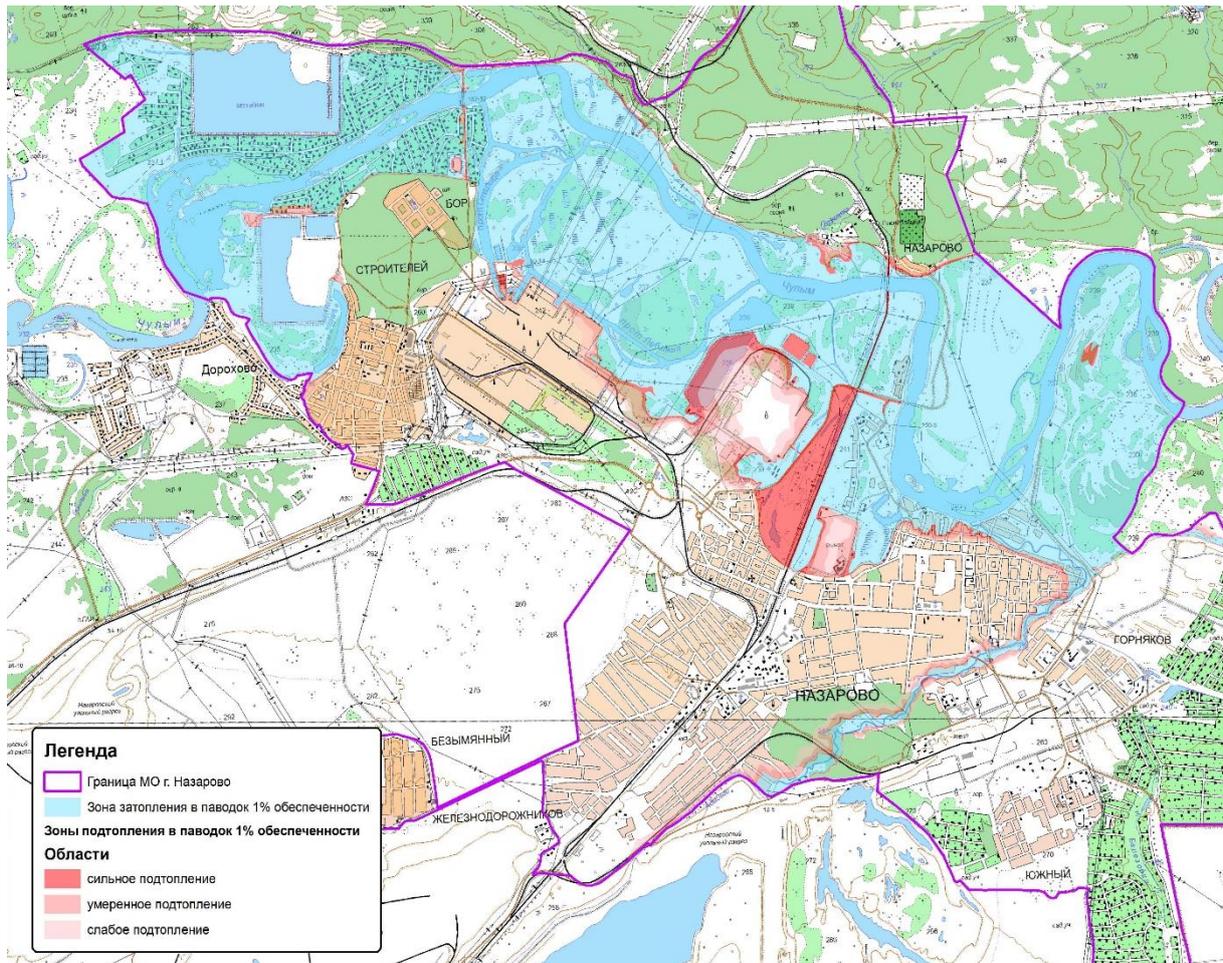


Рис. 2. Границы зон подтопления территории города, прилегающих к зонам затопления реками Чулым и Ададым при максимальных уровнях  
 Fig. 2. The boundaries zones of the city of flooding by ground water adjacent to the flood zones by the Chuly and Adadim rivers by maximum levels

### Заклучение

Моделирование дает возможность при изучении гидрогеологических объектов и составлении инженерных прогнозов полнее учитывать многообразие природной обстановки, оценивать влияние разнообразных факторов и процессов, повышать качество и достоверность получаемой при исследованиях информации, давать более обоснованные прогнозы условий работы инженерных со-

оружий и направленности гидрогеологических процессов и явлений, определять степень точности и достоверности других расчетных методов.

Следует особо отметить, что на гидрогеологической модели можно в короткие сроки изменить или добавить входные данные и получить обновленные прогнозные карты. Оперативность прогнозов весьма актуальна, учитывая динамику изменения гидрогеологиче-

ских условий на урбанизированных территориях.

Многие задачи, решаемые с помощью динамического гидрогеологического моделирования, могут послужить основой для дальнейшего развития си-

стемы экологического мониторинга региона, а результаты моделирования могут активно применяться коммунальными и аварийными службами, строительными и геологическими организациями [Белоусова и др., 2006].

*Конфликт интересов.* Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Conflict of interest.* The authors declares that he has no conflict of interest.

#### *Список литературы*

1. Белоусова А.П., Гавич И.К., Лисенков А.Б., Попов Е.В. Экологическая гидрогеология. Москва: Академический пресс, 2006. 397 с.
2. Гавич И.К. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии. Москва: Недра, 1980. 358 с.
3. Дьяконова Т.А., Хоперсков А.В., Храпов С.С. Компьютерное моделирование динамики затопления территорий в случае чрезвычайных ситуаций с использованием технологий параллельных вычислений // Кибернетика и программирование. 2016. № 3. С. 17–34. URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=18235](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=18235) (дата обращения 25.06.2016).
4. Иванов Т.С., Арефьев Н.В. Разработка методики оптимизации защиты земель от затопления при строительстве гидроузлов с использованием ГИС-технологии // Известия ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева. 2008.Т. 250. С. 56–61.
5. Крестовский О.И., Постников А.И. Испарение в период весеннего снеготаяния и половодья // Труды ГГИ. 1972. Вып. 194. С. 165–182.
6. Ломакин Е.А., Мироненко В.А., Шестаков В.М. Численное моделирование геофильтрации. Москва: Недра, 1988. 228 с.
7. Максимов В.М. Справочное руководство гидрогеолога. Ленинград: Недра, 1979. 512 с.
8. Мироненко В.А. Динамика подземных вод. Москва: МГГУ, 2001. 509с.
9. Мокиенко В.И. Гидрогеологическое моделирование в системе мониторинга грунтовых вод городских агломераций // Сборник научных трудов SWorld. 2012. Т.48, № 4. С. 53–57. URL: <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/conference/the-content-of->

conferences/archives-of-individual-conferences/december-2012. pdf (дата обращения: 22.12.2019).

10. Мусин Р.Х., Храменков М.Г. Введение в численное моделирование геофильтрации: учебно-методическое пособие. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2019. 41 с.

11. Постановления Правительства Российской Федерации № 360 от 18.04.2014 г. «Об определении границ зон затопления и подтопления» URL: <http://government.ru/docs/all/91100/> (дата обращения: 11.11.2019).

12. Прогноз и предотвращение подтопления грунтовыми водами территорий при строительстве / Ред. С. К. Абрамова. Москва: Стройиздат, 1978. 177 с.

13. Рекомендации по методике оценки и прогноза гидрогеологических условий при подтоплении городских территорий. Москва: Стройиздат, 1983. 240 с.

14. Сологаев В.И. Фильтрационные расчеты и моделирование защиты от подтопления в городском строительстве. Омск: СибАДИ, 2002. 416 с. URL: <https://docviewer.yandex.ru/view/330124077> pdf (дата обращения: 22.11.2019).

15. Целыковский А.Ф., Целыковский В.Ф., Гузаев А.А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Енисейская. Лист О-46-ХV – Лесосибирск. Объяснительная записка. Москва: МФ ВСЕГЕИ, 2009. 188 с.

16. Шестаков В. М. Гидрогеодинамика. Москва: КДУ, 2009. 368 с.

17. Wojun L., Jinliang Z., Libin Y., Siyu C., Dawei Z., Fusheng L. 2018. Regional Flood Risk Management Modeling and Application // MATEC Web of Conferences 246, 01024 (2018) ISWSO 2018. doi.org/10.1051/mateconf/201824601024

18. Kim N.W., Chung I.M, Kim N.W., Won Y.S., Arnold J.G. Development and application of the integrated SWAT-MODFLOW model // Journal of Hydrology. 2008.Vol. 214, №1. P. 179–196.

19. Lautz L.K., Siegel D.I. Modeling surface and ground water mixing in the hyporheic zone using MODFLOW and MT3D // Advances in Water Resources. 2006.Vol. 29(11). P. 1618–1633.

20. McDonald M.G., Harbaugh A.W. The History of MODFLOW // Ground Water. 2003.Vol. 41. № 2. P. 280–283. doi:10.1111 / j. 1745-6584. 2003.tb02591

21. Milzow C., Kinzelbach W. Accounting for subgrid scale topographic variations in flood propagation modeling using MODFLOW // Water Resour. Res. 2010. 46(10). <https://doi:10.1029/2009WR008088>

22. Montzka C., Canty M., Kunkel R., Menz G., Vereecken H., Wendland F. Modelling the water balance of a mesoscale catchment basin using remotely sensed land cover data // *Journal of Hydrology*. 2008. Vol. 353 (3–4). P. 322–334. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.02.018

23. Rodriguez F., Andrieu H., Morena F. A distributed hydrological model for urbanized areas -Model development and application to case studies // *Journal of Hydrology*. 2008. Vol. 351 (3–4). P. 268–287. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.12.007

#### *References*

1. Belousova A.P., Gavich I.K., Lisenkov A.B., Popov E.V. *Ekologicheskaya gidrogeologiya [Ecological hydrogeology]*. Moskva: Akademicheskij press, 2006. 397 p. (in Russian).

2. Gavich I.K. *Teoriya i praktika primeneniya modelirovaniya v gidrogeologii [The theory and practice of applying modeling in hydrogeology]*. Nedra, Moscow]. Moskva: Nedra, 1980. 358 p. (in Russian).

3. D'yakonova T.A., Hoperskov A.V., Hrapov S.S. *Komp'yuternoe modelirovanie dinamiki zatopleniya territorij v sluchae chrezvychajnyh situacij s ispol'zovaniem tekhnologij parallel'nyh vychislenij [Computer modeling of the dynamics of flooding of territories in case of emergency using parallel computing technologies]* // *Kibernetika i programmirovaniye [Cybernetics and programming]*. 2016. № 3. P. 17–34. URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=18235](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=18235) (accessed: 25.06.2016).

4. Ivanov T.S., Aref'ev N.V. *Razrabotka metodiki optimizacii zashchity zemel' ot zatopleniya pri stroitel'stve gidrouzlov s ispol'zovaniem GIS-tekhnologii [Development of a methodology for optimizing land protection against flooding during the construction of hydroelectric facilities using GIS technology]* // *Izvestiya VNIIG im. B.E. Vedeneeva [News VNIIG them. B.E. Vedeneeva]*. 2008. T. 250. P. 56–61. (in Russian).

5. Krestovskij O.I., Postnikov A.I. *Isparenie v period vesennego snegotayaniya i polovod'ya [Evaporation during the period of spring snowmelt and flood]* // *Trudy GGI [Proceedings of the GGI]*. 1972. no. 194. P. 165–182. (in Russian).

6. Lomakin E.A., V.A. Mironenko, V.M. Shestakov. *Numerical modeling of geofiltration*, Nedra, Moscow. 1988. 228 p. (in Russian)

7. Maksimov V.M. *Spravochnoe rukovodstvo gidrogeologa [Reference manual of a hydrogeologist]*. Leningrad: Nedra, 1979. 512 p. (in Russian).

8. Mironenko V.A. *Dinamika podzemnyh vod [Hydrodynamics of underground water]*.

Moskva: MGGU, 2001. 509 p. (in Russian).

9. Mokienko V.I. Gidrogeologicheskoe modelirovanie v sisteme monitoringa gruntovyh vod gorodskih aglomeracij [Hydrogeological modeling in the groundwater monitoring system of urban agglomerations] // Sbornik nauchnyh trudov SWorld [Collection of scientific papers SWorld]. 2012. T. 48, № 4. P. 53–57. URL: <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/conference/the-content-of-conferences/archi-ves-of-individual-conferences/december-2012>. pdf (accessed: 22.12.2019) (in Russian).

10. Musin R.H., Hramchenkov M.G. Vvedenie v chislennoe modelirovanie geofil'tracii: uchebno-metodicheskoe posobie [Introduction to the numerical simulation of geofiltration: a teaching tool]. Kazan': Izd-vo Kazan. un-ta, 2019. 41 p. (in Russian).

11. Postanovleniya Pravitel'stva Rossijskoj Federacii № 360 ot 18.04.2014g. «Ob opredelenii granic zon zatopleniya i podtopleniya» URL: <http://government.ru/docs/all/91100/> (accessed: 11.11.2019) (in Russian).

12. Prognoz i predotvrashchenie podtopleniya gruntovymi vodami territorij pri stroitel'stve [Forecast and prevention of groundwater flooding of territories during construction] / Red. S. K. Abramova. Moskva: Strojizdat, 1978. 177 p. (in Russian).

13. Rekomendacii po metodike ocenki i prognoza gidrogeologicheskikh uslovij pri podtoplenii gorodskih territorij [Recommendations on the methodology for assessing and forecasting hydrogeological conditions during flooding of urban areas]. Moskva: Strojizdat, 1983. 240 p. (in Russian).

14. Sologaev V.I. Fil'tracionnye raschety i modelirovanie zashchity ot podtopleniya v gorodskom stroitel'stve [Filtration calculations and modeling of protection against flooding in urban construction]. Omsk: SibADI, 2002. 416 p. <https://docviewer.yandex.ru/view/330124077> pdf (accessed: 22.11.2019).

15. Celykovskij A.F., Celykovskij V.F., Guzaev A.A. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii [State geological map of the Russian Federation]. Masshtab 1:200 000. Izdanie vtroe. Seriya Enisejskaya. List O-46-XV – Lesosibirsk. Ob"yasnitel'naya zapiska. Moskva: MF VSEGEI, 2009. 188 p. (in Russian).

16. Shestakov V.M. Gidrogeodinamika [Hydrogeodynamics]. Moskva: KDU, 2009. 368 p. (in Russian).

17. Bojun L., Jinliang Z., Libin Y., Siyu C., Dawei Z., Fusheng L. 2018. Regional Flood Risk Management Modeling and Application // MATEC Web of Conferences 246, 01024 (2018) ISWSO 2018. doi. org/10.1051/matecconf/201824601024

18. Kim N.W., Chung I.M, Kim N.W., Won Y.S., Arnold J.G. Development and application of the integrated SWAT-MODFLOW model // *Journal of Hydrology*. 2008.Vol. 214, №1. P. 179–196.

19. Lautz L.K., Siegel D.I. Modeling surface and ground water mixing in the hyporheic zone using MODFLOW and MT3D // *Advances in Water Resources*. 2006.Vol. 29(11). P. 1618–1633.

20. McDonald M.G., Harbaugh A.W. The History of MODFLOW // *Ground Water*. 2003.Vol. 41. № 2. P. 280–283. doi:10.1111 / j. 1745-6584. 2003.tb02591

21. Milzow C., Kinzelbach W. Accounting for subgrid scale topographic variations in flood propagation modeling using MODFLOW // *Water Resour. Res.* 2010. 46(10). doi:10.1029/2009WR008088

22. Montzka C., Canty M., Kunkel R., Menz G., Vereecken H., Wendland F. Modelling the water balance of a mesoscale catchment basin using remotely sensed land cover data // *Journal of Hydrology*. 2008. Vol. 353 (3–4). P. 322–334. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.02.018

23. Rodriguez F., Andrieu H., Morena F. A distributed hydrological model for urbanized areas – Model development and application to case studies // *Journal of Hydrology*. 2008.Vol. 351 (3–4). P. 268–287 <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.12.007>

## ASSESSMENT OF HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS WHEN DETERMINING AREAS OF FLOODING IN URBAN AREAS USING NUMERICAL MODELS

S.G. Yakovchenko, V.I. Zanosova

*LLC «Center for engineering technologies», Barnaul,*

*E-mail: spartak.cet@gmail.com, valzan@bk.ru*

*Based on the studies carried out, a methodology for analysis and prediction of the risk of flooding by ground waters of urbanized areas has been developed, which integrates the tools of software products for modeling river flow hydraulics, groundwater filtration and GIS. The hydrogeological conditions of the research territory were schematized, the selection of the hydrogeological simulation environment was justified. Analysis and justification of parameters of quantitative assessment of leading factors of flooding by ground waters were carried out. Mathematical setting of the task was carried out and a numerical model of calculation of*

*the process of flooding groundwater of the territory was proposed. The model is based on the solution of two-dimensional filtration equations taking into account the geometry of the aquifer and the filtration characteristics of its rocks. The results of the computational experiment are given. The methodology of cartographic construction and assessment of flooding processes using digital relief models has been developed. As a result, electronic maps of specialized hydrogeological information have been obtained, allowing to carry out complex analysis of patterns of flooding by ground waters processes. As a result of the simulation, zones of different degree of flooding with groundwater have been identified. The practical significance of the work is to apply the results of the study to monitor and forecast the process of flooding by ground waters of urbanized areas.*

*Key words:* flooding and flooding by ground waters of territories; hydrogeological schematization; modeling of underground water flows; numerical calculation model.

*Received December 8, 2021*

*Сведения об авторах*

*Яковченко Спартак Геннадьевич* – кандидат физико-математических наук, доктор технических наук, заместитель директора по науке ООО «Центра инженерных технологий». Россия, 656031, г. Барнаул, ул. Папанинцев, д. 129. E-mail: spartak.cet@gmail.com.

*Заносова Валентина Ивановна* – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, научный консультант отдела геологии и гидрогеологии ООО «Центра инженерных технологий». Россия, 656031, г. Барнаул, ул. Папанинцев, д. 129. E-mail: valzan@bk.ru.

*Information about the authors*

*Yakovchenko Spartak. G.* - PhD (candidate of physical and mathematical sciences, doctor of technical sciences), Deputy Director for Science LLC «Center for engineering technologies». 129, Papanintsev St., 656031 Barnaul, Russia. E-mail: spartak.cet@gmail.com.

*Zanosova Valentina I.* – PhD (doctor of agricultural sciences), Associate Professor, Scientific consultant division of geology and hydrogeology LLC «Center for engineering technologies». 129, Papanintsev St., 656031 Barnaul, Russia. E-mail: valzan@bk.ru.

Раздел 4

ЭКОЛОГИЯ. ФЛОРА. ФАУНА

Section 4

ECOLOGY. FLORA. FAUNA

УДК 597.5:577.170.49

**СОДЕРЖАНИЕ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНАХ  
ОБЫКНОВЕННОЙ ЩУКИ (ESOX LUCIUS)  
ИЗ РЕКИ ТОМИ (ВЕРХНЯЯ ОБЬ)**

П.А. Попов<sup>1</sup>, Н.В. Андросова<sup>2</sup>, В.А. Попов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт водных и экологических проблем СО РАН, Новосибирский филиал, Новосибирск,

<sup>2</sup>Аналитический Центр объединенного института геологии,  
геофизики и минералогии СО РАН, Новосибирск,

<sup>3</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск,

E-mail: popov@iwep.nsc.ru, androsovanv@igm.nsc.ru, mtvpopov@sibmail.com

*В статье приведены результаты изучения содержания металлов (Mn, Fe, Cu, Zn, Cd, Co, Hg, Pb) в органах (мышцы, печень, почки, жабры, яичники, семенники, позвонки) обыкновенной щуки из устья р. Томи – самого крупного правого притока Верхней Оби. Химический анализ проб осуществлялся методом атомной абсорбции. Результаты анализа свидетельствуют о сравнительно низком содержании металлов в органах щуки, включая мышечную ткань. При сопоставлении результатов по сезонным выборкам выявлены статистически достоверные различия в накоплении металлов в органах щуки, пойманной осенью 2020 г. и весной 2021 г., особенно в яичниках и семенниках.*

*Ключевые слова:* устье реки Томь; щука (*Esox lucius*); металлы.

DOI: 10.24412/2410-1192-2021-16305

Дата поступления: 11.12.2021

Интерес к изучению содержания металлов, в том числе относимых к группе тяжелых металлов (ТМ), в рыбах продолжается во многих промышленно развитых странах [Castello et al., 2014; Ajima et al., 2015; Walters et al., 2015;

Seccatto et al., 2016], включая Россию [Тяптиргянов, Тяптиргянова, 2015; Зотина и др., 2016; Моисеенко, Гашкина, 2016; Кораблина и др., 2019; Попов и др. 2019, 2021], что прежде всего связано с загрязнением водоемов и аккумуля-

ляцией этих элементов в гидробионтах [Терентьев, Кашулин, 2015]. В большинстве водоемов Сибири щука (наряду с налимом и, в меньшей степени, судаком) по характеру преобладающего питания относится к хищным рыбам, для которых, в частности, выявлены особенностями накопления ртути [Соболев, 2005; Walters et al., 2015]. Сведения о распространении щуки в пределах ареала и ряде черт ее экологии в Оби приведены нами в работах [Попов, 2007, 2021]. Результаты изучения содержания ТМ в щуке из устьевого участка р. Томи в 2006 и 2016 гг. опубликованы нами в статьях [Попов, Трифонова, 2007; Попов и др., 2018]. Цель настоящей работы – продолжение мониторинга проблемы – анализ характера накопления ТМ в органах щуки, выловленной на этом участке реки в 2020 и 2021 годы.

#### *Материал и методы*

В процессе реализации данных исследований на устьевом участке р. Томи было выловлено ставными сетями две группы щуки. 27 октября 2020 г. выборка состояла из 34 половозрелых особей с равным соотношением самцов и самок, с колебаниями абсолютной длины (L) тела 50–54 см, массы тела (g) 1500–1740 г, в возрасте 4–5 лет. Во второй выборке, пойманной 10 мая 2021 г., было 29 половозрелых особей (из кото-

рых 15 экз. – самки), с колебаниями длины (L) тела рыб 52–55 см, массы тела (g) 1400–1650 г, в возрасте 4–5 лет. Все рыбы первой группы имели четвертую стадию зрелости половых продуктов, второй группы – шестую стадию, со следами вымета икры и молок. Используемая нами в течение многих лет методика отбора проб описана в публикациях [Попов, Трифонова, 2007; Попов, Андросова 2014; Попов и др., 2018]. В мышечной ткани (взятой в латеральной части туловища под спинным плавником) и органах (печень, почки, жабры, яичники, семенники, позвонки) определялось содержание Mn, Fe, Cu, Zn, Cd, Co, Hg, Pb. Химанализ проб осуществлялся в лаборатории Аналитического Центра института геологии и минералогии СО РАН (Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.510590). Метод анализа – атомно-абсорбционная спектроскопия с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра SOLAAR-M6 фирмы "THERMO ELEKTRON" (США). Ртуть определяли методом "холодного пара" на приборе MAS-50D фирмы BACHARACH (США). Для контроля качества анализа использовали ГСО №9055-2008 – стандартный образец состава мышечной ткани байкальского окуня (БОК-2). Достоверность различий средних арифметических оценивалась по t-критерию ис-

ходя из ошибки 10% от средней и уровне вероятности (P)>0,999. В мышечной ткани содержание металлов сравнивалось с принятыми в России допустимыми остаточными концентрациями (ДОК) этих элементов в свежих рыбопродуктах [Санитарные правила..., 1997].

*Результаты и их обсуждение*

Анализируя данные таблиц 1–3 следует отметить как сложный характер распределения металлов в органах щуки, так и ряд закономерностей. В абсолютном выражении концентрация металлов сравнительно невелика (табл. 1),

в том числе в мышцах по сравнению с ДОК. Содержание Mn, Fe, Cu и Zn во всех органах существенно превышает концентрацию потенциально опасных для организма элементов: Cd, Co, Hg и Pb. Интересны результаты сравнения содержания металлов в органах щуки осенней и весенней групп. Прежде всего это касается репродуктивных органов.

Достоверность различий средних арифметических в яичниках составляет 5,0, 6,7 и 13,4 соответственно порядку указанных элементов, а в семенниках – 6,3, 6,2 и 8,6 соответственно.

Таблица 1

Содержание металлов в органах обыкновенной щуки из р. Томь

Table 1

Content of metals in organs of pike from Tom river

| Орган     | Элементы, мкг/г сыр. массы проб |               |               |             |                   |                   |              |               |
|-----------|---------------------------------|---------------|---------------|-------------|-------------------|-------------------|--------------|---------------|
|           | Mn<br>10*                       | Fe<br>30      | Cu<br>10      | Zn<br>40    | Cd<br>0.2         | Co<br>0.5         | Hg<br>0.5    | Pb<br>1.0     |
| Мышцы     | 0.23/<br>0.21                   | 0.23/<br>0.24 | 0.18/<br>0.16 | 5.9/<br>8.2 | 0.0036/<br>0.002  | 0.007/0.005       | 0.14/0.14    | <0.005/<0.005 |
| Печень    | 0.90/<br>0.84                   | 1.1/0.80      | 1.2/0.96      | 30/33       | 0.009/<br>0.032   | 0.007/0.015       | 0.11/0.0037  | <0.005/<0.005 |
| Почки     | 0.62/<br>0.58                   | 0.63/0.50     | 6.4/1.2       | 71/77       | 0.077/<br>0.089   | 0.065/0.058       | 0.21/0.25    | 0.016/0.007   |
| Жабры     | 8.0/<br>8.5                     | 6.7/8.1       | 0.24/<br>0.15 | 86/<br>100  | 0.0096/<br>0.0084 | <0.005/<br><0.005 | 0.032/0.036  | <0.005/<0.005 |
| Яичники   | 9.5/<br>2.8                     | 9.4/2.8       | 1.4/<br>0.059 | 52/<br>35   | 0.0025/<br><0.002 | 0.012/0.005       | <0.002/0.038 | 0.034/0.032   |
| Семенники | 10/<br>3.2                      | 9.8/3.4       | 1.8/<br>0.071 | 46/<br>39   | 0.001/<br><0.002  | 0.010/0.005       | <0.002/0.041 | 0.020/0.030   |
| Позвонки  | 15/<br>13                       | 11/8.5        | 0.042/<br>1.0 | 52/<br>48   | 0.006/<br>0.0022  | 0.006/0.005       | 0.044/0.0042 | <0.005/<0.005 |

Примечание: слева от косой черты – пробы щуки, отобранные 27.10.2020 (n=34), справа от черты – пробы щуки, отобранные 10.05.2021 (n=29); \* – ДОК в мышечной ткани (для всех металлов).

Достоверно большее содержание в гонадах рыб из осенней выборки других элементов: Cd – в семенниках (t = 6.0), Co – в яичнике и семенниках (t = 7.0 и 5.0 соответственно), Hg – в этих же органах (t = 9.0 и 9.0), а также в печени (t = 10.6) и в позвонках (t = 10.0), Pb – в почках (t = 4.5), связано, по нашему мнению, с большей концентрацией этих элементов в заметно меньшем, чем в половодье, объеме водного стока реки в конце октября [Экология..., 2006].

При сравнении каждого элемента по убыванию его концентрации в органах рыб из осенней выборки (табл. 2) оказалось, что Cu, Cd, Co и Hg лидируют в почках, Zn – в жабрах и почках; и то и другое может свидетельствовать об активном выведении их из организ-

ма рыб. Повышенный уровень Mn, Fe, Pb, но также и Cu и Co обнаружен в семенниках и яичниках, в которых эти элементы играют важную роль в формировании половых продуктов генерации следующего года [Пасюкова, 2002]. Однако следствием сравнительно высокого содержания Pb может быть его повышенное содержание в среде обитания щуки, тем более что вслед за гонадами по концентрации этого элемента следуют почки. В ряду ранжирования Hg второе и третье места занимают мышцы и печень, что характерно для процесса преимущественной аккумуляции этого металла в мышечной ткани рыб, но также и его выведения почками и детоксикации в печени [Моисеенко, Гашкина, 2016; Попов и др., 2019].

Таблица 2

Ранжирование металлов по убыванию их концентрации в органах щуки из устья р.

Томь, октябрь 2020 г.

Table 2

Distribution of metals in descending order concentration in organs of pike from estuary of

Tom river, oktober 2020

| Элементы | Органы                 |
|----------|------------------------|
| Mn       | Пзв>См>Я>Ж>Пчн>Пчк>М   |
| Fe       | Пзв>См=Я>Ж>Пчн>Пчк>М   |
| Cu       | Пчк>См>Я>Пчн>Ж>М>Пзв   |
| Zn       | Ж>Пчк>Я=Пзв>См>Пчн>М   |
| Cd       | Пчк> Пчн= Ж>Пзв>М>Я>См |
| Co       | Пчк>Я=См>М=Пчн>Пзв>Ж   |
| Hg       | Пчк>М> Пчн>Пзв> Ж>Я>См |
| Pb       | Я>См>Пчк>Пзв=Ж=Пчн>М   |

В яичниках и семенниках концентрация Hg, а также и Cd, наименьшая в ряду. По содержанию в мышцах ряды замыкают Mn, Fe, Zn и Pb, а Cu занимает предпоследнее место.

Распределение металлов по убыванию их концентрации в каждом органе в осенней выборке показан в табл. 3. Во всех органах по этому параметру лидируют элементы, относимые к жизненно необходимым, а потенциально токсичные металлы замыкают ряды. Характер ранжирования металлов по органам и в каждом органе в весенней выборке принципиально схож с таковым для осенней выборки. Также следует отметить, что при сравнении данных по весенней выборке 2021 г. и аналогичных данных по щуке, отнерестившейся на этом участке Томи 8 мая 2017 г. [Попов

и др., 2019] уровень накопления и характер распределения металлов по органам (мышцы, печень, жабры) в целом схож.

Различия проявились в достоверно большей концентрации в мае 2017 г. Fe и Cu в мышцах, печени и жабрах, Mn – в печени, Hg – в мышцах, печени и жабрах, Pb – в мышцах и печени.

Весьма вероятно, это связано как с различиями в концентрации металлов в реке, так и, что немаловажно, иным состоянием рыб в биохимическом и физиологическом отношениях.

Зависимость характера накопления металлов от условий обитания рыб и состояния их организма показана в ряде работ [Гилева и др., 2014; Давыдова и др., 2014; Евтушенко, Дудник, 2014; Моисеенко и др., 2014].

Таблица 3

Ранжирование металлов по убыванию их концентрации в каждом органе щуки из устья р. Томи, октябрь 2020 г.

Table 3

Distribution of metals in descending order concentration in each organ of pike from estuary of Tom river, oktober 2020

| Органы    | Элементы                |
|-----------|-------------------------|
| Мышцы     | Zn>Mn=Fe>Cu>Hg>Cd>Co>Pb |
| Печень    | Zn>Fe=Cu>Mn>Hg>Cd>Co>Pb |
| Почки     | Zn>Cu>Mn=Fe>Hg>Cd>Co>Pb |
| Жабры     | Zn>Mn>Fe>Cu>Hg>Cd>Co=Pb |
| Яичники   | Zn>Mn=Fe>Cu>Pb>Co>Hg=Cd |
| Семенники | Zn>Mn=Fe>Cu>Pb>Co>Hg>Cd |
| Позвонки  | Zn>Mn>Fe>Cu=Hg>Cd>Co>Pb |

*Заключение*

Рассмотренный характер накопления металлов в органах щуки из устьевого участка р. Томи в общих чертах схож с таковым для пресноводных рыб в целом. Выявленные различия между концентрацией ряда металлов в рыбах осенней и весенней групп связаны, вероятно, с большей концентрацией элементов в воде реки в период осенней межени, а также с особенностями физиологического состояния рыб в конце

летне-осеннего нагула – с одной стороны, и в период нереста и последующие за ним дни – с другой стороны. Сравнительно низкое содержание металлов в органах щуки обоих выборок косвенно свидетельствует о невысокой концентрации этих элементов в среде обитания рыб реки. Факт снижения содержания металлов в Томи за последние годы показан в работах [Папина, Третьякова, 1997; Попов, Трифонова, 2007; Румак, 2016; Попов и др., 2018].

*Конфликт интересов.* Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Conflict of interest.* The authors declares that he has no conflict of interest.

*Список литературы*

1. Гилева Т.А., Зиновьев Е.А., Костицына Н.В. Содержание тяжелых металлов в органах и тканях рыб, обитающих в разнотипных водоемах Пермского края // Аграр. вестн. Урала. 2014. № 8. С. 73–77.
2. Давыдова О.А., Климов Е.С., Ваганова Е.С., Ваганов А.С. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах. Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2014. 167 с.
3. Евтушенко Н.Ю., Дудник С.В. Механизмы поступления, распределения и выведения металлов из организма рыб // Гидробиологический журнал. 2014. Вып. 50, № 4. С. 63–77.
4. Зотина Т.А., Трофимова Е.А., Дементьев Д.В., Болсуновский А.Я. Возрастная зависимость накопления  $^{137}\text{Cs}$  щукой *Esox lucius* в р. Енисей // Докл. РАН. 2016. Т. 468, № 4. С. 474–477.
5. Кораблина И.В., Барабашин Т.О., Геворкян Ж.В., Евсеева А.И. Тяжёлые металлы в органах и тканях промысловых рыб пресноводных объектов Северо-Кавказского региона // Труды ВНИРО. 2019. Т. 177. С. 151–166.
6. Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А. Биоаккумуляция ртути в рыбах как индикатор уровня загрязнения вод // Геохимия. 2016. № 6. С. 495–504.

7. Моисеенко Т.И., Давыдова О.А., Климов Е.С., Ваганова ИО, Ваганов А.С. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах. Ульяновск: УлГТУ, 2014. 167 с.

8. Папина Т.С., Третьякова Е.И. Гидрохимическое состояние и качество поверхностных вод бассейна Томи // Обской вестник. 1997. № 1. С. 27–36.

9. Пасюкова Н.Г. Биологическая роль, функции микроэлементов и их токсическое действие на организмы рыб // Рыбохозяйственное образование Камчатки в XXI веке. Петропавловск-Камчатский, 2002. С. 139–142.

10. Попов П.А. К экологии щуки реки Оби // Известия АО РГО. 2021. №1. С. 76–90.

11. Попов П.А., Андросова Н.А., Попов В.А. Характер накопления металлов в рыбах Средней Оби // Журнал прикладной экологии. 2019. № 4. С. 51–56.

12. Попов П.А., Андросова Н.В. Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани рыб из водоемов бассейна реки Оби // Вестник ТГУ. Биология. 2014. № 4. С. 122–136.

13. Попов П.А., Андросова Н.В., Попов В.А. К характеристике накопления ТМ в стерляди Ср. Оби // Вестник Якутского госуниверситета. 2021. №1. С. 15–24.

14. Попов П.А., Н.В. Андросова, В.А. Попов Содержание металлов в рыбах устья реки Томи (Верхняя Обь) // Российский журнал прикладной экологии. 2018. № 1. С 35–38.

15. Попов П.А., Трифонова О.В. Содержание и характер накопления металлов в рыбах р. Томи // Сибирский. экологический журнал. 2007. Т. 14, №. 6. С. 961–967.

16. Румак А.В. Химсостав реки Томь в районе Лагерного сада (г. Томск). Томск: ТПИ, 2016. 68 с.

17. Санитарные правила и нормы 2.3.2.560-960. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. М.: Изд-во «Деловой центр», 1997. 269 с.

18. Соболев К.Д. Особенности накопления тяжелых металлов в органах и тканях рыб различных экологических групп // Современные проблемы водной токсикологии. Борок: ИБВВ РАН, 2005. С. 128–129.

19. Герентьев П.М., Кашулин Н.А. Проблема ртутного загрязнения Арктики на примере рыб водоемов Мурманской области // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты: 2 Междунар. Симпозиум (21–25 сентября 2015 г., Новосибирск). Новосибирск, 2015. С. 332–335.

20. Тяптиргянов М.М., Тяптиргянова В.М. Эколого-биологический анализ накопления ртути в органах и тканях пресноводных рыб Якутии // Ртуть в биосфере: эколого-

геохимические аспекты: 2 Междунар. Симпозиум (21–25 сентября 2015 г., Новосибирск). Новосибирск, 2015. С. 357–361.

21. Экология рыб Обь-Иртышского бассейна / Ред. Д. С. Павлов, А. Д. Мочек. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 596 с.

22. Ajima M.N., Nnodi P.C., Ogo O.A., Adaka G.S., Osuigwe D.I., Njoku D.C. Bioaccumulation of heavy metals in Mbaa River and the impact on aquatic ecosystem // Environ. Monit. and Assess. 2015. Vol. 187, № 12. P. 768/1–768/9.

23. Castello L., Zhulidov A.V., Gurtovaya T.Y., Robarts R.D., Holmes R.M., Zhulidov D.A., Lysenko V.S., Spencer R.G. Low and declining mercury in arctic Russian rivers // Environ. Sci. and Technol. 2014. Vol. 48, № 1. P. 747–752.

24. Ceccatto Ana P.S., Testoni, Magalei C., Ignacio Aurea R.A., Santos-Filho M., Malm O., Diez S. Mercury distribution in organs of fish species and the associated risk in traditional subsistence villagers of the Pantanal wetland // Environ. Geochem. and Health. 2016. Vol. 38, № 3. P. 713–722.

25. Walters D.M., Rosi-Marshall E., Kennedy T.A., Cross W.F., Baxter C.V. Mercury and selenium accumulation in the Colorado River food web, Grand Canyon, USA // Environ. Toxicol. and Chem. 2015. Vol. 34, № 10. P. 2385–2394.

### References

1. Gileva T.A., Zinov'ev E.A., Kosticyna N.V. Soderzhanie tyazhelyh metallov v organah i tkanyah ryb, obitayushchih v raznotipnyh vodoemah Permskogo kraja [The content of heavy metals in the organs and tissues of fish living in heterogeneous reservoirs of the Perm Territory] // Agrar. vestn. Urala [Agrarian Bulletin of the Urals]. 2014. № 8. P. 73–77. (in Russian).

2. Davydova O.A., Klimov E.S., Vaganova E.S., Vaganov A.S. Vliyanie fiziko-himicheskikh faktorov na sodержanie tyazhelyh metallov v vodnyh ekosistemah [The influence of physical and chemical factors on the content of heavy metals in aquatic ecosystems]. Ul'yanovsk: Izd-vo UIGTU, 2014. 167 p. (in Russian).

3. Evtushenko N.Yu., Dudnik S.V. Mekhanizmy postupleniya, raspredeleniya i vyvedeniya metallov iz organizma ryb [Mechanisms of entrance, distribution and removal of metals from the body of fish] // Gidrobiologicheskij zhurnal [Hydrobiological Journal]. 2014. Vyp. 50, № 4. P. 63–77. (in Russian).

4. Zotina T.A., Trofimova E.A., Dement'ev D.V., Bolsunovskij A.YA. Vozrastnaya zavisimost' nakopleniya <sup>137</sup>Cs shchukoj *Esox lucius* v r. Enisej [Age dependence of the accumula-

tion  $^{137}\text{Cs}$  of pike *Esox lucius* in the Yenisei River] // Dokl. RAN [Reports of the Russian Academy of Sciences]. 2016. T. 468, № 4. P. 474–477. (in Russian).

5. Korablina I.V., Barabashin T.O., Gevorkyan ZH.V., Evseeva A.I. Tyazhyolye metally v organah i tkanyah promyslovyh ryb presnovodnyh ob"ektov Severo-Kavkazskogo regiona [Heavy metals in the organs and tissues of commercial fish of freshwater objects of the North Caucasus region] // Trudy VNIRO [Works VNIRO]. 2019. T. 177. P. 151–166. (in Russian).

6. Moiseenko T.I., Gashkina N.A. Bioakkumulyatsiya rtuti v rybah kak indikator urovnya zagryazneniya vod [Bioaccumulation of mercury in fish as an indicator of the level of water pollution] // Geokhimiya [Geochemistry]. 2016. № 6. P. 495–504. (in Russian).

7. Moiseenko T.I., Davydova O.A., Klimov E.S., Vaganova IO, Vaganov A.S. Vliyanie fiziko-himicheskikh faktorov na sodержanie tyazhelykh metallov v vodnykh ekosistemah [Influence of physicochemical factors on the content of heavy metals in aquatic ecosystems]. Ul'yanovsk: UIGTU, 2014. 167 p. (in Russian).

8. Papina T.S., Tret'yakova E.I. Gidrokhimicheskoe sostoyanie i kachestvo poverhnostnykh vod bassejna Tomi [Hydrochemical condition and quality of surface waters of the Tomsk basin] // Obskoj vestnik [Ob Bulletin]. 1997. № 1. P. 27–36. (in Russian).

9. Pasyukova N.G. Biologicheskaya rol', funktsii mikroelementov i ih toksicheskoe dejstvie na organizmy ryb [The biological role, functions of micro elements and their toxic effects on fish organisms] // Rybohozyajstvennoe obrazovanie Kamchatki v XXI veke [Kamchatka fishery formation in the XXI century]. Petropavlovsk-Kamchatskij, 2002. P. 139–142. (in Russian).

10. Popov P.A. K ekologii shchuki reki Obi [To the ecology of the pike of the Ob River] // Izvestiya AO RGO [Bulletin of the Altai Regional Branch of the Russian Geographical Society]. 2021. №1. P. 76–90. (in Russian).

11. Popov P.A., Androsova N.A., Popov V.A. Harakter nakopleniya metallov v rybah Srednej Obi [The character of the accumulation of mercury in fish of the Ob River] // Zhurnal prikladnoj ekologii [Russian Journal of Applied Ecology]. 2019. № 4. P. 51–56. (in Russian).

12. Popov P.A., Androsova N.V. Soderzhanie tyazhelykh metallov v myshechnoj tkani ryb iz vodoemov bassejna reki Obi [The content of heavy metals in the muscle tissue of fish from water bodies of the Ob River basin] // Vestnik TGU. Biologiya [Bulletin of Tomsk State University. Biology]. 2014. № 4. P. 122–136. (in Russian).

13. Popov P.A., Androsova N.V., Popov V.A. K harakteristike nakopleniya TM v sterlyadi Sr. Obi [To the characteristics of the accumulation of TM in starlet of the Upper Obi] //

Vestnik Yakutskogo gosuniversiteta [Bulletin of Yakutsk State University]. 2021. №1. P. 15–24. (in Russian).

14. Popov P.A., N.V. Androsova, V.A. Popov Soderzhanie metallov v rybah ust'ya reki Tomi (Verhnyaya Ob') [Metal content in fish of the mouth of the Tom River (Upper Ob)] // Rossijskij zhurnal prikladnoj ekologii [Russian Journal of Applied Ecology]. 2018. № 1. P. 35–38. (in Russian).

15. Popov P.A., Trifonova O.V. Soderzhanie i harakter nakopleniya metallov v rybah r. Tomi [The content and nature of the accumulation of metals in fish of the river Tom] // Sibirskij. ekologicheskij zhurnal [Siberian Ecological Journal]. 2007. T. 14, №. 6. P. 961–967. (in Russian).

16. Rumak A.V. Himsostav reki Tom' v rajone Lagernogo sada (g. Tomsk) [Chemical composition of the Tom river in the area of the Camp Garden (Tomsk)]. Tomsk: TPI, 2016. 68 p. (in Russian).

17. Sanitarnye pravila i normy 2.3.2.560-960. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu i bezopasnosti prodovol'stvennogo syr'ya i pishchevyh produktov [Sanitary rules and norms (SanPiN) 2.3.2.560-960. Hygienic requirements for the quality and safety of food raw materials and food products]. M.: Izd-vo «Delovoj centr», 1997. 269 p. (in Russian).

18. Sobolev K.D. Osobennosti nakopleniya tyazhelyh metallov v organah i tkanyah ryb razlichnyh ekologicheskikh grupp [The problem of mercury pollution of the Arctic on the example of fish reservoirs of the Murmansk region] // Sovremennye problemy vodnoj toksikologii [Modern problems of aquatic toxicology]. Borok: IBVV RAN, 2005. P. 128–129. (in Russian).

19. Terent'ev P.M., Kashulin N.A. Problema rtutnogo zagryazneniya Arktiki na primere ryb vodoemov Murmanskoy oblasti [The problem of mercury pollution in the Arctic on the example of fish reservoirs of the Murmansk region] // Rtut' v biosfere: ekologo-geohimicheskie aspekty: 2 Mezhdunar. Simpozium (21–25 sentyabrya 2015 g., Novosibirsk) [Mercury in the biosphere: Ecological and geochemical aspects: 2 International. Symposium (Sept. 21–25, 2015)]. Novosibirsk, 2015. P. 332–335. (in Russian).

20. Tyaptirgyanov M.M., Tyaptirgyanova V.M. Ekologo-biologicheskij analiz nakopleniya rtuti v organah i tkanyah presnovodnyh ryb Yakutii [Ecological and biological analysis of mercury accumulation in the organs and tissues of freshwater fish of Yakutia] // Rtut' v biosfere: ekologo-geohimicheskie aspekty: 2 Mezhdunar. Simpozium (21–25 sentyabrya 2015 g., Novosibirsk) [Mercury in the biosphere: Ecological and geochemical aspects: 2 International. Symposium (Sept. 21–25, 2015)]. Novosibirsk, 2015. P. 357–361. (in Russian).

21. Ekologiya ryb Ob'-Irtyskogo bassejna [Ecology of fish of the Ob-Irtysk basin] / Ed. D. S. Pavlov, A. D. Mochek. M.: Tovarishestvo nauchnyh izdaniy KMK, 2006. 596 p. (in Russian).

22. Ajima M.N., Nnodi P.C., Ogo O.A., Adaka G.S., Osuigwe D.I., Njoku D.C. Bioaccumulation of heavy metals in Mbaa River and the impact on aquatic ecosystem // *Environ. Monit. and Assess.* 2015. Vol. 187, № 12. P. 768/1–768/9.

23. Castello L., Zhulidov A.V., Gurtovaya T.Y., Robarts R.D., Holmes R.M., Zhulidov D.A., Lysenko V.S., Spencer R.G. Low and declining mercury in arctic Russian rivers // *Environ. Sci. and Technol.* 2014. Vol. 48, № 1. P. 747–752.

24. Ceccatto Ana P.S., Testoni, Magalei C., Ignacio Aurea R.A., Santos-Filho M., Malm O., Diez S. Mercury distribution in organs of fish species and the associated risk in traditional subsistence villagers of the Pantanal wetland // *Environ. Geochem. and Health.* 2016. Vol. 38, № 3. P. 713–722.

25. Walters D.M., Rosi-Marshall E., Kennedy T.A., Cross W.F., Baxter C.V. Mercury and selenium accumulation in the Colorado River food web, Grand Canyon, USA // *Environ. Toxicol. and Chem.* 2015. Vol. 34, № 10. P. 2385–2394.

## METALS CONTENT IN THE PIKE (*ESOX LUCIUS*) OF THE MOUTH TOM RIVER (THE UPPER OB RIVER)

P. A. Popov<sup>1</sup>, N. V. Androsova<sup>2</sup>, V. A. Popov<sup>3</sup>

*Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Novosibirsk Branch, Novosibirsk,*

*<sup>2</sup>Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian, Novosibirsk,*

*<sup>3</sup>Tomsk State University, Tomsk,*

*E-mail: popov@iwep.nsc.ru, androsovanv@igm.nsc.ru, mtvpopov@sibmail.com*

*In this article presents the results of the content heavy metals (Mn, Fe, Cu, Zn, Cd, Co, Hg, Pb) in the organs (muscle, liver, kidneys, gills, ovaries, testes, vertebrae) of pike (*Esox lucius*) from of the mouth river Tom (The largest in flow of Upper Ob river). The chemical analysis of samples by the method of atomic absorption was studied in the laboratory of isotope-geochemical methods of The Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. Analysis shows a relatively low content studied metals in the pike organs, including muscle tissue. When comparing the results by seasonal samples of fish were identified statistically differences in the metals accumulation in organs of pike caught autumn 2020 and spring 2021 especially in the ovaries and testes.*

*Keywords:* The mouth Tom river; pike (*Esox lucius*); metals.

*Received December 11, 2021*

*Сведения об авторах*

*Попов Петр Алексеевич* – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 630090, г. Новосибирск, Морской пр-т, 2. E-mail: [popov@iwep.nsc.ru](mailto:popov@iwep.nsc.ru).

*Андросова Наталья Валерьевна* – ведущий инженер Института геологии и минералогии СО РАН. Россия, 630090, г. Новосибирск, пр-т акад. Коптюка, 3. E-mail: [androsovanv@igm.nsc.ru](mailto:androsovanv@igm.nsc.ru).

*Попов Виктор Алексеевич* – инженер-исследователь Национального исследовательского Томского государственного университета. Россия, 634050, г. Томск, пр-т Ленина, 36. E-mail: [mtvpopov@sibmail.com](mailto:mtvpopov@sibmail.com).

*Information about the authors*

*Popov Petr A.* – Dr Sc. in Biology, the conducting scientific worker of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS), Siberian Branch. 2, Morskoi Av., 630090 Novosibirsk, Russia. E-mail: [popov@iwep.nsc.ru](mailto:popov@iwep.nsc.ru).

*Androsova Natalya V.* – Senior engineer of the Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences. 3, Acedemika Koptyuga Av., 630090 Novosibirsk, Russia. E-mail: [androsovanv@igm.nsc.ru](mailto:androsovanv@igm.nsc.ru).

*Popov Victor A.* – Engineer-researcher of the Tomsk State University. 36, Lenina Av., 634050 Tomsk, Russia. E-mail: [mtvpopov@sibmail.com](mailto:mtvpopov@sibmail.com).

УДК 574.587:57.044 (571.15)

## МАКРОЗООБЕНТОС ОЗЕРА ПРИЯТЕЛЬСКОГО (АЛТАЙСКИЙ КРАЙ) ПОСЛЕ ЕГО ОБВОДНЕНИЯ

Вдовина О.Н., Безматерных Д.М., Крылова Е.Н.

*Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул,*

*E-mail: olgazhukova1984@yandex.ru, bezmater@iwep.ru, ken71@mail.ru*

*В августе 2019 г. исследованы состав и структура сообществ донных беспозвоночных вновь заполненного (после длительного пересыхания) оз. Приятельского на юге Западной Сибири. В составе зообентоса выявлено 23 вида донных беспозвоночных из 5 классов: Demospongiae (1), Oligochaeta (5), Hirudinea (1), Gastropoda (2), Insecta (14). Для озера характерны низкие значения численности и биомассы макрозообентоса, класс продуктивности «самый низкий», что соответствовало ультраолиготрофному типу водоема. Состояние сообщества донных беспозвоночных соответствует первой стадии сукцессии в искусственно создаваемых водоемах, в последующем (через 1–3 года) прогнозируется повышение показателей количественного развития зообентоса (вторая стадии сукцессии) в оз. Приятельское.*

*Ключевые слова:* донные беспозвоночные; сукцессия; Западная Сибирь; лимнология.

*DOI: 10.24412/2410-1192-2021-16306*

*Дата поступления: 29.11.21*

С самого зарождения науки озера находились в центре внимания ученых, что связано с их привлекательностью для людей как источника продовольствия и воды. Все же, до сих пор идет выявление основных типов водных объектов и особенностей их функционирования, что приближает нас к лучшему пониманию экологии озер и их биоты [The lakes..., 2004]. Зообентос – сообщество животных, жизнь которых связана с границей субстрата и воды. Это

сообщество является важным структурным звеном озерных экосистем [Kalff, 2003]. Бентосные животные наиболее удобный и показательный объект для оценки экологического состояния водоемов Западной Сибири [Безматерных, 2008]. Особенно интересно проследить сукцессионные закономерности восстановления или заселения бентосными сообществами вновь обводненного участка суши или дна озера.

Озеро Приятельское расположено недалеко от поселка Приятельский Алейского района Алтайского края (рис.). Озеро периодически пересыхает и наполняется водой за счет подъема грунтовых вод. Последнее заполнение озера грунтовыми водами наблюдалось в 2015 г., до этого времени в течение 33 лет озеро находилось в пересохшем состоянии [В Приятельское..., 2021]. В настоящее время озеро зарыблено и его планируется использовать для разведения раков.

#### *Материал и методы*

Озеро Приятельское было обследовано 6 августа 2019 г., отобрано 6 проб макрозообентоса. Материал для исследований собирали и обрабатывали по стандартным гидробиологическим ме-

тодикам [Руководство..., 1992]. Количественные пробы отбирали дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,025 м<sup>2</sup>, пробы промывали через капроновый газ с размером ячеек 350x350 мкм и фиксировали 70% спиртом. После установления постоянного веса животных разбирали по систематическим группам, затем просчитывали и взвешивали на торсионных весах ВТ-500. Определение материала проводили по ряду пособий: «Определитель пресноводных беспозвоночных России» [1994–2004]. Уровень трофности определяли по шкале трофности С.П. Китаева [2007], индекс видового разнообразия – по Шеннону [1963].

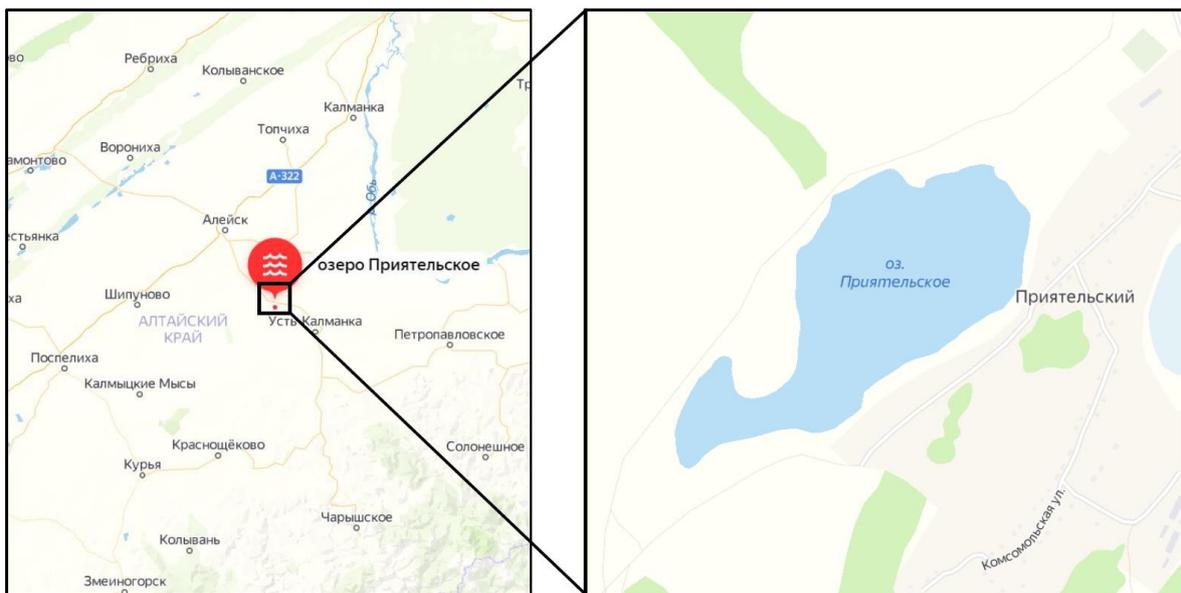


Рис. Карта-схема расположения оз. Приятельского (основа – <https://yandex.ru/maps>)

Fig. Map-layout of the lake Priyatel'skoye (on the basis of <https://yandex.ru/maps>)

Результаты и их обсуждение

В оз. Приятельское выявлено 23 вида донных беспозвоночных из 5 классов. Амфибиотические насекомые составили 61% от числа обнаруженных таксонов. Большая их часть (9 видов) принадлежала к отряду двукрылых, 5 видов – стрекозы (*Coenagrion vernale* (Hagen)), поденки (*Cloeon dipterum* L., *Caenis miliaria* (Tshernova)), клопы (*Ilyocoris cimicoides* (L.)) и жуки (Hydroptorinae ind.). Среди двукрылых преобладали личинки хирономид (*Chironomus* sp., *Cladopelma* sp., *Corynoneura scutellata* Winnertz, *Cricotopus* gr. *tremulus*, *Endochironomus* *stackelbergi* Goetghebuer, *Glyptotendipes glaucus* (Meigen), *Fleuria lacustris* Kieffer), также отмечены личинки мух львинок *Odonotomyia angulata* (Panzer). Кроме того, в составе донной фауны озер отмечены 5 видов олигохет (*Chaetogaster diaphanus* (Gruithuisen), *Nais variabilis* Piguet, *N. pseudobtusa* Piguet, *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparède, *Tubifex tubifex* (O.F. Müller), 2 вида моллюсков (*Lymnaea auricularia* (L.), *L. fragilis* (L.)), по одному виду пиявок (*Erpobdella octoculata* (L.)) и губок (Spongillidae indet.). Видовое богатство зообентоса невысоко (от 0 до 5 видов в пробе), индекс видового разнообразия Шеннона составил от 0 до 2,04 бит/экз.

Озеро Приятельское – это водоем, образовавшийся после недавнего затопления участка суши, преобладающим типом донных отложений в озере является плохо перегнивший детрит с илом. Как следствие этого, в литорали озера организмы бентоса представлены только личинками двукрылых и олигохетами. По способу питания представленные виды относятся к группе собирателей-детритофагов, эта группа обычно доминирует на литорали малых озер там, где преобладает оседание детрита на грунт [Яковлев, 2005]. Значения численности зообентоса изменялось в пределах 0,4–0,72 тыс. экз./м<sup>2</sup>, биомассы – 0,2–0,28 г/м<sup>2</sup> (табл.). На исследованных участках озера класс продуктивности зообентоса «самый низкий», что соответствовало ультраолиготрофному типу водоема по шкале С.П. Китаева [2007]. В центральной части озера организмы макрозообентоса не обнаружены. Это, вероятно, свидетельствует о том, что формирование и заселение нового биотопа еще не произошло.

Более разнообразно донные беспозвоночные представлены в зарослях высшей водной растительности. Наибольшее число видов (14) отмечено в зарослях тростника в южной части озера, здесь встречаются губки, олигохеты, пиявки, моллюски, насекомые. Подобная ситуация наблюдалась в оз.

Манжерокском (Республика Алтай), где после проведения дноуглубительных работ восстановление сообществ макро-беспозвоночных в первую очередь было отмечено на заросшем макрофитами мелководье озера [Безматерных и др., 2021]. В северной части оз. Приятельского вблизи сплавин рогаза видовой состав макробеспозвоночных беден и представлен только личинками жуков сем. Dytiscidae.

Для других озер Алтайского края, также расположенных в условиях умеренно-засушливой степи, характерно более высокое разнообразие донных беспозвоночных (в среднем 3,8, до 10 видов в пробе; индекс Шеннона в среднем 1,03, до 2,7), а также их численность ( $2,1 \pm 0,7$  тыс. экз./м<sup>2</sup>) и биомасса ( $2,8 \pm 0,7$  г/м<sup>2</sup>) [Безматерных, Вдовина, 2017].

Природные сообщества под влиянием различных абиотических, биотических и антропогенных факторов под-

вержены сукцессиям. Под сукцессией понимается постепенный и необратимый процесс формирования (первичная сукцессия) или восстановления (вторичная сукцессия) последовательности поколений биотических популяций, направленной на достижение экосистемной полной реализации потенциала всех существующих видов в конкретном местообитании [Смирнова, Торопова, 2008]. Первичная сукцессия включает в себя два основных элемента: начальную колонизацию и последующую смену типов сообществ [Зинченко, Шитиков, 2015]. В разнотипных водоемах процесс сукцессии происходит по-разному и зависит от многих факторов.

Спектр возможных механизмов временной сукцессии лотических экосистем чрезвычайно велик и их анализ основывается на изучении цикличности как процессов внешнего воздействия, так и скорости восстановления сообществ [Зинченко, Шитиков, 2015].

Таблица

Основные характеристики макрозообентоса оз. Приятельское (06.08.2019 г.)

Table

Main characteristics of the macrozoobenthos in lake Priyatel'skoye (06.08.2019)

| № точки         | Число видов | H, бит/экз. | Численность, тыс. экз./м <sup>2</sup> | Биомасса, г/м <sup>2</sup> | Уровень трофности по шкале С.П. Китева [2007] |
|-----------------|-------------|-------------|---------------------------------------|----------------------------|---|
| Прибрежная зона | 5           | 2,04        | 0,40                                  | 0,2                        | ультраолиготрофный                            |
| Центр озера     | 0           | 0           | 0                                     | 0                          | –   |
| Залив           | 2           | 0,65        | 0,72                                  | 0,28                       | ультраолиготрофный                            |

Примечания: H – индекс видового разнообразия по Шеннону

Изменения сообществ при перестройке донных отложений многообразны, но, в целом их можно рассматривать, как характерный только для водотоков, своеобразный вид сукцессии [Самохвалов, Засыпкина, 2010]. Водотоки обычно подвергаются сильным внешним воздействиям разного типа и происхождения с различной степенью перестройки динамики потоков: периодические наводнения и паводки [Богатов, 1994; Wiegert, Fraleigh, 1972]; дноуглубительные и другие гидротехнические работы [Hannan, Dorris, 1970]; экстремальные и катастрофические воздействия, такие как засухи [Harrison, 1966], сильные наводнения, промерзания русла [Богатов, 1994; Медведева, 2003] и др.

В лентических экосистемах изменения охватывают прежде всего литоральные и сублиторальные урочища в связи с процессами переработки берегов, образованием нового профиля равновесия береговой зоны [Якушко, 1989]. На состояние лимносистемы влияют изменение среднего уровня воды и внутригодовой режим уровня [Восстановление..., 1994]. Восстановление донных сообществ в водоемах идет медленно, с потерей части видов и снижением биомассы бентоса (до 60% от исходной величины) [Жигульский и др., 2013, 2014 а, б; Кудерский, Лаврентьева, 1996; Суслопарова, Терешенкова,

2013]. Формирование и заселение нового биотопа на поврежденном участке дна обычно занимает несколько лет (от 3 до 8 лет, в среднем – 5, но в некоторых случаях может растягиваться до 25 лет) [Лесников, 1986].

Водохранилища совмещают черты лентических и лотических экосистем. На примере равнинных водохранилищ умеренного пояса СССР были показаны следующие стадии формирования водных сообществ [Водохранилища мира, 1979]:

1) Постепенное разрушение и отмирание терригенных и перестройка существовавших водных биоценозов в начале первого сезона.

2) Образование временных водных биоценозов в первое лето при массовом заселении нового ареала – затопленной суши. Донные сообщества отличаются довольно однообразной фауной хирономид; в массовом количестве она развивается в условиях первоначальной высокой обеспеченности пищей – детритом терригенного происхождения – вне зависимости от исходного состава затопленного ложа и характера приносимого течением зообентоса.

3) Стабилизация состава водных сообществ, сопровождавшаяся снижением его биомассы по сравнению с предыдущей стадией (спустя 3–5 лет после создания водохранилища).

Указанные стадии формирования водных сообществ, по-видимому, характерны и для оз. Приятельского.

Таким образом, состояние донных беспозвоночных в оз. Приятельское соответствует первой стадии сукцессии в

#### *Заключение*

В составе зообентоса оз. Приятельское выявлено 23 вида донных беспозвоночных из 5 классов: Demospongiae (1), Oligochaeta (5), Hirudinea (1), Gastropoda (2), Insecta (14). Наибольшее число видов пришлось на долю насекомых, большая их часть (9 видов) принадлежала к отряду двукрылых, 5 видов

искусственно создаваемых водоемах [Водохранилища мира, 1979]. В последующем (1–3 года) прогнозируется повышение показателей количественного развития зообентоса (вторая стадии сукцессии) в оз. Приятельское.

– стрекозы, поденки, клопы и жуки. Для озера характерны низкие значения численности и биомассы зообентоса, класс продуктивности зообентоса «самый низкий», что соответствует ультраолиготрофному типу водоема. Сообщество донных макробеспозвоночных во вновь заполненном озере находится в начальной стадии своего формирования.

*Конфликт интересов.* Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Conflict of interest.* The authors declares that he has no conflict of interest.

*Авторы выражают благодарность к.б.н., доценту В.В. Кириллову и к.б.н. М.И. Ковешникову за помощь в отборе проб. Работа выполнена в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН (проект «Исследование разнообразия и структурно-функциональной организации водных экосистем для сохранения и рационального использования водных и биологических ресурсов Западной Сибири»).*

#### *Список литературы*

1. Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А. Водохранилища мира. М.: Наука, 1979. 287 с.
2. Безматерных Д.М. Состав и структура зообентоса как индикаторы экологического состояния водных объектов Западной Сибири // Вестник Алтайской науки. 2008. № 1 (1). С. 133–146.
3. Безматерных Д.М., Вдовина О.Н. Зообентос озер юга Обь-Иртышского междуречья // Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. 2017. № 106. С. 1–180.

4. Безматерных Д.М., Вдовина О.Н., Яныгина Л.В., Крылова Е.Н., Ковешников М.И. Влияние дноуглубительных работ на состав и структуру макрозообентоса озера Манжерокского (Республика Алтай) // Биология водных экосистем в XXI веке: факты, гипотезы, тенденции: тез. докл. Всерос. конф., посвящ. 65-летию ИБВВ РАН (22–26 ноября 2021 г., Борок). Ярославль: Филигрань, 2021. С. 20.

5. Богатов В.В. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. 1994. 218 с.

6. В Приятельское озеро выпустили раков / Маяк труда [Электронный ресурс]. URL: [https://moyaokruga.ru/mayak\\_trud/Articles.aspx?articleId=376861](https://moyaokruga.ru/mayak_trud/Articles.aspx?articleId=376861) (дата обращения: 12.12.2021).

7. Восстановление экосистем малых озер. Спб.: Наука, 1994. 144 с.

8. Жигульский В.А., Былина Т.С., Царькова Н.С., Лавров Я.Б., Соловей Н.А., Шуйский В.Ф. Некоторые результаты экологического мониторинга и оценки воздействия строящихся объектов морского торгового порта "Усть-Луга" на экосистему Лужской губы // Экология урбанизированных территорий. 2013. № 3. С. 6–14.

9. Жигульский В.А., Илюхин В.С., Царькова Н.С., Маслов П.А. Оценка концентрации взвешенных частиц в водоемах по результатам измерений прозрачности воды с использованием диска Секки // Проблемы региональной экологии. 2014а. № 1. С. 138–144.

10. Жигульский В.А., Шуйский В.Ф., Царькова Н.С., Соловей Н.А., Максимова Е.Ю. Реакция макрозообентоса водотоков бассейна восточной части Финского залива на многофакторные антропогенные воздействия // Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2014б. №35. С. 178–185.

11. Зинченко Т.Д., Шитиков В.К. Сукцессии – пространственно-временные изменения в реках // Астраханский вестник экологического образования. 2015. № 4 (34). С. 77–88.

12. Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КНЦ РАН, 2007. 395 с.

13. Кудерский Л.А., Лаврентьева Г.М. Оценка ущерба рыбохозяйственным водоемам от свалки грунтовых масс (применительно к восточной части Финского залива). Спб.: Изд. ГосНИОРХ, 1996. 41 с.

14. Лесников Л.А. Влияние перемещения грунтов на рыбохозяйственные водоемы. Сб. науч. тр. ГосНИОРХ 255. 1986. С. 3–9.

15. Медведева Л.А. Влияние паводков на численность и биомассу водорослей перифитона малой лососевой рек (Приморский край) // Перифитон континентальных вод:

современное состояние изученности и перспективы дальнейших исследований: Труды Международного Симпозиума. Тюмень: ООО «Опцион ТМ-Холдинг». 2003. С. 70-71.

16. Определитель пресноводных беспозвоночных России: в 6 т.: Т. 1–6. Л.: ЗИН РАН, 1994–2004.

17. Пшеницына В.Н. Об эффективности шкалы Вудивисса при биоиндикации качества воды // Гидробиол. журн. 1986. Т. 24, № 4. С. 42–45.

18. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.

19. Самохвалова В.Л., Засыпкина И.А. Сукцессии в сообществах зообентоса водотоков северо-востока Азии // Естественные и технические науки. 2010. № 1 (45). С. 117–119.

20. Смирнова О.В., Торопова Н.А. Сукцессия и климакс как экосистемный процесс // Успехи современной биологии. 2008. № 2. С. 129–144.

21. Сулопарова О.Н., Терешенкова Т.В. Влияние дноуглубительных работ на планктонные сообщества // Учение о развитии морских берегов: вековые традиции и идеи современности: Материалы XXIII Международной береговой конференции (5–9 октября 2013 г., Санкт-Петербург). СПб, 2010. С. 257–259.

22. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетики. М.: Иностран. лит., 1963. 860 с.

23. Яковлев В.А. Пресноводный зообентос северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика). Апатиты: Изд-во Кольск. науч. центра РАН, 2005. 145 с.

24. Якушко О. Ф. Изменение аквальных комплексов в условиях интенсивной хозяйственной деятельности // Ландшафты Белоруссии. Минск, 1989. С. 214–222.

25. Hannan H.H., Dorris T.C. Succession of a macrophyte community in a constant temperature river // Limnology and Oceanography. 1970. Vol. 15. P. 442–453.

26. Harrison A.D. Recolonization of a Rhodesian stream after drought // Archiv für Hydrobiologie. 1966. Vol. 62. P. 405–421.

27. Kalf J. Limnology: inland water ecosystems. USA, NJ, Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2003. 592 p.

28. The lakes handbook. V. 1. Limnology and limnetic ecology / Ed. by P.E. O'Sullivan and C. S. Reynolds. Blackwell Publishing, 2004. 699 p.

29. Wiegert R.G., Fraleigh P.C. Ecology of Yellowstone thermal effluent systems: net primary production and species diversity of a successional blue-green algal mat // *Limnology and Oceanography*. 1972. Vol. 17. P. 215–228.

#### *References*

1. Avakyan A.B., Saltankin V.P., Sharapov V.A. Vodohranilishcha mira [Reservoirs of the world]. M.: Nauka, 1979. 287 p. (In Russian).

2. Bezmaternykh D.M. Sostav i struktura zoobentosa kak indikatory ekologicheskogo sostoyaniya vodnykh ob'yektov Zapadnoy Sibiri [Composition and structure of zoobenthos as indicators of the ecological state of water bodies in Western Siberia] // *Vestnik Altayskoy nauki [Bulletin of Altai Science]*. 2008. No. 1 (1). P. 133–146. (In Russian).

3. Bezmaternykh D.M., Vdovina O.N. Zoobentos ozer yuga Ob'-Irtyskogo mezhdurech'ya [Zoobenthos of lakes in the south of the Ob-Irtys interfluve] // *Ekologiya. Seriya analiticheskikh obzorov mirovoy literatury [Ecology. A series of analytical reviews of world literature]*. 2017. No. 106. P. 1–180. (In Russian).

4. Bezmaternykh D.M., Vdovina O.N., Yanygina L.V., Krylova E.N., Koveshnikov M.I. Vliyaniye dnouglubitel'nykh rabot na sostav i strukturu makrozoobentosa ozera Manzhero-nskogo (Respublika Altay) [Influence of dredging on the composition and structure of the macrozoobenthos of Lake Manzhero-nskoe (Altai Republic)] // *Biologiya vodnykh ekosistem v XXI veke: fakty, gipotezy, tendentsii: tez. dokl. Vseros. konf., posvyashch. 65-letiyu IBVV RAN: Borok, 22–26 noyabrya 2021 g. [Biology of Aquatic Ecosystems in the 21st Century: Facts, Hypotheses, Trends: Proc. conf. Borok, (November 22–26, 2021)]* Yaroslavl: Filigran, 2021, P. 20. (In Russian).

5. Bogatov V.V. *Ekologiya rechnykh soobshchestv rossijskogo Dal'nego Vostoka [Ecology of river communities of the Russian Far East]*. Vladivostok: Dal'nauka. 1994. 218 p. (In Russian).

6. V Priyatel'skoe ozero vypustili rakov [Crayfish were released into the Priyatel'skoe lake] / Mayak truda [Lighthouse of Labor]. URL: [https://moyaokruga.ru/mayak\\_trud/Articles.aspx?articleId=376861](https://moyaokruga.ru/mayak_trud/Articles.aspx?articleId=376861) (accessed:12.12.2021).

7. Vosstanovlenie ekosistem malyh ozer [Restoration of ecosystems of small lakes]. Spb.: Nauka, 1994. 144 p. (In Russian).

8. Zhigul'skij V.A., Bylina T.S., Car'kova N.S., Lavrov Ya.B., Solovej N.A., Shujskij V.F. Nekotorye rezul'taty ekologicheskogo monitoringa i ocenki vozdejstviya stroyashchihsya ob'ektov morskogo trgovogo porta "Ust'-Luga" na ekosistemu Luzhskoj guby [Particular findings of the environmental monitoring and assessment of impact produced by the construc-

tion of the Ust-Luga sea trade port on the Luga bay`s]. *Ekologiya urbanizirovannyh territorij* [Ecology of urbanized territories]. 2013. № 3. P. 6–14. (In Russian).

9. Zhigul'skij V.A., Ilyuhin V.S., Car'kova N.S., Maslov P.A. Ocenka koncentracii vzveshennyh chastic v vodoemah po rezul'tatam izmerenij prozrachnosti vody s ispol'zovaniem diska Sekki [Assessment of the concentration of suspended particles in reservoirs based on the results of measurements of water transparency using a Secchi disk]. *Problemy regional'noj ekologii* [Regional environmental issue]. 2014a. № 1. P. 138–144. (In Russian).

10. Zhigul'skij V.A., Shujskij V.F., Car'kova N.S., Solovej N.A., Maksimova E.Yu. Reakciya makrozoobentosa vodotokov bassejna vostochnoj chasti Finskogo zaliva na mnogofaktornye antropogennye vozdejstviya [Response of a waterways macrozoobenthos to multifactor anthropogenic impact in the eastern part of Gulf of Finland]. *Uchyonye zapiski Rossijskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta* [Scientific notes of the Russian State Hydrometeorological University]. 2014b. 35. P. 178–185. (In Russian).

11. Zinchenko T.D., Shitikov V.K. Sukcessii – prostranstvenno-vremennye izmeneniya v rekah [Succession – spatial and temporal changes in rivers] // *Astrahanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* [Astrakhan Bulletin of Environmental Education]. 2015. № 4 (34). P. 77–88. (In Russian).

12. Kitaev, S.P., 2007. *Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ihtologov* [Basic general limnology for hydrobiologists and ichthyologists]. Karelian Research Centre of RAS, Petrozavodsk, Russia, 395 p. (In Russian).

13. Kuderskij L.A., Lavrent'eva G.M., Ocenka ushcherba rybohozyajstvennym vodoemam ot svalki gruntovyh mass (primenitel'no k vostochnoj chasti Finskogo zaliva) [Assessment of damage to fishery reservoirs from dumping of ground masses (in relation to the eastern part of the Gulf of Finland)]. St. Petersburg: Publishing house of the State Scientific Research Institute of Lake and River Fisheries, 1996. 41 p. (In Russian).

14. Lesnikov L.A., Vliyanie peremeshcheniya gruntov na rybohozyajstvennyye vodoemy [The impact of soil movement on fisheries reservoirs]. *Sb. nauch. tr. GosNIORH 255* [Collection of scientific papers of the State Scientific Research Institute of Lake and River Fisheries]. 1986. P. 3–9. (In Russian).

15. Medvedeva L.A. Vliyanie pavorodkov na chislennost' i biomassu vodoroslej perifitona maloj lososevoj rek (Primorskij kraj) [The effect of floods on the abundance and biomass of algae of the periphyton of the small salmon River (Primorsky Krai)] // *Perifiton kontinental'nyh vod: sovremennoe sostoyanie izuchennosti i perspektivy dal'nejshih issledovanij* [Periphyton of continental waters: current state of knowledge and prospects for further research]:

Trudy Mezhdunarodnogo Simpoziuma. Tyumen': OOO «Opcion TM-Holding». 2003. P. 70–71. (In Russian).

16. Opredelitel' presnovodnyh bespozvonochnyh Rossii: v 6 t.: T. 1–6, 1994–2004 [Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent lands (1992–2004): Vol 1–6]. Calolihin, S.YA. (eds.). Zoological institute of RAS, St. Petersburg, Russia. (In Russian).

17. Pshenicyna V.N. Ob effektivnosti shkaly Vudivissa pri bioindikacii kachestva vody [On the effectiveness of the Woodiwiss scale in bioindication of water quality] // *Gidrobiol. zhurn* [Hydrobiological Journal]. 1986. T. 24, № 4. P. 42–45. (In Russian).

18. Rukovodstva po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnyh ekosistem [Guidelines for hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems]. 1992. Abakumov V.A. (eds.), *Gidrometeoizdat*, St. Petersburg, Russia, 318 p. (In Russian).

19. Samohvalova V.L., Zasyapkina I.A. Sukcessii v soobshchestvah zoobentosa vodotokov severo-vostoka Azii [Successions in zoobenthos communities of watercourses of Northeast Asia] // *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and technical sciences]. 2010. № 1 (45). P. 117–119. (In Russian).

20. Smirnova O.V., Toropova N.A. Sukcessiya i klimaks kak ekosistemnyj process [Succession and climax as an ecosystem process] // *Uspekhi sovremennoj biologii* [Advances in modern biology]. 2008. № 2. P. 129–144. (In Russian).

21. Susloparova O.N., Tereshenkova T.V. Vliyanie dnouglubitel'nyh rabot na planktonnye soobshchestva [The impact of dredging on plankton communities]: Materialy XXIII Mezhdunarodnoj beregovoj konferencii «Uchenie o razvitii morskikh beregov: vekovye tradicii i idei sovremennosti» [XXIII International Coastal Conference. Coastal evolution studies: Traditions and modern concepts] (5–9 oktyabrya 2013 g., Sankt-Peterburg). St. Petersburg, 2010. P. 257–259. (In Russian).

22. Shennon K. Raboty po teorii informacii i kibernetiki [Works on information theory and cybernetics]. Moscow: Inostr. lit., 1963. 860 p. (In Russian).

23. Yakovlev V.A. Presnovodnyj zoobentos severnoj Fennoskandii (raznoobrazie, struktura i antropogennaya dinamika) [Freshwater zoobenthos of northern Fennoscandia (diversity, structure and anthropogenic dynamic)]. Apatity: Kola Science Centre RAS, 2005. 145 p. (In Russian).

24. Yakushko O. F. Izmenenie akval'nyh kompleksov v usloviyah intensivnoj hozyajstvennoj deyatel'nosti [Successions in zoobenthos communities of watercourses of Northeast Asia] // *Landshafty Belorussii* [Landscapes of Belarus]. Minsk, 1989. P. 214–222. (In Russian).

25. Hannan H.H., Dorris T.C. Succession of a macrophyte community in a constant temperature river // *Limnology and Oceanography*. 1970. Vol. 15. P. 442–453.
26. Harrison A.D. Recolonization of a Rhodesian stream after drought // *Archiv für Hydrobiologie*. 1966. Vol. 62. P. 405–421.
27. Kalff J. *Limnology: inland water ecosystems*. USA, NJ, Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2003. 592 p.
28. *The lakes handbook*. V. 1. *Limnology and limnetic ecology* / Ed. by P.E. O'Sullivan and C. S. Reynolds. Blackwell Publishing, 2004. 699 p.
29. Wiegert R.G., Fraleigh P.C. Ecology of Yellowstone thermal effluent systems: net primary production and species diversity of a successional blue-green algal mat // *Limnology and Oceanography*. 1972. Vol. 17. P. 215–228.

## MACROZOOBENTHOS OF LAKE PRYATEL'SKOYE (ALTAI KRAI, RUSSIA) AFTER ITS WATERING

O.N. Vdovina, D.M. Bezmaternykh, E.N. Krylova

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul,

E-mail: olgazhukova1984@yandex.ru, bezmater@iwep.ru, ken71@mail.ru

*Lake Pryatel'skoye is located in the south of West Siberia. The composition and structure of benthic invertebrates communities of the newly filled (after a long drying out) lake were studied in August 2019. The zoobenthos includes 23 species of benthic invertebrates from 5 classes: Demospongiae (1), Oligochaeta (5), Hirudinea (1), Gastropoda (2), Insecta (14). The lake is characterized by low numbers and small biomass of macrozoobenthos, the productivity class is "lowest", which corresponded to the ultraoligotrophic type of the lakes. The state of benthic invertebrates communities corresponds to the first stage of succession in artificially created lakes.*

*Key words:* benthic invertebrates; succession; West Siberia; limnology.

*Received November 29, 2021*

*Сведения об авторах*

*Вдовина Ольга Николаевна* — кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории гидробиологии Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. E-mail: olgazhukova1984@yandex.ru

*Безматерных Дмитрий Михайлович* – доктор биологических наук, доцент, заместитель директора по научной работе Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. E-mail: bezmater@mail.ru.

*Крылова Евгения Николаевна* – младший научный сотрудник лаборатории водной экологии Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. E-mail: ken71@iwep.ru.

*Information about the authors*

*Vdovina Olga Nikolaevna* – PhD in Biology, Researcher at the Laboratory of Hydrobiology of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. E-mail: olgazhukova1984@yandex.ru.

*Bezmaternykh Dmitry Mikhailovich* – Dr Sc. in Biology, Associate Professor, Deputy Director for Scientific Work of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. E-mail: bezmater@mail.ru.

*Krylova Evgeniya Nikolaevna* – Researcher at the Laboratory of Water ecology of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. E-mail: ken71@iwep.ru.

## 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),<br>- ФИО авторов (транслитерация в системе translit.ru),<br>- название организаций (перевод),<br>- аннотация (перевод – «Abstract»),<br>- ключевые слова (перевод – «Keywords»),<br>- конфликт интересов (перевод – «Conflictofinterest»),<br>- литература («References»); ФИО авторов в транслитерации;<br>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.<br>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.<br>Материал, представляемый на публикацию, должен быть проверен на орфографию и грамматику.<br>Автоматический перенос слов использовать нельзя.<br>Вся текстовая часть статьи должна быть записана в 1 файле (титульный лист, аннотация, ключевые слова, текст статьи, таблицы, рисунки, список литературы, сведения об авторах).<br>Файл с текстом статьи должен быть назван по фамилии первого автора статьи (Иванов-текст.docx).<br>Латинские названия и таксономию животных и растений |

|   |   |  |
|---|---|--|
|   |   | <p>выверять по: <a href="https://www.gbif.org">https://www.gbif.org</a> . 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"> <li>1) индекс статьи по Универсальной десятичной классификации (УДК), на первой странице, в левом верхнем углу;</li> <li>2) название статьи (прописными буквами, полужирным шрифтом, выравнивание – по центру), должно кратко, но максимально точно отражать затронутую проблему;</li> <li>3) инициалы и фамилии авторов (по центру);</li> <li>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;</li> <li>5) e-mail для каждого автора.</li> </ol> <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"> <li>- актуальность проблемы;</li> </ul>  |

|    |                                |   |
|----|--------------------------------|---|
|    |                                | <p>- цель исследования;</p> <p>- материалы и методы;</p> <p>- результаты и обсуждение (отдельным разделом, приводится сопоставление результатов собственных исследований с литературными данными с указанием ссылок на источники)</p> <p>- выводы или заключение.</p> <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 (<a href="http://www.bookchamber.ru/GOST_P_7.0.5.-2008">http://www.bookchamber.ru/GOST_P_7.0.5.-2008</a>). 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. Иванов<sup>1</sup>, П. П. Петров<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Алтайский 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].



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

Ссылки на патенты

Патент РФ № 2000130511/28. 04.12.2000.

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

В транслитерированном списке литературы:

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

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

Ссылки на архивные материалы

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

В транслитерированном списке литературы:

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

Ссылки на интернет-ресурсы

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

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

В транслитерированном списке литературы:

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*

*№ 4 (63) 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 25.12.2021. Дата выхода в свет 29.12.2021.

Формат 60x84 1/8. Печать – цифровая. П.л. 13,5

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](http://www.five-plus.ru)

Цена свободная

Возрастная категория – 12+