

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ – АЛТАЙСКОЕ КРАЕВОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ВОО «РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО»

ИЗВЕСТИЯ АЛТАЙСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

(ИЗВЕСТИЯ АО РГО)

Журнал

ISSN 2410-1192

Сентябрь 2018

№ 3 (50)

Основан в 1961 году

Выходит 4 раза в год

НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР, ПРЕДСЕДАТЕЛЬ СОВЕТА – Винокуров Ю.И., д.г.н., проф., г. Барнаул

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Барышников Г.Я., д.г.н., проф., г. Барнаул

Пузанов А.В., д.б.н., проф., г. Барнаул

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

Ревякин В.С., д.г.н., проф., г. Барнаул

ВЫПУСКАЮЩИЙ РЕДАКТОР – Безматерных Д.М., д.б.н., доц., г. Барнаул

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ – Архипова И.В., к.г.н., г. Барнаул

ЧЛЕНЫ СОВЕТА:

Бутвиловский В.В., д.г.н., Германия

Красноярова Б.А., д.г.н., проф., г. Барнаул

Веснина Л.В., д.б.н., проф., г. Барнаул

Лхагвасурэн Чойжинжав, проф., Монголия

Водичев Е.Г., д.и.н., проф., г. Новосибирск

Малолетко А.М., д.г.н., проф., г. Томск

Гутак Я.М., д.г.-м.н., проф., г. Новокузнецк

Оберт А.С., д.м.н., проф., г. Барнаул

Дунец А.Н., д.г.н., проф., г. Барнаул

Парамонов Е.Г., д.с.-х.н., проф., г. Барнаул

Егорина А.В., д.г.н., проф., Казахстан

Подобина В.М., д.г.-м.н., проф., г. Томск

Ельчининова О.А., д.с.-х.н., доц., г. Горно-Алтайск

Попов П.А., д.б.н., проф., г. Новосибирск

Заика В.В., д.б.н., доц., г. Кызыл

Ротанова И.Н., к.г.н., доц., г. Барнаул

Зиновьев А.Т., д.т.н., Барнаул

Сухова М.Г., д.г.н., г. Горно-Алтайск

Золотов Д.В., к.б.н., г. Барнаул

Ташев А.Н., проф., Болгария

Инишева Л.И., д.с.-х.н., проф., г. Томск

Черных Д.В., д.г.н., г. Барнаул

Кириллов В.В., к.б.н., доц., г. Барнаул

Чибилев А.А., акад. РАН, г. Оренбург

Кирста Ю.Б., д.б.н., проф., г. Барнаул

Яныгина Л.В., д.б.н., доц., г. Барнаул

Комарова Л.А., д.б.н., проф., г. Бийск

Технический редактор – Пестова Л.В., к.с.-х.н.

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

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

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

© Известия Алтайского отделения Русского географического общества, 2018

г. Барнаул – 2018

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

ISSN 2410-1192

September, 2018

No 3 (50)

Founded in 1961

4 issues per year

EDITORIAL BOARD

EDITORS-IN-CHIEF– Prof. Yuri I. Vinokurov (Barnaul, Russia)

DEPUTY CHIEF EDITORS:

Prof. Gennadiy Ya. Baryshnikov (Barnaul, Russia)
PhD Viktor N. Korzhnev (Biysk, Russia)

Prof. Alexandr V. Puzanov (Barnaul, Russia)
Prof. Victor S. Revyakin (Barnaul, Russia)

MANAGING EDITOR – DrSc Dmitry M. Bezmaternyh (Barnaul, Russia)

EXECUTIVE SECRETARY – PhD Irina V. Arkhipova (Barnaul, Russia)

THE MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

DrSc V. V. Butvilovsky (Dresden, Germany)
DrSc D. V. Chernykh (Barnaul, Russia)
Acad. RAS Prof. A. A. Chibilyov (Orenburg, Russia)
Prof. A. N. Dunets (Barnaul, Russia)
Prof. A. V. Egorina (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan)
DrSc O. A. Elchinina (Gorno-Altaysk, Russia)
Prof. Ya. M. Gutak (Novokuznetsk, Russia)
Prof. L. I. Inisheva (Tomsk, Russia)
PhD V. V. Kirillov (Barnaul, Russia)
Prof. Y. B. Kirsta (Barnaul, Russia)
Prof. L. A. Komarova (Biysk, Russia)
Prof. B. A. Krasnoyarova (Barnaul, Russia)
Prof. Lhagvasuren Choijinjav (Khovd, Mongolia)
Prof. A. M. Maloletko (Tomsk, Russia)

Prof. A. S. Obert (Barnaul, Russia)
Prof. E. G. Paramonov (Barnaul, Russia)
Prof. V. M. Podobina (Tomsk, Russia)
Prof. P. A. Popov (Novosibirsk, Russia)
PhD I. N. Rotanova (Barnaul, Russia)
DrSc M. G. Sukhova (Gorno-Altaysk, Russia)
Prof. A. N. Tashev (Bulgaria)
Prof. L. V. Vesnina (Barnaul, Russia)
Prof. E. G. Vodichev (Novosibirsk, Russia)
DrSc L. V. Yanygina (Barnaul, Russia)
DrSc V. V. Zaika (Kyzyl, Russia)
DrSc A. T. Zinoviev (Barnaul, Russia)
PhD D. V. Zolotov (Barnaul, Russia)

Technical editor – PhD Lyubov V. Pestova

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

Certificate of mass media registration of Russian Federation ПИ No TY22-00534
Subscription index in «Rospechat» catalogue 95004

© Bulletin of the Altay branch of the Russian Geographical society, 2018

Barnaul – 2018

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

РАЗДЕЛ 1. ГЕОГРАФИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Гутак Я.М., Каучакова Е.Е. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ КОСМОГЕННОГО ТИПА В ГОРНОЙ ШОРИИ (КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)5

РАЗДЕЛ 2. ГИДРОЛОГИЯ. КЛИМАТ

Галахов В.П., Губарев М.С. ВОДНЫЙ БАЛАНС ОЗЕРА СВЕТОЕ (ЛЕБЕДИНОЕ)10

Кирста Ю.Б. ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К ФАКТОРАМ СРЕДЫ И КАЧЕСТВА МОДЕЛИ ИОННОГО СТОКА ДЛЯ РЕК АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ГОРНОЙ СТРАНЫ17

Кошелева Е.Д., Кудишин А.В. КРАТКОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЕЙ ВОДЫ РЕКИ ОБЬ У ГОРОДА БАРНАУЛА ВО ВРЕМЯ ПОЛОВОДЬЯ 2018 ГОДА27

РАЗДЕЛ 3. БИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ

Ельчининова О.А., Бодрошева С.В., Горемыкина Н.А. СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПИОНА УКЛОНЯЮЩЕГОСЯ (*RAEONIA ANOMALA* L.) В МЕСТАХ ЕСТЕСТВЕННОГО ОБИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ ГОРНОГО АЛТАЯ38

Котовщиков А.В., Яныгина Л.В. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА *a* В НОВОСИБИРСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ46

Лабузова О.М., Носкова Т.В., Лысенко М.С., Подчуфарова Д.П., Ильина Е.Г., Папина Т.С. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВТОТРАНСПОРТА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ГОРОДЕ БАРНАУЛЕ53

Трошкова И.А., Рождественская Т.А., Пузанов А.В., Горбачев И.В., Балыкин С.Н. ГЕОХИМИЯ ПОЧВ ГОРНО-ЛЕСНОГО ПОЯСА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО АЛТАЯ57

Эйрих А.Н., Серых Т.Г., Степанец В.Н., Папина Т.С. МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВОДЫ РЕКИ ОБИ В РАЙОНЕ ГОРОДА БАРНАУЛА64

КРАЕВЕДЕНИЕ

Гармс О.Я. ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФАУНЫ ПТИЦ БАРНАУЛА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ68

Шалофастова Е.В., Швецова Л.В. ФОРМИРОВАНИЕ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ЛЕСОПРОМЫСЛОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ТАЛЬМЕНСКОМ РАЙОНЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ88

CONTENTS

SCIENTIFIC REPORTS

SECTION 1. GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

<i>Gutak Ja.M., Kouchakova Yk.E.</i> GEOLOGICAL NATURAL MONUMENTS OF COSMOGENIC TYPE IN MOUNTAIN SHORIA (KEMEROVO REGION)	5
---	---

РАЗДЕЛ 2. HYDROLOGY. CLIMATE

<i>Galakhov V.P., Gubarev M.S.</i> WATER BALANCE OF LAKE SVETLOE (LEBEDINOE) ...	10
<i>Kirsta Yu.B.</i> ASSESSING THE SENSITIVITY TO ENVIRONMENTAL FACTORS AND QUALITY OF IONIC RUNOFF MODEL FOR RIVERS OF THE ALTAI-SAYAN MOUNTAIN COUNTRY	17
<i>Kosheleva E.D., Kudishin A.V.</i> SHORT-TERM FORECAST OF OB RIVER WATER LEVEL NEAR BARNAUL CITY DURING FLOOD 2018.....	27

SECTION 3. ECOLOGY. FLORA. FAUNA

<i>Elchininova O.A., Bodrosheva S.V., Goremykina N.A.</i> SEED PRODUCTIVITY OF PEONY (PAEONIA ANOMALA L.) IN NATURAL HABITAT OF THE ALTAI MOUNTAINS.....	38
<i>Kotovshchikov A.V., Yanygina L.V.</i> SPATIAL HETEROGENEITY OF CHLOROPHYLL a CONTENT IN NOVOSIBIRSK RESERVOIR.....	46
<i>Labuzova O.M., Noskova T.V., Lysenko M.S., Podchufarova D.P., Ilina E.G., Papina T.S.</i> ASSESSMENT OF THE IMPACT OF ROAD TRANSPORT ON THE POLLUTION OF SNOW COVER IN THE CITY OF THE BARNAUL	53
<i>Troshkova I.A., Rozhdestvenskaya T.A., Puzanov A.V., Gorbachev I.V., Balykin S.N.</i> GEOCHEMISTRY OF SOILS IN MOUNTAIN-FOREST ZONE OF NORTH-WESTERN ALTAI.....	57
<i>Eirikh A.N., Serykh T.G., Stepanets V.N., Papina T.S.</i> THE TRACE ELEMENT COMPOSITION OF WATER IN THE OB RIVER NEAR BARNAUL.....	64
STUDY OF LOCAL LORE	68

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ ♦ SCIENTIFIC REPORTS

Раздел 1

ГЕОГРАФИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Section 1 GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

УДК: 55 (571.17)

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ КОСМОГЕННОГО
ТИПА В ГОРНОЙ ШОРИИ (КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Я.М. Гутак¹, Е.Е. Каучакова²

¹Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк
E-mail: gutakjaroslav@yandex.ru

²Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета, Новокузнецк
E-mail: ketkeit@yandex.ru

В статье рассмотрены объекты геологического наследия космогенного типа, обнаруженные на юге Кемеровской области (Горная Шория), приведены сведения об их состоянии и изученности. Горная Шория издавна выступает местом отдыха жителей Кемеровской области и окружающих территорий, обладает значительным количеством геологических памятников природы разных генетических типов. Выявление геологических памятников природы могут значительно усилить рекреационный потенциал Горной Шории и способствовать развитию нового направления в туристической Кемеровской области, такого как геотуризм.

Ключевые слова: Горная Шория, геологические памятники природы, объекты геологического наследия космогенного типа, октаэдрит, метеорит «Петропавловский прииск», метеорит «Чебанкол», река Мрассу, река Кондома.

Дата поступления 10.09.2018

Согласно классификации объектов геологического наследия к космогенному типу относятся космические объекты, достигшие поверхности нашей планеты (метеориты), участки воздействия космических импактных событий на дневную поверхность и недра (ударные кратеры), а также разрезы с прослоями импактного происхождения (пограничные слои между мелом и палеогеном обогащенные иридием). Два последних подтипа можно охарактеризовать как *in situ* – реальное нахождение на месте события (конкретные кратер или разрез). Первому из указанных подтипов подходит определение *ex situ* – объект изъят из геологической среды и находится вне местности обнаружения [1]. Метеориты,

найденные на территории Кемеровской области, характеризуют последний тип. Все они происходят из южной части области (Горная Шория). На сегодняшний день здесь известны находки двух метеоритов (рис. 1).

Метеорит «Петропавловский прииск» (рис. 2) найден на правом берегу реки Базас (приток р. Ортон, система р. Мрассу) в долине ключа Петропавловка в золотоносной россыпи. Найденный объект имел форму уплощенной треугольной пластины с закругленными углами с размерами 18 x 13 x 7 см, общим весом 7,2 кг, имеющим следы оплавления. Химический состав: железо –

91,24 %, никель – 8,48 %, кобальт – 0,4 %, фосфор – 0,18 %. Метеорит определен как октаэдрит средне-структурный III АВ типа [2-3].

Метеорит был найден в один из июньских дней 1841 г. на Петропавловском прииске рабочими-забойщиками при проходке шурфа. Он был поднят на поверхность с глубины 4,5 сажень (или 9,72 м). Указывалось, что до этого раньше на прииске уже попадались небольшие куски железа, которые считали обломками инструментов. Найденный объект лежал в нижнем слое золотоносного пласта, на самом плотике из крупнослоистого известняка [4-5]. В начале 1841 г. управляющий Алтайскими казенными золотыми приисками капитан Быков представил эту находку Горному начальнику Колывано-Воскресенских заводов (впоследствии Алтайский горный округ) подполковнику Л.А. Соколовскому, который после осмотра данного образца заключил, что найденный объект является великолепным музейным образцом самородного железа. В Петербурге объект был определен

как метеорит и получил свое название по месту находки – «Петропавловский прииск». Небольшой фрагмент этого метеорита весом 14 г попал в коллекцию известного собирателя метеоритов почетного члена Русского минералогического общества проф. Юлиана Ивановича Симашко (№ 33 коллекции) [6]. В советский период метеорит был распилен на четыре части, хранившиеся в разных местах. Одним из мест хранения фрагмента метеорита является Минералогический музей Санкт-Петербургского горного университета.

Метеорит «Чебанкол» (рис. 3) найден в 1938 г. в бассейне реки Кондома в долине ручья Чебанкол. Найденный объект представлял собой глыбу с параметрами 45 x 60 x 12 см, весом в 124,2 кг. Поверхность найденного объекта неровная с очень пологими углублениями и следами рубчатой скульптуры – «елочка». Химический состав: железо – 90,51 %, никель – 9,03 %, кобальт – 0,44 %, фосфор – 0,29 %. Несколько позднее был найден еще один небольшой обломок весом 3,8 кг. Метеорит определен как октаэдрит грубоструктурный Iron An-Og типа [2-3].

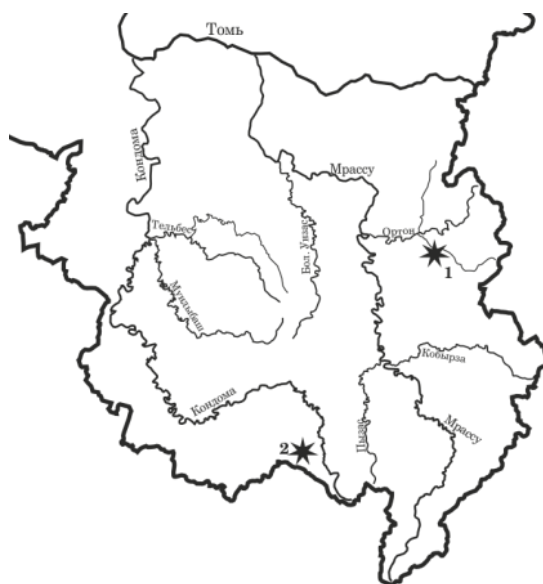


Рис. 1. Карта-схема находок геологических памятников природы космогенного типа на юге Кемеровской области (Горная Шория):

1 – метеорит «Петропавловский прииск»;

2 – метеорит «Чебанкол».



Рис. 2. Фрагмент метеорита «Петропавловский прииск»
(Минералогический музей Санкт-Петербургского горного университета)

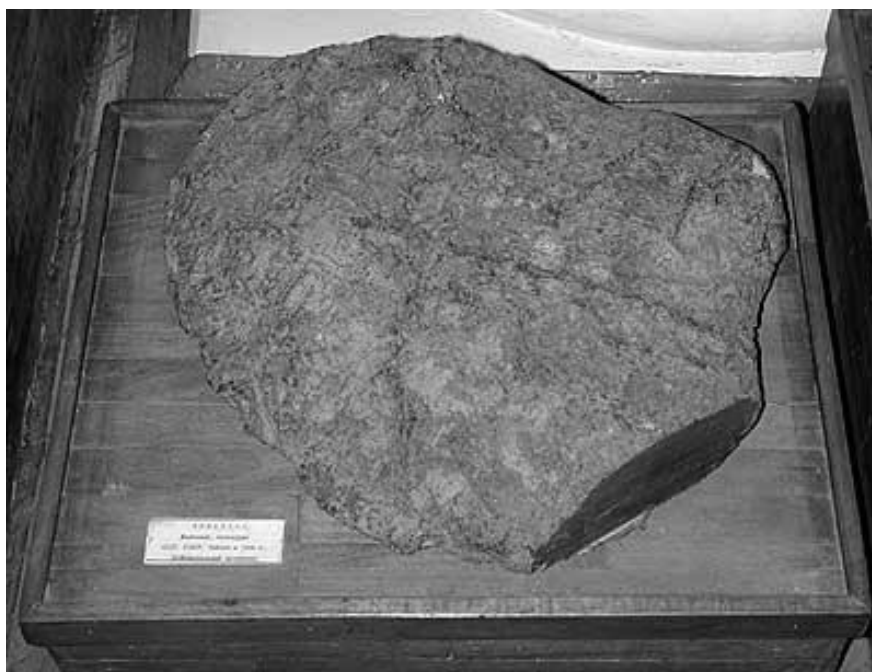


Рис. 3. Фрагмент метеорита «Чебанкол»

История обнаружения метеорита довольно подробно описана во многих публикациях [7-9]. Находка сделана старателем А.Н. Семеновым во время проведения геологоразведочных работ поисковой партии Западно-Сибирского геологического управления в июле 1938 г. Место находки бассейн ручья Чебанкол (Чебанок) на устье ключа

Александровский (система р. Малая Кондома). Глубина залегания метеорита 1,3 м, причем указывается, что в месте проходки шурфа вмещающие породы находились в разрыхленном состоянии. Известие о необычной находке заинтересовало тогда еще молодого геолога выпускника Томского госуниверситета, (позднее это видный исследователь же-

лезорудных месторождений Горной Шории) А.С. Мухина. Не имея возможности провести соответствующие анализы найденной глыбы, Мухин отправил осколок в Томск профессору Ф.Н. Шахову, который произвел химический анализ осколка и заключил, что найденная глыба является железным метеоритом. Летом 1939 г. геолог Б.С. Митропольский сообщил об этой находке в Комитет по метеоритам АН СССР. В том же году А.С. Мухин отправил метеорит в Москву в метеоритное собрание АН СССР. В мае 1940 г. от А.Н. Семенова поступил второй экземпляр метеорита весом 3,8 кг. Проведенный анализ показал, что это самостоятельный космический объект, а не обломок первого.

Метеорит получил свое название по месту нахождения – «Чебанкол», крупный его фрагмент весом в 117,5 кг находится в Метеоритной коллекции РАН и второй обломок представлен в экспозиции минералогического музея им. А.Е. Ферсмана. Это третий по величине железный метеорит, найденный на территории России.

Неглубокое залегание основного тела метеорита, рыхлый состав вмещаю-

щих пород, наличие еще одного мелкого метеорита позволяет предположить падение в данном месте метеоритного дождя. На месте находки вполне возможно наличие следов ударного кратера или кратеров. Полагаем, что проведение в этом районе детальных поисковых работ с применением современных георадаров позволит выявить новые образцы Чебанкольского метеорита.

Места находок метеоритов на юге Кемеровской области (Горная Шория, р. Базас у впадения в р. Ортон и руч. Чебанкол в месте впадения ключа Александровский) предлагается выделить как потенциальные объекты геологического наследия космогенного типа. После соответствующего доизучения придать им ранг памятников регионального значения и включить их в список достопримечательностей Кемеровской области. Таким образом, выявление новых объектов геологического наследия и включение их в список геологических памятников природы могут способствовать развитию нового направления в туристической Кемеровской области, такого как геотуризм.

Список литературы

1. Рубан Д.А. Геологические памятники: краткий обзор классификационных признаков // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. – 2005. – № 4. – С. 67-69.
2. Дьяконова М.И., Харитонова В.Я, Явнель А.А. Химический состав метеоритов. – М.: «Наука», 1979. – 50 с.
3. Заварицкий А.Н., Кваша Л.Г. Метеориты СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 247 с.
4. Испытание самородного железа Петропавловской золотой россыпи // Горный журнал. – 1841. – № 10 (октябрь). – С. 143-144.
5. Соколовский Л.А. О самородном железе Петропавловской золотой россыпи // Горный журнал. – 1841. – № 6. – С. 492-497.
6. Симашко Ю.И. Каталог коллекции метеоритов. Записки Императорского Санкт-Петербургского минералогического общества. – 1891. Вторая серия. Ч. 28. – С. 213-276.
7. Кандыба Ю.Л. След падающей звезды // Краевед Кузбасса. – Новокузнецк, 1970. – С. 56-67.

8. Кринов Е.А. О находке железного метеорита Чебанкол // Метеоритика. – 1948. – В. IV. – С. 97-101.
9. Шаров Г.Н., Надлер Ю.С. Заповедные геологические памятники Кемеровской области. – Новокузнецк: ООО «Слимон», 2001. – 160 с.

References

1. Ruban D.A. Geologicheskiye pamyatniki: kratky obzor klassifikatsionnykh priznakov // Izv. VUZov. Geologiya i razvedka. – 2005. – № 4. – S. 67-69.
2. Dyakonova M.I., Kharitonova V.Ya, Yavnel A.A. Khimichesky sostav meteoritov. – M.: «Nauka», 1979. – 50 s.
3. Zavaritsky A.N., Kvasha L.G. Meteority SSSR. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1952. – 247 s.
4. Ispytaniye samorodnogo zheleza Petropavlovskoy zolotoy rossypi // Gorny zhurnal. – 1841. – № 10 (oktyabr). – S. 143-144.
5. Sokolovsky L.A. O samorodnom zheleze Petropavlovskoy zolotoy rossypi // Gorny zhurnal. – 1841. – № 6. – S. 492-497.
6. Simashko Yu.I. Katalog kollektsii meteoritov. Zapiski Imperatorskogo Sankt- Peterburgskogo mineralogicheskogo obshchestva. – 1891. Vtoraya seriya. Ch. 28. – S. 213-276.
7. Kandyba Yu.L. Sled padayushchey zvezdy // Krayeved Kuzbassa. – Novokuznetsk, 1970. – S. 56-67.
8. Krinov Ye.A. O nakhodke zheleznogo meteorita Chebankol // Meteoritika. – 1948. – V. IV. – С. 97-101.
9. Sharov G.N., Nadler Yu.S. Zapovednye geologicheskiye pamyatniki Kemerovskoy oblasti. – Novokuznetsk: ООО «Слимон», 2001. – 160 с.

GEOLOGICAL NATURAL MONUMENTS OF COSMOGENIC TYPE

IN MOUNTAIN SHORIA (KEMEROVO REGION)

Ja.M. Gutak¹, Yk.E. Kouchakova²

¹Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, E-mail: gutakjaroslav@yandex.ru

²Novokuznetsk Institute (branch) of Kemerovo State University, Novokuznetsk, E-mail: ketkeit@yandex.ru

The article deals with the objects of the geological heritage of the cosmogenic type, found in the South of the Kemerovo region (Mountain Shoria), provides information about their conditions and studies. Mountain Shoria, has long been a place of recreation for inhabitants of the Kemerovo region and surrounding areas, has a significant number of geological monuments of different genetic types. Identification of new geological monuments of nature can significantly enhance the recreational potential of Mountain Shoria and contribute to the development of a new direction in the tourism industry of the Kemerovo region, such as geotourism.

Keywords: Mountain Shoria, geological monuments of nature, sites of geological heritage cosmogenic type, octaedra, Meteorite «Petropavlovki mine», Meteorite «Chebarkul», Mrassu river, Kondoma river.

Received September 10, 2018

Раздел 2

Section 2

ГИДРОЛОГИЯ. КЛИМАТ

HYDROLOGY. CLIMATE

УДК 556.552

ВОДНЫЙ БАЛАНС ОЗЕРА СВЕТЛОЕ (ЛЕБЕДИНОЕ)

В.П. Галахов¹⁻², М.С. Губарев¹

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

²Алтайский государственный университет, Барнаул

Озеро Светлое является памятником природы. При незначительном поверхностном питании оно имеет значительный сток в виде ручья. Озеро уникально еще и тем, что оно не зимой замерзает. Рассмотрены средние многолетние составляющие водного баланса озера Светлое. Вероятно, поступление воды в водоем обусловлено значительным подземным питанием, при этом температура воды составляет около 7 °С, очевидно поэтому озеро и не замерзает.

Ключевые слова: озеро Светлое (Лебединое), водный баланс.

Дата поступления 9.07.2018

Озеро Светлое является памятником природы. Здесь учрежден государственный природный комплекс заказник «Лебединый» с целью сохранения единственной на Алтае зимовки лебедей. Оно расположено в бассейне р. Кокша на Предалтайской равнине в районе луговых степей Северного Алтая и древней террасы реки Катунь. В административном отношении находится на территории Алтайского края в Советском районе южнее поселка Урожайный. Озеро уникальное тем, что оно не замерзает, что при небольшой площади водосбора, при отсутствии впадающих ручьев (рек) и отрицательном балансе «осадки-испарение» озеро имеет обильное питание, что выражается в мощном вытекающем ручье из него.

Для того, чтобы разобраться в питании озера и не замерзании, нами было рассчитаны все члены уравнения водного баланса. Уравнение водного баланса сточного озера имеет вид [1]:

$V_{\text{пвх}} + V_{\text{пдз}} + V_{\text{осд}} - V_{\text{стк}} - V_{\text{пдз стк}} - V_{\text{исп.}} \pm V = 0$,
где $V_{\text{пвх}}$ – поверхностный приток, $V_{\text{пдз}}$ – подземный приток, $V_{\text{осд}}$ – осадки на по-

верхность водоема, $V_{\text{стк}}$ – поверхностный сток из озера, $V_{\text{пдз стк}}$ – подземный сток из озера, $V_{\text{исп.}}$ – испарение с водной поверхности озера, $\pm V$ – изменение объема водоема.

Все члены уравнения водного баланса рассчитываются в объемах (м³). В случае если составляющие водного баланса рассчитываются в слое воды, в уравнение вводится зависимость, изменения площади озера от уровня стояния его зеркала, и все составляющие определяются применительно к площади водоема. Несмотря на кажущуюся простоту уравнения водного баланса, расчет его отдельных составляющих весьма сложен и может быть подвержен значительным ошибкам [2]. Все зависит от конкретно решаемой задачи. В нашем случае рассматриваются современные составляющие среднего, многолетнего водного баланса.

Рассмотрим расчет отдельных составляющих уравнения водного баланса и ошибки, появляющиеся в результате расчетов.

Поверхностный приток и сток из озера

Прямых наблюдений за поверхностным как притоком, так и оттоком из озера не проводилось. Для оценки среднего многолетнего слоя стока были использованы бассейны-аналоги с площадью водосборов менее 1000 км², по которым имеются материалы прямых наблюдений (табл. 1). При этом большие площади водосборов не рассматривались, поскольку их речные русла врезаются в рельеф существенно глубже и дренируют более значительное количество подземных вод.

Поскольку период наблюдений по двум последним водосборам невелик, то средний многолетний сток находился с учетом поправки на водность 1958 г. по реке Солтонке ($Q_{1958}/Q_{\text{ср.многол.}} = 1,06$). Полученные материалы (см. табл. 1) позволили установить достаточно достоверную зависимость поверхностного стока от абсолютной высоты водосбора (рис. 1), которая использовалась для

оценки поверхностного притока в озеро (площадь его склонов).

Подземный приток и отток

Подземный приток и отток являются наиболее трудно оцениваемыми составляющими водного баланса. Как правило, подземный приток (в горах это грунтовые воды) рассчитывается как остаточный член уравнения. Поскольку подавляющая часть водосборного бассейна озера Светлое (Лебединое) имеет значительные уклоны, считали, что грунтовые воды с водосборного бассейна быстро выклиниваются в речную сеть и стекают с поверхностным стоком, т.е. эта величина принята равной нулю.

Подземный отток, к сожалению, были вынуждены принять также равным нулю, поскольку никаких экспериментальных материалов по его оценке нет. Необходимо отметить, что скорость грунтовых вод напрямую зависит от уклона русла, а уклоны на выходе из озера весьма малы по сравнению со склонами водосбора.

Таблица 1

Характеристика бассейнов аналогов (средний многолетний сток) [3-4]

Река, пост	Период наблюдений	Площадь водосбора, км ²	Средняя высота водосбора, м	Слой стока, мм
Солтонка, Солтон	1946-1980	126	330	220
Чапша, Красногорское	1963-1980	856	390	336
Сухая Чемровка, Воеводское	1957-1958	103	310	219
Озерая, Н.Озерное	1957-1958	163	232	49

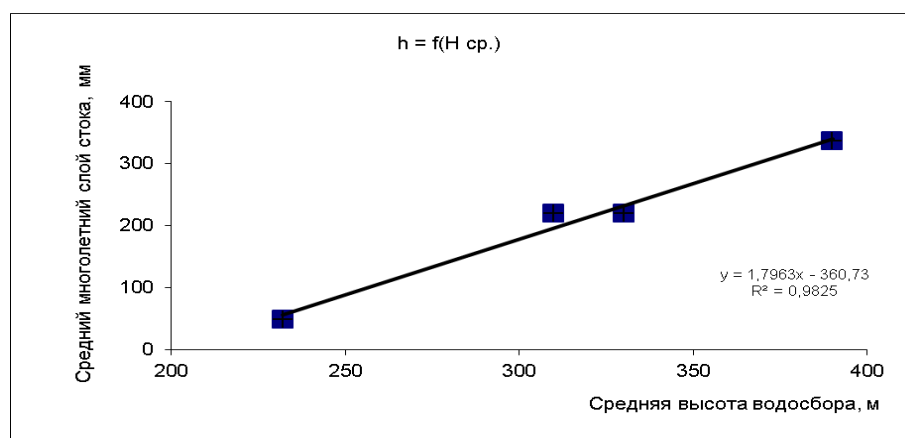


Рис. 1. Зависимость среднего многолетнего слоя стока от абсолютной высоты водосбора (для водосборов с площадью менее 1000 км²)

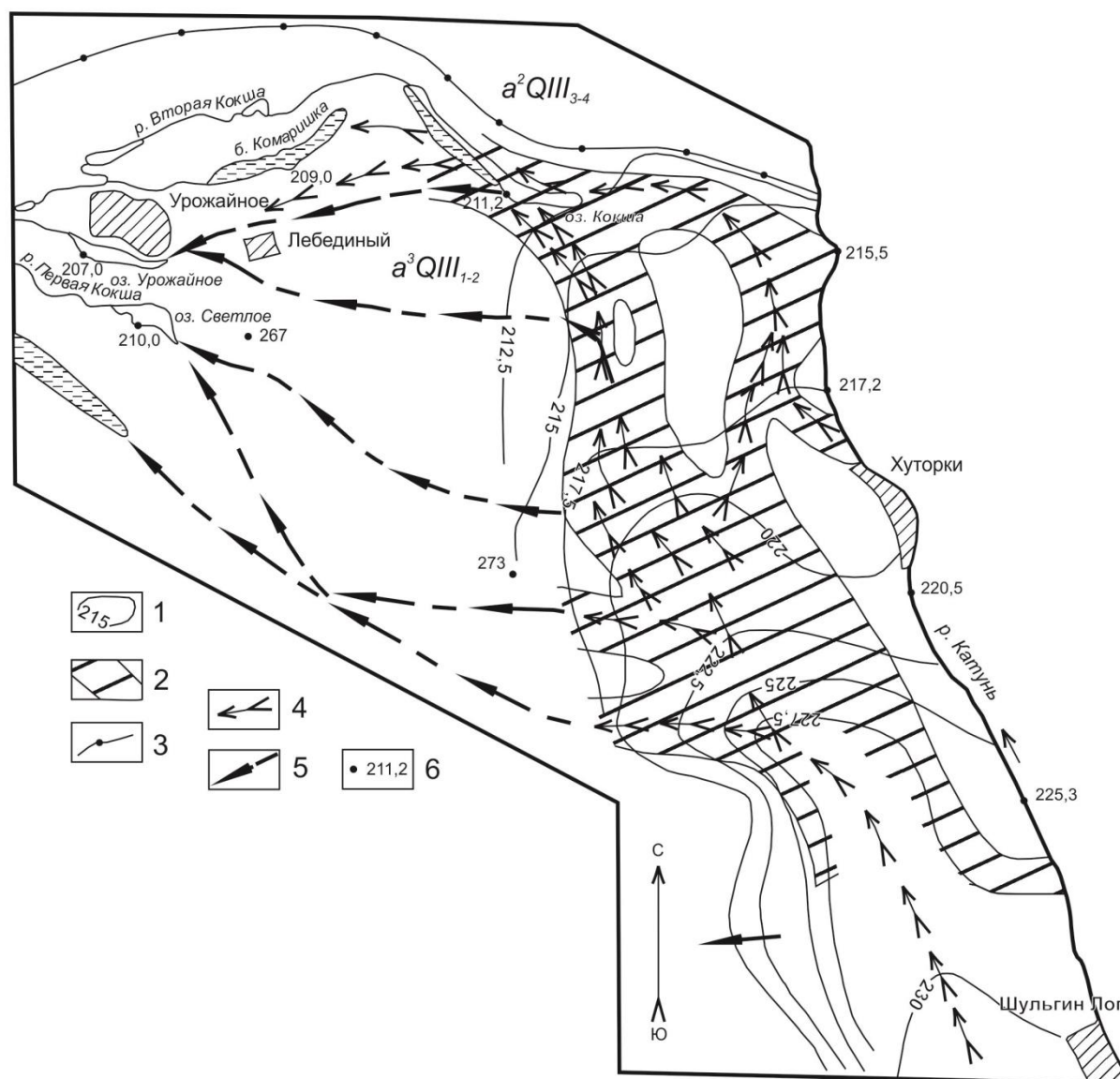


Рис. 2. Схема питания реки Кокши водами реки Катунь [5]:

- 1 – гидроизогипсы (по данным сейсморазведки и бурения 1976 г. на участке Шульгинском),
 2 – зоны интенсивного движения подземных вод по данным ЕП (только на участке, где имелаась съемка ЕП 1976 г.), 3 – геологические границы, 4 – направления движения подземных вод,
 5 – разломы, 6 – отметки урезов воды, м.

Вышеприведенное обоснование касается условий формирования подземного стока с площади водосбора бассейна озера Светлое. Однако как указано в сообщении В.М. Рычкова, С.И. Рычковой и В.Т. Логинова [5] подавляющая часть стока как в озеро, так и из озера в теплый период формируется за счет подземного потока из реки Катунь (рис. 2). Авторы отмечают: «1). Приток из Катунь распадается на ряд «струй», обусловленных неоднородностями строения водоносных горизонтов. Хорошо

«промытые» галечники, с коэффициентами фильтрации до 20-50 м/сут., чередуются с островками и грядами заиленных с суглинками и песками. Соответственно, поток идет по первым, обходя вторые. В геофизических полях плохо проницаемые отложения отражаются пониженными сопротивлениями и отсутствием отрицательных аномалий естественного поля. Еще большая неоднородность фильтрационных свойств в палеозойских образованиях. Верхняя часть их разреза находится в зоне вы-

ветривания, что обуславливает площадную фильтрацию, но с небольшими коэффициентами (до 1 м/сут.). Более проницаемы зоны разломов, где коэффициенты фильтрации на порядок или два выше; 2). Можно оценить абсолютные скорости движения подземного потока. Они будут (при уклонах 1,2-1,3 м/км) несколько выше коэффициентов фильтрации – до 60-70 м/сут. Это на три порядка меньше скорости движения воды в р. Катунь, составляющей 2-3 м/сек.; 3) На питание Кокши расходуется, как было показано выше, до половины км³ воды в год. Расход Катунь 500-600 м³/с, или 15,7-18,9 км³ в год. Следовательно, на питание р. Кокши идет 2,5-3,2 % расхода Катунь.

Осадки на поверхность водоема

В наших расчетах осадки принимались равными средним многолетним величинам по ближайшей метеостанции: совхоз «Урожайный» (табл. 2).

Высотные отметки на территории бассейна озера изменяются незначительно: уровень зеркала озера – 209,9 м; максимальная отметка (сopка Талицкая) – 267,0 м. Таким образом, можно принять, что осадки в бассейне озера соответствуют осадкам по метеопосту совхоз «Урожайный».

Поскольку озеро имеет небольшую площадь (0,255 км²), редуционный коэффициент на уменьшение осадков над водной поверхностью (как это рекомендуется в [2]) не вводился. Твердые осадки на поверхность озера (ноябрь-март) и осадки апреля, формирующие половодье, учитывались при расчетах поверхностного стока. Поэтому осадки на вод-

ную поверхность рассчитывали лишь за теплый период: с мая по октябрь.

Испарение с водной поверхности

Выше были рассмотрены, в основном, величины приходных составляющих в озеро. Расходными составляющими для него являются испарение с водной поверхности и сброс вод в виде поверхностного стока.

Можно найти множество различных расчетных формул для расчета испарения с водной поверхности, например [8]. Однако во всех формулах кроме температуры воздуха используется, как минимум, скорость ветра и давление водяного пара (что не наблюдалось на метеопосту совхоз «Урожайный»). Поэтому для расчетов более пригодны графики расчета испарения с поверхности воды, снега и льда в зависимости от температуры воздуха, разработанные А. Майром [9]. Графики были аппроксимированы соответствующими уравнениями [10].

Для ноября, декабря, января, августа, сентября, октября:

$$E=29,65+2,667 * T_{\text{ср.мес.}} + 0,063 * T_{\text{ср.мес.}}^2 \quad (1)$$

Для февраля, марта, апреля:

$$E=41,409+4,222 * T_{\text{ср.мес.}} + 0,064 * T_{\text{ср.мес.}}^2 \quad (2)$$

Для апреля, мая, июня, июля:

$$E=28,34+1,618 * T_{\text{ср.мес.}} + 0,109 * T_{\text{ср.мес.}}^2 \quad (3)$$

Также как и для расчета объемов воды, поступающих в озеро от выпадения жидких осадков, испарение с водной поверхности рассматривали лишь для теплого периода (с мая по октябрь), холодный и во время половодья (ноябрь-апрель) испарение учитывалось косвенно при расчете стока.

Таблица 2

Средние многолетние месячные осадки и температуры по метеопостам Сростки и совхоз «Урожайный» [6-7]

Месяц												Год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Сростки, осадки, мм												
34	27	34	51	60	76	73	74	57	71	68	55	680
Совхоз «Урожайный», осадки, мм												
32	26	32	52	63	71	77	73	56	71	58	51	661
Совхоз «Урожайный», температура воздуха, град.С												
-18,5	-17,1	-10,0	0,9	10,6	16,6	18,4	16,7	10,8	2,9	-8,6	-15,1	0,6

Обсуждение полученных результатов

Прежде чем переходить к обсуждению результатов, рассмотрим ход поверхностного стока во времени. В качестве бассейна-аналога использовали бассейн реки Солтонки в створе Солтон (рис. 3). Как видно из гидрографа, основной сток (весеннее половодье) наблюдается в период третьей декады апреля – второй декады мая. В нашем случае примем, что период половодья был в апреле.

Вычисляли средний сток апреля, поскольку он должен составлять 90 % годового стока. Поверхностный сток составил 570 тыс. м³, разница осадки (52 мм) – испарение (30 мм) с акватории озера был 7930 тыс.м³. Тогда средний расход в апреле должен составить 3,17 м³/сек.

Непосредственные измерения расхода на выходе из озера в основном потоке в конце апреля 2017 г. показали, что он равен 2,32 м³/сек. По экспертной оценке дополнительно через плотину фильтруется не менее 10 % основного потока. Таким образом, выполненные расчеты стока в апреле и непосредственные измерения показали вполне сопоставимые результаты (одинаковый порядок расходов), что свидетельствует о достоверности наших вычислений.

Рассмотрим часть составляющих водного баланса озера Светлое в теплый период (табл. 3). Как видно из расчетов, сумма осадков за теплый период значительно меньше испарения. В данной схеме расчета не учитывалась транспирация высшей водной растительностью, поскольку она отсутствует из-за того, что озеро достаточно холодное (около 7 °C).

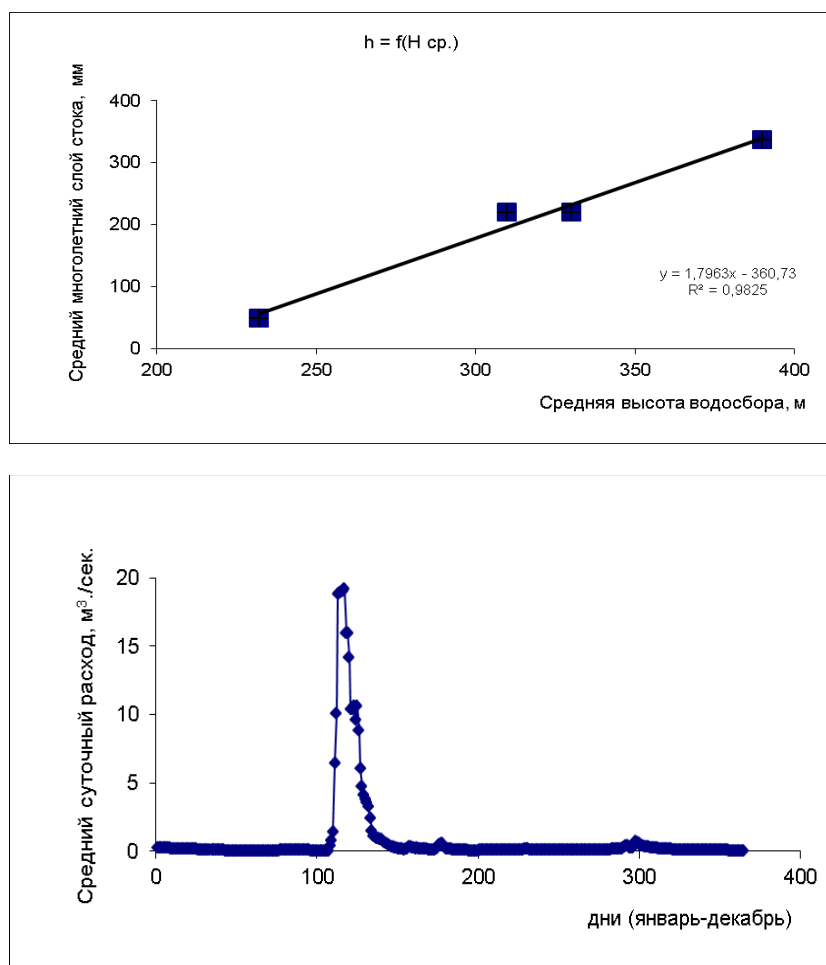


Рис. 3. Хронологический ход расходов во времени реки Солтонки в створе Солтон (площадь водосбора 126 км²), 1964

Таблица 3
Осадки и испарение озера Светлое за
средний многолетний период, мм

Период	V _{осадков}	V _{испар.}	±V
Май	63	58	+5
Июнь	71	85	-14
Июль	77	95	-18
Август	73	92	-19
Сентябрь	56	66	-10
Октябрь	71	38	+33
Балансовый год	411	434	-23

Попытаемся оценить влияние температуры воды на испарение. Как указано в гидрофизике [11, с. 24]: «Удельная теплоемкость воды (количество теплоты, необходимое на нагревание 1 кг дистиллированной воды на 1°C) слабо зависит от температуры, поэтому в практических расчетах ее значение может быть принято постоянным, равным 4,2 кДж/(кг град. С)». Вода в аналогичных озерах (для которых собственно и разработаны формулы для расчета испарения) имеет поверхностную температуру примерно на 10° С выше, чем в озере Светлом. Таким образом, затраты на нагревание составят примерно 42 кДж/кг. В тоже время удельную теплоту испарения воды можно найти по выражению [11, с. 25]:

$$L_n = (25 - 0,024t_n) 10^5, \quad (4)$$

где $25 \cdot 10^5$ Дж/кг – удельная теплота испарения при температуре поверхности воды, равной 0 °С; t_n – температура поверхности испаряющейся воды.

В нашем случае t_n равно 7 °С, а L_n , примерно, $24,9 \cdot 10^2$ кДж/кг. Величина, как видно, несопоставимо больше 42 кДж/кг, поэтому ошибка в испарении будет незначительной. Таким образом, суммарный баланс в летний период составляющей «осадки-испарение» для озера составит -23 мм, а $\pm V$ будет равно -5865 тыс. м³.

Поверхностный сток взят равным нулю, т.к. подавляющая часть талых и

дождевых вод с водосбора стекает в период половодья, т.е. в апреле. Разница осадки-испарение должна компенсироваться подземным притоком, чтобы зеркало озера держалось примерно на одном уровне, или 5865 тыс. м³/15,81 млн. сек. = 0,371 м³/сек.

Таким образом, приток из подземных источников в озеро на основе экспертной оценки должен составлять значительную величину: не менее 400 л/сек. При этом температура воды составляет около 7 °С. Очевидно, поэтому озеро и не замерзает.

Однако вышеприведенные расчеты проведены для случая, когда поверхностный отток из озера должен быть равен нулю. Экспериментальные наблюдения в апреле, июле и ноябре показали, что поверхностный сток из озера составляет немногим более 2 м³/сек. Скорее всего, поступление воды в озеро обусловлено значительным подземным питанием.

Заключение

Материалы наблюдений за уровнем озера Светлое в 2017 г. показали, что значительных колебаний его зеркала не происходит. За теплый период амплитуда составила около 9 см. Учитывая изменение поверхностного стока в бассейнах-аналогах (например, Солтонка-Солтон), необходимо отметить, что как в холодный период, так и в теплый подземное питание озера составляет подавляющую часть. Очевидно, в данном случае его величину невозможно обосновать фильтрацией талых и дождевых вод с водосборного бассейна в почвогрунты. Работает какой-то внешний источник питания, например (как обосновано гидрогеологией), фильтрация по древнему руслу из Катуня, поскольку долина реки Кокша выработана не ею, а более значительным водотоком.

Список литературы

1. Викулина З.А. Водный баланс озер и водохранилищ Советского Союза. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 176 с.
2. Грани гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 448 с.

3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1963-1970 гг. и весь период наблюдений). Т. 15. Вып. 1. Верхняя и средняя Обь. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 544 с.
4. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 1. Вып. 10. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 492 с.
5. Рычков В.М., Рычкова С.И. Феномен реки Кокши на Алтае // Природные ресурсы Горного Алтая // Геология, геофизика, гидрогеология, геоэкология, минеральные и водные ресурсы. – 2004. – № 2. – <http://altay-geojournals.ru/wp-content/uploads/2015/02/2-20.pdf>.
6. Справочник по климату СССР. Вып. 20. Ч. II. Температура воздуха и почвы. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 378 с.
7. Справочник по климату СССР. Вып. 20. Ч. IV. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 370 с.
8. Братсерт У.Х. Испарение в атмосферу. Теория, история, приложения. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 352 с.
9. Апполов Б.А. Учение о реках. – М.: МГУ, 1963. – 424 с.
10. Галахов В.П. Водный баланс озера Манжерок // Мир науки, культуры, образования. – 2008. – № 1 (8). – С. 26-29.
11. Винников С.Д., Проскуряков Б.В. Гидрофизика. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 248 с.

References

1. Vikulina Z.A. Vodny balans ozer i vodokhranilishch Sovetskogo Soyuz. – L.: Gidrometeoizdat, 1979. – 176 s.
2. Grani gidrologii. – L.: Gidrometeoizdat, 1980. – 448 s.
3. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Osnovnye gidrologicheskiye kharakteristiki (za 1963-1970 gg. i ves period nablyudeny). T. 15. Vyp. 1. Verkhnyaya i srednyaya Ob. – L.: Gidrometeoizdat, 1975. – 544 s.
4. Gosudarstvenny vodny kadastr. Mnogoletniye dannye o rezhime i resursakh poverkhnostnykh vod sushi. T. 1. Vyp. 10. – L.: Gidrometeoizdat, 1984. – 492 s.
5. Rychkov V.M., Rychkova S.I. Fenomen reki Kokshi na Altaye // Prirodnye resursy Gornogo Altaya // Geologiya, geofizika, gidrogeologiya, geoekologiya, mineralnye i vodnye resursy. – 2004. – №2. – <http://altay-geojournals.ru/wp-content/uploads/2015/02/2-20.pdf>.
6. Spravochnik po klimatu SSSR. Vyp. 20. Ch. II. Temperatura ... – L., 1965. – 378 s.
7. Spravochnik po klimatu SSSR. Vyp. 20. Ch. IV. Vlazhnost vozdukha, atmosferye osadki, snezhny pokrov. – L.: Gidrometeoizdat, 1969. – 370 s.
8. Bratsert U.Kh. Ispareniye v atmosferu. Teoriya, istoriya, prilozheniya. – L., 1985. – 352 s.
9. Appolov B.A. Ucheniye o rekakh. – M.: MGU, 1963. – 424 s.
10. Galakhov V.P. Vodny balans ozera Manzherok // Mir nauki, kultury, obrazovaniya. – 2008. – № 1 (8). – S. 26-29.
11. Vinnikov S.D., Proskuryakov B.V. Gidrofizika. – L.: Gidrometeoizdat, 1988. – 248 s.

WATER BALANCE OF LAKE SVETLOE (LEBEDINOE)

V.P. Galakhov^{1,2}, M.S. Gubarev¹

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

²Altai State University, Barnaul

Lake Svetloe is a natural monument. Having a scarce surface water supply, it has a significant flow in the form of a stream. The lake is unique since it does not freeze in winter. The average long-term components of the water balance of Lake Svetloe are considered. Probably the flow of water into the lake occurs due to the significant groundwater inflow at water temperature around 7 °C. Obviously, this is the reason of why the lake does not freeze.

Key words: Lake Svetloe (Lebedinoe), water balance.

Received July 9, 2018

УДК [550.46+556.51]: 004.94

ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К ФАКТОРАМ СРЕДЫ И КАЧЕСТВА МОДЕЛИ ИОННОГО СТОКА ДЛЯ РЕК АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ГОРНОЙ СТРАНЫ

Ю.Б. Кирста

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

Предложен простой метод оценки чувствительности моделируемых природных процессов к вариациям факторов среды. Чувствительность выражена как индивидуальный вклад факторов в дисперсию наблюдаемой интенсивности процесса. На примере модели ионного стока рек Алтае-Саянской горной страны осуществлен полный компонентный анализ дисперсии разностей (невязки) между рассчитанными и наблюдаемыми значениями стока. Определены критерии качества модели RSR и Нэша-Сатклиффа $NSE=1-RSR^2$.

Ключевые слова: математические модели, чувствительность, качество, дисперсия невязки, гидрохимический сток, Алтай, Саяны.

Дата поступления 3.09.2018

При математическом моделировании сложноорганизованных природных систем (гидрологических, гидрохимических, экологических и др.) большое значение придается оценке чувствительности к вариациям входных факторов и качества разрабатываемых моделей. Обзоры различных методов оценки чувствительности можно найти, например, в недавних публикациях [1-3]. Погрешность моделей тесно связана с чувствительностью [4-5] и весьма важна для прикладного использования результатов расчетов.

В предлагаемой работе оценены чувствительность и погрешность модели стока растворенных веществ (ионного стока), разработанной для рек Алтае-Саянской горной страны [6]. Для этого использованы методы количественной оценки чувствительности моделей к естественным вариациям факторов среды [7] и полного компонентного анализа дисперсии погрешности расчетов. Они успешно дополнили системно-аналитическое моделирование (САМ) [8-9], с помощью которого была создана тестируемая модель.

Объект и методы исследований

В ходе САМ стока ионов (сумма Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) использован значительный объем экспериментальных данных: несколько тысяч наблюдений за стоком по 34 речным бассейнам Алтае-Саянской горной страны за 1951-2003 гг., значения месячных осадков и среднемесячных температур воздуха по территории за этот же период, ландшафтная структура бассейнов, площади и высота расположения ландшафтов (13 групп геосистем), площади пашни и другие картографические характеристики [6]. Большое число проанализированных водосборных бассейнов с площадями от 177 до 21000 км² позволяет отнести тестируемую модель к универсальному типу.

Ранее для территории Алтае-Саянской горной страны был осуществлен пространственно-временной анализ ее метеорологических полей [10]. Внутригодовая и многолетняя динамика месячных осадков и среднемесячных температур воздуха оказалась единообразной по всей стране при нормировке осадков на их среднемноголетнее значение за

июль «in situ», а температур – на их среднемноголетнее значение за январь (для X-IV месяцев) и июль (для V-IX) «in situ». Такие пространственно обобщенные нормированные характеристики уже не зависели от координат или высоты расположения характеризующих участков, были одинаковы для всех анализируемых речных бассейнов и применялись во всех дальнейших расчетах. В совокупности в модели использовались 636 значений обобщенных по территории Алтае-Саянской горной страны нормированных месячных осадков и 636 среднемесячных температур воздуха за период 1951-2003 гг.

С учетом внутригодовых особенностей речного стока на рассматриваемой территории были выделены четыре гидрологических периода/сезона: первый (зимняя межень, XII-III месяцы), второй (весенне-летнее половодье, IV-VI), третий (летняя межень, VII-VIII), четвертый (осенняя межень с возможными паводками при сильных дождях, IX-XI). Наблюдения за гидрохимическим стоком были нерегулярны, и поэтому их данных усреднялись по соответствующему сезону отдельных лет для каждого речного бассейна. В среднем по 34 бассейнам массовые концентрации ионов (минерализация речных вод) составили для выделенных сезонов, соответственно, 293, 163, 239, 241 мг/л.

В связи с тем, что в модели использовались нормированные осадки и температуры воздуха, значения концентраций ионов также нормировались на их средние по речным бассейнам сезонные значения. В целом, база данных по гидрохимическому стоку включила 1414 среднесезонных концентраций ионов в разные годы по 34 речным бассейнам, т.е. по $1414/4=354$ величины для каждого сезона.

В ходе САМ проверялись различные физико-химически обоснованные варианты описания зависимостей между выходной переменной (гидрохимическим стоком) и факторами среды. Для

облегчения поиска формы зависимостей процессов от факторов применялась кусочно-линейная функция H , состоящая из трех линейных фрагментов:

$$H(X1, X2, Y1, Y2, Z1, Z2, X) = \begin{cases} Y1 + Z1 \cdot (X - X1), & \text{если } X < X1 \\ \frac{Y2 - Y1}{X2 - X1} (X - X1) + Y1, & \text{если } X1 \leq X < X2, (1) \\ Y2 + Z2 \cdot (X - X2), & \text{если } X \geq X2 \end{cases}$$

где $X1, X2, Y1, Y2, Z1, Z2$ – параметры, определяемые в ходе САМ путем решения обратной математической задачи; X – какая-либо переменная модели.

Полученная модель гидрохимического стока дала наименьшую сумму квадратов разностей (невязку) между рассчитанными и наблюдаемыми значениями ионного стока [6]. В итоге сток оказался зависим от осадков и температур воздуха (влияющих на расчет водного стока [11]), ландшафтной структуры территории, поперечного уклона речных бассейнов и имеющих площадь пашни. Сток ионов рассчитывался по уравнениям:

для первого гидрологического сезона

$$\text{Сток} = \sum_k a_k Q_k^i H(c_1, c_1, 1, c_2, c_3, P) \times \\ \times H(c_4, c_4, 1, c_5, c_6, K^i) + bq^i + dS^i Q^i, (2a)$$

для второго, третьего и четвертого гидрологических сезонов

$$\text{Сток} = \sum_k a_k Q_k^i H(c_1, c_1, 1, c_2, c_3, P) \times \\ \times H(c_4, c_4, 1, c_5, c_6, K^i) + bq^i + d\sqrt{S^i} Q^i, (2б)$$

где P – обобщенные по территории Алтае-Саянской горной страны нормированные осадки [10] за IX-XI месяцы предшествующего года для 1-го сезона или за IV-VI, VII-VIII, IX-XI месяцы для 2, 3, 4-го сезонов, соответственно; a_k – параметры, отвечающие постоянной среднесезонной концентрации растворенного вещества (ионов) в расчетном водном стоке Q_k^i , формируемом k -й группой геосистем за счет осадков P , $k=1 \div 13$; b – параметр, сопоставляемый с постоянной среднесезонной концентрацией вещества в расчетном приходящем

(или уходящем) среднесезонном подземном водном стоке q^i , который формируется в бассейне i почвенно-грунтовыми водами и водами зон трещиноватых пород; K^i – средний поперечный уклон бассейна i , рассчитываемый по картографическим данным как тангенс угла наклона склонов относительно горизонтали [6]; H – кусочно-линейная функция (1); c_{1-6} – параметры, отражающие влияние на гидрохимический сток осадков P и уклона K^i ; d – параметр, характеризующий добавку к концентрации вещества от каждого процента площади S^i в расчетном водном стоке Q^i ; S^i – относительная площадь пахотных земель (в долях от площади бассейна i).

Модели пространственного обобщения и нормировки среднемесячных температур и месячных осадков [6], водного стока [11] и ионного стока (2) вместе составляют обобщенную имитационную модель климата, водного и гидрохимического стоков. Все параметры модели ионного стока (2) определены в ходе САМ через решение обратной задачи по ежегодно наблюдаемым среднесезонным стокам ионов, найденным как $Q^i C^i$. Величина Q^i характеризует среднесезонный водный сток для замыкающего створа бассейна с номером $i=1-34$ в текущем году, рассчитывается по модели водного стока и нормируется на свое среднемноголетнее наблюдаемое значение в конкретном бассейне i [11]. C^i представляет собой наблюдаемые концентрации растворенного вещества в речном стоке, нормированные на их среднее значение для 34 бассейнов в конкретном сезоне.

Оценка чувствительности модели к факторам среды

Оценка чувствительности модели ионного стока основывается на универсальном критерии, характеризующем степень адекватности расчетных методов и моделей [7, 10]:

$$A = S_{\text{разн}} / \sqrt{2} S_{\text{набл}}, \quad (3)$$

где A – критерий адекватности; $S_{\text{разн}}$ – стандартное (среднеквадратичное) отклонение для разности расчетного и наблюдаемого рядов моделируемой характеристики, $S_{\text{набл}}$ – стандартное отклонение для наблюдаемого ряда, $1/\sqrt{2}$ – множитель.

Согласно (3) критерий A представляет собой погрешность модели, нормированную на стандартное отклонение данных наблюдений. Интервал значений $A=0-0,71$ характеризует различную степень адекватности/идентичности расчетных и наблюдаемых значений переменной с их наилучшим совпадением при $A \sim 0$. Критерий A подобен показателю качества моделей RSR [12-13] и критерию Нэша-Сатклиффа NSE [13], с которыми связан зависимостями $RSR = A\sqrt{2}$, $NSE = 1 - RSR^2 = 1 - 2A^2$.

Чувствительность FS рассчитывается на основе A по следующей формуле [7]:

$$FS = (A')^2 - (A)^2 = \frac{(S'_{\text{разн}})^2 - (S_{\text{разн}})^2}{2(S_{\text{набл}})^2} = \frac{2(S_{\text{факт}})^2}{2(S_{\text{набл}})^2} = \frac{(S_{\text{факт}})^2}{(S_{\text{набл}})^2}, \quad (4)$$

где FS – чувствительность модели к естественным вариациям ее какого-либо входного фактора; A – критерий (3); A' – значение A , получаемое при подстановке перепутанных случайным образом наблюдаемых значений выбранного входного фактора (имеющих, очевидно, прежнее статистическое распределение и дисперсию); $(S_{\text{разн}})^2$ – дисперсия для разности расчетного и наблюдаемого значений выходной переменной (гидрохимического стока), рассчитываемая по уравнениям (2) с использованием в них наблюдаемых значений фактора; $(S'_{\text{разн}})^2$ – эта же дисперсия при подстановке в (2) случайно перепутанных значений фактора; $(S_{\text{факт}})^2$ – вклад естественных вариаций входного фактора в дисперсию выходной переменной (рассчитываемого стока); $(S_{\text{набл}})^2$ – дисперсия наблюдаемых

значений выходной переменной, используемая для нормировки FS .

В (4) дисперсия, обусловленная ошибками наблюдений за входным фактором, будет присутствовать и в $(S'_{разн})^2$, и в $(S_{разн})^2$. Поэтому она не будет влиять на значение FS из-за ее взаимного вычитания в числителе выражения (4) [7]. Тем самым FS оценивает чувствительность модели непосредственно к естественным/природным вариациям входного фактора, исключая ошибки его наблюдений.

Отметим, что чувствительность FS может быть выражена и через показатель RSR . Учитывая равенство $RSR = A\sqrt{2}$, имеем $FS = [(RSR')^2 - (RSR)^2]/2$. Подобно A' в (4), показатель RSR' равен RSR , полученному через использование случайно перепутанных наблюдаемых значений выбранного входного фактора вместо первоначальных правильных.

Очевидно, FS характеризует также относительную значимость факторов среды для модели. Поскольку чувствительность FS согласно (4) выражается в долях от $(S_{набл})^2$, то ее можно выражать в процентах, умножая на 100. Выполненные оценки адекватности и чувствительности модели гидрохимического стока по рядам рассчитанных и наблю-

даемых стоков ионов приведены в таблице.

Рассмотрим значения адекватности A в таблице для анализируемой модели (2). Последняя объединена с моделью пространственного обобщения температур ($A=0,39$) с осадками ($A=0,62$) [10] и моделью водного стока ($A=0,6$) [11] через использование результатов их расчетов в уравнениях (2). Согласно таблице в среднем по гидрологическим сезонам адекватность A модели (2) составляет 0,36. Вследствие обычного сложения дисперсий погрешность расчета гидрохимического стока по уравнениям (2) должна быть сопоставима с погрешностями расчета как осадков, так и водного стока. В то же время полученный критерий A даже уменьшился по сравнению с его значениями для двух последних переменных. Отсюда можно сделать вывод, что уравнения (2а) и (2б) с высокой точностью описывают соответствующие гидрохимические процессы в речных бассейнах и дают малый собственный вклад в общую погрешность расчетов ионного стока.

Из значений чувствительности модели (2) к факторам среды в таблице видно, что наибольшее влияние на ионный сток оказывают пахотные земли, распашка которых влияет на вымывание минеральных веществ из почв.

Таблица

Адекватность модели ионного стока и ее чувствительность к вариациям факторов среды

Характеристика	Гидрологические сезоны				Среднее
	1	2	3	4	
Стандартное отклонение ¹ $S_{набл}$ наблюдаемых ионных стоков, %	56	60	60	68	61
Адекватность ² A модели ионного стока	0,38	0,38	0,32	0,34	0,36
Чувствительность FS_S к площади пашни S , %	12	33	7	9	15
Чувствительность FS_K к поперечному уклону бассейнов K , %	18	5	7	2	8
Чувствительность ³ FS_Q к межгодовым вариациям водных стоков Q_k , %	8	4	7	6	6
Чувствительность FS_P к осадкам P^4 , %	2	1	6	6	3,8

¹Рассчитано как среднее стандартное отклонение для нормированных наблюдаемых ионных стоков 34 речных бассейнов и умножено на 100 %; одновременно соответствует сезонным значениям $S_{набл}$ (%).

²Выражается в долях единицы.

³Оценивается по (4) и выражается в процентах от дисперсии $(S_{набл})^2$.

⁴В первом сезоне (зимняя межень) осадки P взяты за IX-XI месяцы предшествующего года.

Чувствительность уменьшается для поперечного уклона, водных стоков Q_k с отдельных ландшафтов и осадков. Сопоставимые чувствительности для ландшафтных водных стоков и осадков означает влияние на речной ионный сток также и минеральных веществ, содержащихся в твердых и жидких атмосферных осадках [14]. Этот вывод близок к принятому в [14] положению о существенном влиянии поступающих из атмосферы веществ на гидрохимический сток р. Обь, водосборный бассейн которой захватывает часть рассматриваемой Алтае-Саянской горной страны. Отметим, что совокупная чувствительность модели к вариациям входных факторов модели составляет $(15+8+6+4)=33\%$. Оставшиеся 67% в основном определяются ландшафтной структурой речных бассейнов, учитываемой в уравнениях (2) через параметры a_k . Напомним, последние отвечают постоянной минерализации соответствующих ландшафтных водных стоков, аккумулируемых реками.

Полный компонентный анализ дисперсии невязки модели

Чувствительность модели ионного стока (2) к вариациям факторов среды (табл.) позволяет найти все основные компоненты дисперсии невязки $(S_{разн})^2$ расчетов по ней. Дисперсию со всеми ее компонентами мы будем далее нормировать на $(S_{набл})^2$ стока ионов по аналогии с (3).

Модели (а) пространственного обобщения и нормировки среднемесячных температур и месячных осадков, (б) водного и (в) ионного стоков объединены согласно уравнениям (2) в один комплекс. Выходная переменная осадков P у модели «а» с водными стоками Q_k и Q у «б» являются входными факторами для «в». Вклады факторов в дисперсию невязки математических моделей складываются [7, 9]. С учетом этого сложения, нормировки факторов, чувствительности FS и адекватности A по (3),

нормированная дисперсия невязки $(S_{разн})^2 / (S_{набл})^2 = 2A^2$ для расчетов ионного стока составит:

$$(S_{разн})^2 / (S_{набл})^2 \approx FS_P \times 2A_{a''}^2 + FS_Q \times 2A_{б''}^2 + 2A_{в''}^2 \approx 2A^2, \quad (5a)$$

где индексы «а», «б», «в» относятся к соответствующим моделям. В (5a) также учтено, что погрешность данных наблюдений за водными стоками Q и осадками P достаточно мала [7] и ее влиянием на значения $A_{б''}$ и $A_{а''}$ можно пренебречь.

$A_{в''}$ в (5a) отличается от A (табл.) тем, что характеризует адекватность расчетов ионного стока при использовании уже данных наблюдений за водными стоками и осадками вместо рассчитанных по моделям $A_{а''}$ и $A_{б''}$. Этот отвечает случаю, когда характеризуется конкретный речной бассейн с изученными режимами водного стока и осадков. Используя средние значения $A_{а''}=0,62$ [10], $A_{б''}=0,6$ [11] вместе с $A=0,36$, $FS_P=0,038$, $FS_Q=0,06$ (табл.), из (5a) легко находим $A_{в''}$:

$$0,038 \times 2(0,62)^2 + 0,06 \times 2(0,6)^2 + 2A_{в''}^2 = 2(0,36)^2 \text{ или } A_{в''} = 0,31. \quad (5б)$$

Рассмотрим модель ионного стока (2) с адекватностью $A_{в''}$ подробнее. Для нее входными факторами, помимо P , Q_k , Q , являются поперечный уклон K речных бассейнов и площадь пашни S . Два последних фактора вместе с погрешностью данных о концентрациях ионов и погрешностью самих уравнений (2) должны влиять на значение $A_{в''}$. Для вкладов перечисленных характеристик в нормированную дисперсию невязки $2A_{в''}^2$, можно записать:

$$D_K + D_S + D_M + D_C \approx 2A_{в''}^2 \times 100 = 19\%, \quad (6)$$

где вклад D_K обусловлен вариациями поперечного уклона K речных бассейнов, D_S – вариациями площадей пашни S , D_M – погрешностью самих уравнений (2), D_C – влияющей на невязку погрешностью данных о концентрациях ионов в речном стоке.

Расчет D_C . Измерения массовой концентрации ионов выполнялись государственным Управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды по методике РД 52.24.514-2002. Погрешность E этих измерений при доверительной вероятности 0,95 составила $E=30\div34\%$ или 32% в среднем. Поскольку на каждый сезон в большинстве случаев приходилось по одному измерению концентраций, то указанную погрешность E можно отнести и к средне-сезонным концентрациям, используемым в качестве данных наблюдений при расчете невязки. В соответствии со стандартно принимаемой при измерениях доверительной вероятностью 0,95, в интервале от $-E$ до $+E$ в 95 % случаев находится «истинная» концентрация. При нормальном распределении вероятностей в интервал $\pm 2 \times$ «стандартное отклонение» также попадает 95 % значений многократно измеряемой характеристики, т.е. оба интервала совпадают. Поэтому для погрешности концентраций веществ можно принять стандартное отклонение $E/2$ и дисперсию $(E/2)^2$. Отсюда находим D_C , как и раньше нормируя $(E/2)^2$ на дисперсию $(S_{набл})^2$ наблюдаемого ионного стока (см. среднее $S_{набл}$ в табл.):

$$D_C \approx (E/2)^2 / (S_{набл})^2 \times 100 = \\ = (32/2)^2 / (61)^2 \times 100 \approx 6,9\%.$$

Расчет D_K . При обсуждении выше уравнения (4) для чувствительности FS показано, что FS отражает влияние только естественных вариаций входного фактора и исключает случайные ошибки его наблюдений. Аналогичным образом в FS будут исключаться и вероятностные ошибки расчетных значений входного фактора. Например, в FS_K , FS_S (табл.) будут исключаться ошибки как картографических данных, так и самого расчета по ним поперечного уклона K и площади пашни S . Вклад D от таких ошибок в дисперсию невязки (6), очевидно, будет во столько раз меньше/больше значений FS настолько будет

меньше/больше отношение дисперсии этих ошибок $(S_{ошиб})^2$ к дисперсии естественных вариаций фактора $(S_{вар})^2$ [7]:

$$D = (S_{ошиб})^2 / (S_{вар})^2 \times FS. \quad (7)$$

В уравнении (6) для определения вклада D_K необходимо знать $S_{ошиб}$ и $S_{вар}$ значений поперечного уклона K . Воспользуемся градацией крутизны склонов в горных регионах по Н.Л. Берущавили [15], разработанной на большом эмпирическом материале. В каждом интервале этой градации, 0-4, 4-10, 10-20, 20-30, 30-45, $>45^\circ$, находящиеся в его пределах уклоны поверхности не различаются между собой и относятся к одной категории. Иначе говоря, выделенные интервалы отражают объективную погрешность подобных оценок, возникающую из-за наличия на характеризующей территории других уклонов, заметно отличающихся от K . Например, это «пилообразный» профиль горного рельефа, аппроксимируемый в рассматриваемой модели (2) прямой с существенно меньшим уклоном K . Средний для рассматриваемых 34 речных бассейнов поперечный уклон K составил 14 промилле, т.е. около 1° . Взяв соответствующий этому значению интервал крутизны 0-4°, находим отвечающую ему погрешность оценок $\pm E \approx \pm 4^\circ/2 = \pm 2^\circ$ и выражаем ее в процентах от среднего значения крутизны в данном интервале: $E \approx 2^\circ / ((4^\circ + 0^\circ)/2) \times 100 = 100\%$. Сопоставляя E и $S_{ошиб}$ как и в случае D_C , получаем:

$$S_{ошиб} = E/2 \approx 50\% \text{ и } (S_{ошиб})^2 \approx 2500.$$

Для расчета дисперсии $(S_{вар})^2$ у естественных вариаций поперечного уклона K нам понадобится дисперсия $D_{разб}$ у случайного разброса значений какого-либо фактора X от a до b . Формула для дисперсии случайной величины, равномерно распределенной на интервале $a \div b$, имеет вид:

$$D_{разб} = \int_a^b (X - \bar{X})^2 \frac{1}{b-a} dX = \frac{(b-a)^2}{12},$$

где a , b – границы вариаций случайной величины; $1/(b-a)$ – плотность равно-

мерного распределения X на $a \div b$; $\bar{X} = (a+b)/2$ – среднее значение величины. Поскольку нами используются относительные (нормированные) значения, то a, b надо нормировать на среднее значение $(a+b)/2$. В результате получаем:

$$D_{разб} = \frac{(b-a)^2}{12} / \left(\frac{a+b}{2} \right)^2 = \frac{1}{3} \left(\frac{b-a}{a+b} \right)^2.$$

Минимальное значение уклонов K , рассчитанных для 34 речных бассейнов, близко к 0, т.е. можно положить $a \approx 0$. Используя $a \approx 0$ в выражении для $D_{разб}$, находим $(S_{вар})^2$:

$$\begin{aligned} (S_{вар})^2 &\approx D_{разб} \times 100 \times 100 = \\ &= \frac{1}{3} \left(\frac{b-0}{0+b} \right)^2 \times 10^4 \approx 3300. \end{aligned}$$

Наконец, по уравнению (7) находим вклад D_K , используя полученные значения $(S_{ошиб})^2 = 2500$, $(S_{вар})^2 = 3300$ и $FS_K = 8\%$ для поперечного уклона K (табл.):

$$D_K \approx 2500/3300 \times 8\% = 6,1\%.$$

Расчет D_S . Согласно Д.В. Черных [16], погрешность E определения площадей для отдельных групп геосистем (ландшафтов) и пашни близка к 10 %. Тогда дисперсия ошибок площадей, подобно случаю измерений концентраций веществ, составит $(S_{ошиб})^2 = (E/2)^2 = (10/2)^2 = 25$. Дисперсия же вариаций площадей, по аналогии с вариациями уклонов K речных бассейнов, будет равна $(S_{вар})^2 = 3300$. Средняя чувствительность FS_S к вариациям площади пашни составляет 15 % (табл.). Учитывая уравнение (7) и приведенные оценки дисперсий, получаем значение D_S :

$$\begin{aligned} D_S &\approx (S_{ошиб})^2 / (S_{вар})^2 \times FS_S = \\ &= 25/3300 \times 15\% \approx 0,1\%. \end{aligned}$$

Расчет D_M . Теперь мы можем найти вклад D_M , подставляя в уравнение (6) найденные вклады D_K, D_S, D_C входных факторов модели (2):

$$\begin{aligned} D_M &\approx 19\% - D_K - D_S - D_C = 19 - 6,1 - \\ &- 0,1 - 6,9 \approx 6\%. \end{aligned}$$

Полученная величина $D_M = 6\%$ характеризует вклад в дисперсию невязки расчетов от погрешности непосредственно самих уравнений ионного стока (2) [6] и выражена в процентах от дисперсии $(S_{набл})^2$ наблюдаемых значений этого стока (табл.). D_M гораздо меньше аналогичного показателя у модели водного стока [7], что говорит о высокой адекватности непосредственно модели ионного стока (2).

Выводы

В работе использован простой метод для оценки чувствительности математических моделей к естественным вариациям факторов среды. Он позволил охарактеризовать чувствительность тестируемой модели ионного стока в Алтае-Саянской горной стране и осуществить полный компонентный анализ дисперсии ее невязки. Такой анализ дает более объективную и полную характеристику качества модели по сравнению с традиционными критериями, например, $RSR = S_{разн}/S_{набл}$ (отношение невязки $S_{разн}$ к стандартному отклонению данных наблюдений $S_{набл}$, сравни уравнение (3)) или критерием Нэша-Сатклиффа $NSE = 1 - RSR^2$ [13]. Это обусловлено тем, что в RSR и NSE невозможно отделить собственно погрешность модели от погрешностей наблюдений или расчетов ее входных факторов и наблюдений ее выходной переменной.

По найденному вкладу D_M в дисперсию невязки модели ионного стока легко рассчитать более корректные значения RSR_M и $NSE_M = 1 - (RSR_M)^2$, характеризующие погрешность непосредственно самой модели. В соответствии с (3) и (6), RSR_M связан с D_M соотношением $RSR_M = \sqrt{D_M}$. В нашем случае $D_M = 6\%$.

Отсюда получаем $RSR_M = \sqrt{0,06} \approx 0,24$ и $NSE_M = 1 - (RSR_M)^2 = 1 - 0,06 = 0,94$. Согласно общепринятому рейтингу гидрологических моделей [13], их очень хорошему качеству соответствуют значе-

ния $0,0 < RSR \leq 0,50$ и $0,75 < NSE \leq 1,0$. Таким образом, разработанная универсальная модель ионного стока имеет очень хорошее качество, что является редким случаем для универсальных моделей в целом. Достижение этого качества при расчете ионного стока возможно при использовании в уравнениях (2)

наблюдаемых значений осадков P и водных стоков Q вместо расчетных. Все это обеспечивает возможность практического применения модели для различных рек Алтае-Саянской горной страны, а при дополнительной идентификации (уточнении значений ее параметров) и для других горных территорий.

Список литературы

1. Skahill B.E. Practice driven and state-of-the-art methods to quantify hydrologic model uncertainty. ERDC/CHL CHETN-IV-87. – Vicksburg, MS, U.S.: Army Engineer Research and Development Center, 2013. – 19 p.
2. Iooss B., Lemaitre P. A review on global sensitivity analysis methods. In: Uncertainty management in Simulation-Optimization of Complex Systems: Algorithms and Applications, C. Meloni and G. Dellino (Eds.). – Springer US, 2015. – 264 p.
3. Song X., Zhang J., Zhan C., Xuan Y., Ye M., Xu C. Global sensitivity analysis in hydrological modeling: Review of concepts, methods, theoretical framework, and applications // J. of Hydrology. – 2015. – Vol. 523. – P. 739-757.
4. Renard B., Kavetski D., Kuczera G., Thyer M., and Franks S.W. Understanding predictive uncertainty in hydrologic modeling: The challenge of identifying input and structural errors. // Water Resour. Res. – 2010. – 46, W05521, doi: 10.1029/2009WR008328.
5. Beven K., Hall J. Applied Uncertainty Analysis for Flood Risk Management. – Imperial College Press, London, 2013. – 500 p.
6. Кирста Ю.Б., Пузанов А.В. Системно-аналитическое моделирование ионного стока горных рек // Ползуновский альманах. – 2018. – № 4 (в печати).
7. Кирста Ю.Б. Чувствительность моделей речного стока к факторам среды и ее количественная оценка // Изв. Самарского научного центра РАН. – 2015. – Т. 17. – № 6. – С. 97-103.
8. KIRSTA Yu.B. System-analytical modelling – Part I: General principles and theoretically best accuracies of ecological models. Soil-moisture exchange in agroecosystems // Ecol. Modelling. – 2006. – Vol. 191. – P. 315-330.
9. Кирста Ю.Б., Кирста Б.Ю. Информационно-физический закон построения эволюционных систем. Системно-аналитическое моделирование экосистем. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2014. – 283 с.
10. Кирста Ю.Б. Пространственное обобщение климатических характеристик для горных территорий // Мир науки, культуры, образования. – 2011. – № 3(28). – С. 330-337.
11. Кирста Ю.Б., Пузанов А.В., Ловцкая О.В., Лубенец Л.Ф., Кузник Я.Э., Пахотнова А.Ю. Имитационная математическая модель стока средних и малых рек для горных территорий // Изв. Самарского научного центра РАН. – 2012. – Т. 14, № 1(9). – С. 2334-2342.
12. Moriasi D.N., Arnold J.G., Van Liew M.W., Bingner R.L., Harmel R.D., Veith T.L. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulation // Transactions of the ASABE. – 2007. – Vol. 50(3), – P. 885-900.
13. Koch M., Cherie N. SWAT-modeling of the impact of future climate change on the hydrology and the water resources in the upper blue Nile river basin, Ethiopia. In: Proceedings of the 6th International Conference on Water Resources and Environment Research, ICWRER 2013. Koblenz, Germany, June 3-7, 2013. – P. 428-523.
14. Савичев О.Г., Иванов А.О. Атмосферные выпадения в бассейне Средней Оби и их влияние на гидрохимический сток рек // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2010. – № 1. – С. 63-70.

15. Беручашвили Н.Л., Жучкова В.К. Методы комплексных физико-географических исследований: учеб. для вузов. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1997. – 320 с.

16. Черных Д.В. Пространственно-временная организация внутриконтинентальных горных ландшафтов (на примере Русского Алтая): дисс. на соискание ученой степени д-ра географ. наук. – Томск, 2012. – 312 с.

References

1. Skahill B.E. Practice driven and state-of-the-art methods to quantify hydrologic model uncertainty. ERDC/CHL CHETN-IV-87. – Vicksburg, MS, U.S.: Army Engineer Research and Development Center, 2013. – 19 p.

2. Iooss B., Lemaitre P. A review on global sensitivity analysis methods. In: Uncertainty management in Simulation-Optimization of Complex Systems: Algorithms and Applications, C. Meloni and G. Dellino (Eds.). – Springer US, 2015. – 264 p.

3. Song X., Zhang J., Zhan C., Xuan Y., Ye M., Xu C. Global sensitivity analysis in hydrological modeling: Review of concepts, methods, theoretical framework, and applications // J. of Hydrology. – 2015. – Vol. 523. – P. 739-757.

4. Renard B., Kavetski D., Kuczera G., Thyer M., and Franks S.W. Understanding predictive uncertainty in hydrologic modeling: The challenge of identifying input and structural errors. // Water Resour. Res. – 2010. – 46, W05521, doi: 10.1029/2009WR008328.

5. Beven K., Hall J. Applied Uncertainty Analysis for Flood Risk Management. – Imperial College Press, London, 2013. – 500 p.

6. KIRSTA Yu.B., PUZANOV A.V. Cistemno-analiticheskoye modelirovaniye ionnogo stoka gornyykh rek // Polzunovskiy almanakh. – 2018. – № 4 (v pechati).

7. KIRSTA Yu.B. Chuvstvitelnost modeley rechnogo stoka k faktoram sredy i eye kolichestvennaya otsenka // Izv. Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. – 2015. – T. 17. – № 6. – S. 97-103.

8. KIRSTA Yu.B. System-analytical modelling – Part I: General principles and theoretically best accuracies of ecological models. Soil-moisture exchange in agroecosystems // Ecol. Modelling. – 2006. – Vol. 191. – P. 315-330.

9. KIRSTA Yu.B., KIRSTA B.Yu. Informatsionno-fizichesky zakon postroyeniya evolyutsionnykh sistem. Sistemno-analiticheskoye modelirovaniye ekosistem. – Barnaul: Izd-vo Alt. gos. un-ta, 2014. – 283 s.

10. KIRSTA Yu.B. Prostranstvennoye obobshcheniye klimaticheskikh kharakteristik dlya gornyykh territoriy // Mir nauki, kultury, obrazovaniya. – 2011. – № 3(28). – S. 330-337.

11. KIRSTA Yu.B., PUZANOV A.V., LOVTSKAYA O.V., LUBENETS L.F., KUZNYAK Ya.E., PAKHOTNOVA A.Yu. Imitatsionnaya matematicheskaya model stoka srednikh i malykh rek dlya gornyykh territoriy // Izv. Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. – 2012. – T. 14, № 1(9). – S. 2334-2342.

12. Moriasi D.N., Arnold J.G., Van Liew M.W., Bingner R.L., Harmel R.D., Veith T.L. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulation // Transactions of the ASABE. – 2007. – Vol. 50(3). – P. 885-900.

13. Koch M., Cherie N. SWAT-modeling of the impact of future climate change on the hydrology and the water resources in the upper blue Nile river basin, Ethiopia. In: Proceedings of the 6th International Conference on Water Resources and Environment Research, ICWRER 2013. Koblenz, Germany, June 3-7, 2013. – P. 428-523.

14. Savichev O.G., Ivanov A.O. Atmosfernye vypadeniya v bassejne Sredney Obi i ikh vliyaniye na gidrokhimichesky stok rek // Izv. RAN. Ser. geogr. – 2010. – № 1. – S. 63-70.

15. Беручашвили Н.Л., Жучкова В.К. Методы комплексных физико-географических исследований: учеб. для вузов. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1997. – 320 с.

16. Черных Д.В. Пространственно-временная организация внутриконтинентальных горных ландшафтов (на примере Русского Алтая) дисс. на соискание ученой степени доктора географ. наук. – Томск, 2012. – 312 с.

ASSESSING THE SENSITIVITY TO ENVIRONMENTAL FACTORS AND QUALITY OF THE IONIC RUNOFF MODEL FOR RIVERS OF THE ALTAI-SAYAN MOUNTAIN COUNTRY

Yu.B. Kirsta

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

A simplified method for rating the sensitivity of simulated natural processes to variations of environmental factors is proposed. The sensitivity is expressed as an individual factor contribution to the dispersion of observed process intensity. By the example of the model for ionic runoff in mountain rivers of the Altai-Sayan mountain country, the complete component analysis of a variance for differences (residuals) between calculated and observed values of the runoff was carried out. Model performance criteria, RSR and Nash-Sutcliffe $NSE=1-RSR^2$, are estimated.

Key words: mathematical models, sensitivity, performance, residuals variance, hydrochemical runoff, the Altai, the Sayan.

Received September 3, 2018

УДК 551.16

КРАТКОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЕЙ ВОДЫ РЕКИ ОБЬ У ГОРОДА БАРНАУЛА ВО ВРЕМЯ ПОЛОВОДЬЯ 2018 ГОДА

Е.Д. Кошелева^{1,2}, А.В. Кудишин¹¹Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, E-mail: edk@iwepr.ru, kudishin@iwepr.ru²Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, E-mail: kosheleva.asau@yandex.ru

В статье рассмотрен метод прогноза уровней воды по соответствующим уровням вышерасположенных створов, применяемый для длинных бесприточных участков рек. Приведены результаты краткосрочного прогнозирования уровней воды р. Оби во время половодья 2018 г. на гидрологических постах с. Усть-Чарышская Пристань и г. Барнаул с заблаговременностью 1-3 суток. Оценены ошибки используемого метода и точность полученных прогнозов.

Ключевые слова: половодье, уровень воды, река Обь, весеннее половодье 2018 г., Барнаул, краткосрочные прогнозы, метод соответствующих уровней.

Дата поступления 8.08.2018

В 2014 г. регионы Сибири пережили наводнение, повлекшее за собой огромный ущерб. Например, в Республике Алтай он составил 6,5 млрд руб., пострадали более 43,5 тыс. чел., были разрушены более 200 км дорог, 235 мостов. В Алтайском крае дождевой паводок в период половодья нанес общий ущерб в 5 млрд руб. и затронул 125 населенных пунктов с населением около 47 тыс. чел. [1].

Осуществление долгосрочного, среднесрочного и краткосрочного прогнозирования является важной научной задачей, результаты решения которой могут быть востребованы региональными службами МЧС. В лаборатории гидрологии и геоинформатики ИВЭП СО РАН накоплен большой опыт моделирования течений рек, в т.ч. в период половодья и паводков.

В 2012 г. рассчитывались волны паводка 2008 г. на р. Обь от г. Бийска до г. Камень-на-Оби [2] и гидрологический режим р. Оби в период весеннего половодья 2012 г. с учетом боковой приточности [3].

В 2013 г. моделировался процесс затопления пойменных территорий для участков крупных рек со сложной морфометрией русла и поймы с привлечением достаточно сложной математиче-

ской плановой (2DH) модели [4], в частности процесс затопления и осушения поймы р. Оби в процессе половодья на участке речной долины у г. Барнаула для многоводного (2010) и маловодного (2011) года.

В 2014 г. в момент прохождения экстремального дождевого паводка на Алтае в период половодья были получены краткосрочные прогностические уровни, расходы и произведены замеры максимальных расходов воды в створе гидрологического поста (г/п) г. Барнаула [5].

В 2015-2016 гг. выполнялось среднесрочное прогнозирование объема первой волны половодья у г. Барнаула с заблаговременностью 1 месяц и краткосрочное прогнозирование уровней весеннего половодья на участке р. Оби от с. Фоминского до г. Камень-на-Оби с заблаговременностью 3-5 дней. Расхождение расчетных и натурных данных по уровням воды в районе г. Барнаула не превысило 20 см [6-7].

В данной работе выполнено краткосрочное прогнозирование уровней воды у г. Барнаула по методу соответствующих уровней с использованием данных об уровнях воды на вышерасположенных створах. В основу метода положена гра-

фическая связь между уровнями воды в верхнем и нижнем створах с учетом времени добегания паводочной волны до нижнего створа. Однородные по фазе максимумы и минимумы, наблюдаемые в верхнем створе и позже – нижнем в створе, были названы соответственными, от чего и произошло название метода [8]. Данный способ прогнозирования является широко применимым, простым и надежным для длинных бесприточных участков рек [9].

Объектом исследования являются уровни воды р. Оби у г. Барнаула во время половодья 2018 г. и их зависимость от уровня, наблюдаемого на гидрологическом посту (г/п) выше по течению в с. Усть-Чарышская Пристань. Целью исследования является краткосрочный прогноз уровня воды р. Оби у г. Барнаула с заблаговременностью 1, 2 и 3 дня, которая обусловлена временем добегания воды от г/п с. Фоминское до г/п г. Барнаула в 3-е суток.

Для весеннего половодья на р. Оби у г. Барнаула характерны продолжительность в 5 месяцев (с апреля по август) и наличие 2-3 подъемов уровней воды обычно на 4-5 м, в отдельные многоводные годы – на 6-7 м. Экстремальный (0,81% обеспеченности) расход воды наблюдался в 1969 г. и составил 12600 м³/с. Самый высокий уровень воды в 763 см (135,52 м БС) в районе г. Барнаула регистрировался 16 мая 1937 г. [4].

Первая волна половодья на Верхней Оби с максимумом в середине апреля – начале мая вызывается таянием снега на равнинной части водосбора и в предгорьях Алтая, что определяет половодье на ее притоках – реках Песчаная, Ануй, Чарыш, Алей, Чумыш и др. Вторая волна формируется в июне-июле во время таяния снега и ледников в горах и поступает в русло р. Оби по ее притокам – Катунь, Бий и Чарышу [10].

По данным Центра регистра и кадастра РФ уровнем затопления для гидрологического поста г. Барнаула яв-

ляется 520 см (133,09 м БС), опасным считается уровень 615 см (134,04 м БС) [11]. При выходе воды на пойму затопливается правобережье р. Оби, и при высоких уровнях затоплению подвержен п. Затон. На левобережье Оби высокие воды поступают на территорию г. Барнаула по пойменным понижениям ниже устья р. Барнаулки, которое в половодье находится в подпоре уровнями р. Оби. На расстоянии до 1,5 км от р. Оби в кварталах города, расположенных у р. Барнаулки, повышаются уровни грунтовых вод и происходит подтопление жилых районов [12].

По прогнозу на 23 марта 2018 г., подготовленному Гидрометцентром Западно-Сибирского управления гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды (УГМС), весной 2018 г. в бассейне р. Оби максимальный уровень половодья ожидался около нормы или ниже [1]. На рисунке 1 показан режим уровней р. Оби в период половодья и начала осенней межени на гидрологическом посту г. Барнаула в 2013-2018 гг.

Исходными данными для прогноза являлись наблюдаемые значения уровней воды на гидрологических постах Верхней Оби, опубликованные в бюллетенях межведомственной группы ИВЭП СО РАН и Алтайского ЦГМС и размещенные на сайтах Информационной системы по водным ресурсам и водному хозяйству рек России [11], Алтайского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [13], информационной системы All Rivers.Info [14].

Прогнозы по методу соответственных уровней

На р. Оби в верхнем ее течении на 1 апреля 2018 г. действующими являются пять гидрологических постов (табл. 1), к четырем из которых может быть применен такой метод несмотря на наличие притоков на участке от с. Фоминского до г/п с. Усть-Чарышская Пристань – рек Песчаная, Ануй и Чарыш; на участке от с. Усть-Чарышская Пристань до г. Барнаула – реки Алей.

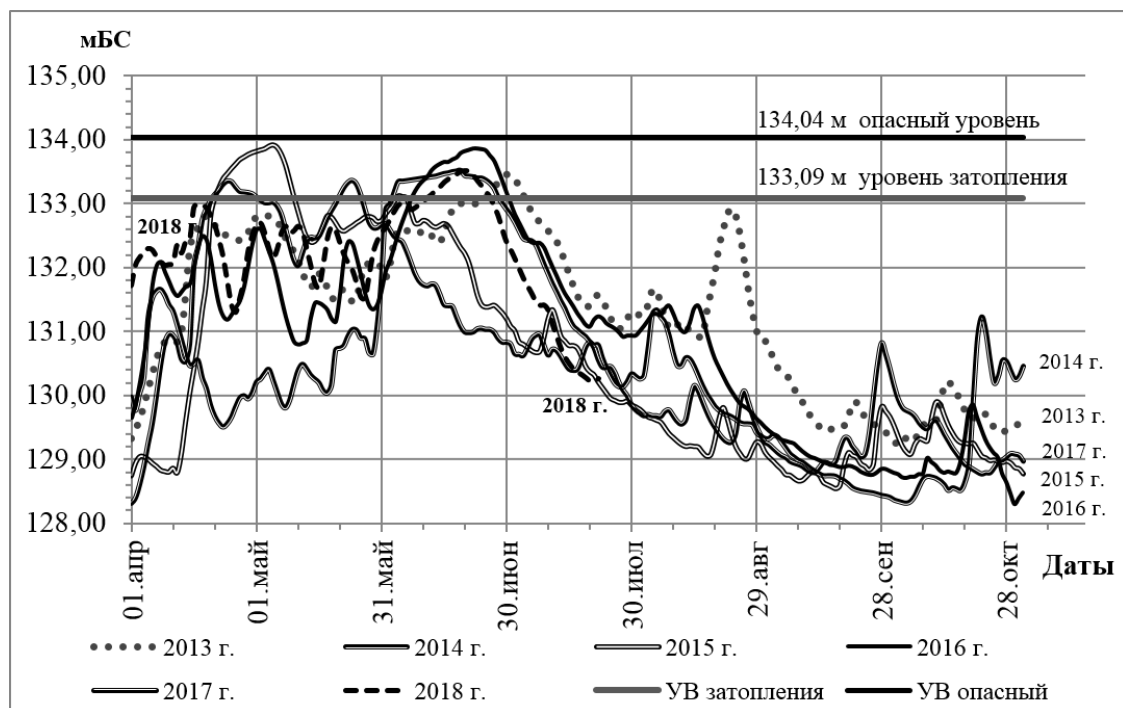


Рис. 1. Динамика уровня воды р. Обь с 1 апреля по 1 ноября на г/п г. Барнаула в 2013-2018 гг. по данным Центра регистра и кадастра РФ [11]

Таблица 1
Действующие на 1 апреля 2018 г.
гидрологические посты
на р. Оби, расположенные
последовательно по ее руслу

Пункт наблюдений (название, код)		Расстояние, км		Площадь водосбо- ра, км ²
		от исто- ка	от устья	
Фоминское	10002	12	3637	98200
Усть-Чарыш- ская Пристань	10003	84	3566	138000
Барнаул	10006	220	3430	169000
Шелаболиха	10008	360	3290	207000
Камень-на-Оби	10010	482	3168	216000

В рамках поставленной задачи прогнозирования уровня р. Оби на г/п г. Барнаул исходными данными являлись уровни р. Оби на гидрологических постах с. Усть-Чарышская Пристань и с. Фоминское, расположенных выше по течению. При расширении расчетной области модели для осуществления прогнозов уровней р. Обь с заблаговременностью до 5 дней в дальнейшем могут быть использованы данные по рекам Бии (гидропосты с. Кебезень, с. Турочак, с. Удаловка, г. Бийск) и Катун

(гидропосты пгт Чемал, с. Сростки), слияние которых происходит за 12 км до г/п с. Фоминское.

Математическая постановка задачи

На рисунке 2 представлена расчетная схема речной сети р. Оби на участке от с. Фоминского до г. Барнаула. Будем считать, что в точках 1, 2, 4 зависимость расхода воды от уровня описывается кривой связи вида:

$$Q_k = \Psi_k(z_k), \quad k = 1, 2, 4. \quad (1)$$

Гидравлический режим речных участков опишем на основе распространенного гидрологического подхода с использованием одномерного уравнения неразрывности

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (2)$$

и кривой связи в виде

$$\omega = F(Q), \quad (3)$$

где ω – площадь поперечного сечения потока, м²; Q – расход воды, м³/с; q – удельный (приходящийся на единицу длины русла) боковой приток воды м²/с; z – ордината поверхности потока, м; x – продольная координата, м; t – время, с.

Продифференцируем (3) по времени и подставим в (2):

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} = \frac{\partial F}{\partial Q} \cdot \frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{1}{c} \cdot \frac{\partial Q}{\partial t}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + c \cdot \frac{\partial Q}{\partial x} = q \cdot c \quad (4)$$

Положим $c = \text{const}$.

Тогда при $q(t, x) = 0$ уравнение (4) на отрезке (x_a, x_b) имеет решение:

$$Q(t, x_b) = Q(t - \tau_{ab}, x_a), \quad \tau_{ab} = \frac{x_b - x_a}{c} \quad (5)$$

Здесь τ_{ab} – время добегания волны расхода от X_a до X_b , c .

Разложим (1) в ряд Тейлора в окрестности точки z_{k0} :

$$Q_k(z_k) = Q_k(z_{k0}) + a_k(z_{k0}) \cdot (z_k - z_{k0}) \quad (6)$$

$$a_k(z_{k0}) = \frac{d\psi_k}{dz}(z_{k0}).$$

Для решения задачи прогноза будем использовать уравнения (5), (6).

Составим баланс расходов для схемы на рисунке 2.

$$Q_3(t_3) = Q_1(t_3 - \tau_{13}) + Q_2(t_3 - \tau_{23}), \quad (7)$$

$$Q_4(t) = Q_3(t - \tau_{34}) = Q_3(t_3) =$$

$$= Q_1(t - \tau_{14}) + Q_2(t - \tau_{24}), \quad (8)$$

$$Q_{40} + a_4 \cdot z_4(t) - a_4 \cdot z_{40} =$$

$$= Q_{10} + a_1 \cdot z_1(t - \tau_{14}) -$$

$$- a_1 \cdot z_{10} + Q_{20} +$$

$$+ a_2 \cdot z_2(t - \tau_{24}) - a_2 \cdot z_{20} \quad (9)$$

Обозначим

$$D_{124} = \frac{(Q_{10} + Q_{20} - Q_{40})}{a_4} +$$

$$+ \frac{(a_4 \cdot z_{40} - a_1 \cdot z_{10} - a_2 \cdot z_{20})}{a_4}$$

$$\alpha_1 = \frac{a_1}{a_4}, \quad \alpha_2 = \frac{a_2}{a_4}. \quad (10)$$

Перепишем (9) с учетом обозначений (10) в виде

$$z_4(t) = D_{124} + \alpha_1 \cdot z_1(t - \tau_{14}) +$$

$$+ \alpha_2 \cdot z_2(t - \tau_{24}) \quad (11)$$

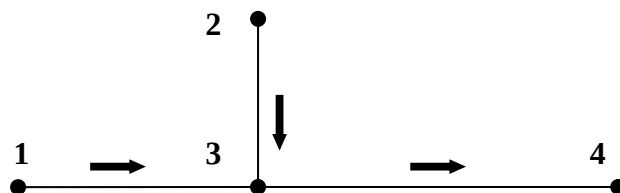


Рис. 2. Расчетная схема речной сети р. Обь на участке от с. Фоминского до г. Барнаула:

1 – р. Обь – с. Фоминское; 2 – р. Чарыш – свх Чарышский;
3 – р. Обь – с. Усть-Чарышская Пристань; 4 – р. Обь – г. Барнаул.

Уравнение (11) имеет 5 неизвестных коэффициентов, которые определяются по данным гидрологических постов для z_1, z_2, z_3, z_4 . В случае, если расход Q_2 меняется незначительно, уравнение (11) можно упростить, положив $\alpha_2 = 0$:

$$z_4(t) = D_{134} + \alpha_1 \cdot z_1(t - \tau_{14}) \quad (11a)$$

При близких амплитудах z_1 и z_4 можно приближенно принять $\alpha_1 = 1$.

Оценка ошибок прогнозирования

При оценке ошибок прогнозирования использовались следующие рассчитываемые параметры [15-17]:

– ошибка прогнозирования временного ряда $e(t)$, равная разности наблюдаемого значения уровня воды $z(t)$ и его прогнозируемого значения $\hat{z}(t)$, где t изменяется от 1 до N суток:

$$e(t) = z(t) - \hat{z}(t)$$

– средняя абсолютная ошибка в процентах MAPE (mean absolute percentage error):

$$MAPE = 100 \cdot \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N \frac{|z(t) - \hat{z}(t)|}{z(t)}$$

– средняя абсолютная ошибка MAE (mean absolute error):

$$MAE = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N |z(t) - \hat{z}(t)| \quad -$$

среднеквадратичная ошибка MSE (mean squared error):

$$MSE = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N (z(t) - \hat{z}(t))^2$$

– квадратный корень из среднеквадратичной ошибки RMSE (root mean square error):

$$RMSE = \sqrt{MSE}$$

– средняя ошибка ME (mean error):

$$ME = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N (z(t) - \hat{z}(t))$$

Результаты и обсуждение

В данной работе была реализована расчетная схема речной сети р. Оби, состоящей из трех гидрологических постов: 1 – с. Фоминское, 3 – с. Усть-Чарышская Пристань и 4 – г. Барнаул (см. рис. 2), в которой последовательно прогнозировался уровень в точке 3 на 1 день вперед, в точке 4 на 1, 2 и 3 дня вперед, в соответствии с формулой 11а:

– для г/п с. Усть-Чарышская Пристань:

$$z_3(t) = D_{13} + \alpha_{13} \cdot z_1(t - \tau_{13}) \quad (11б)$$

– для г/п г. Барнаул:

$$z_4(t) = D_{34} + \alpha_{34} \cdot z_3(t - \tau_{34}) \quad (11в)$$

Исходя из опыта моделирования половодья на р. Обь [6-7], время добегания волны половодья от с. Фоминского до с. Усть-Чарышская Пристань составляет 1 сутки, а от с. Усть-Чарышская Пристань до г. Барнаул – 2 суток: $\tau_{13} = 1$; $\tau_{34} = 2$.

Используя программу StokStat 1.2 для расчета коэффициентов корреляции [18], был выполнен помесечный корреляционный анализ тесноты связи между уровнями воды на гидрологических постах с. Фоминское и с. Усть-Чарышская Пристань, с. Усть-Чарышская Пристань и г. Барнаул. В целях обнаружения сдвига в рядах данных, соответствующего максимальному значению коэффициента корреляции, в пределах каждого месяца осуществлялся последовательный сдвиг значений одного ряда относительно другого на шаг, равный суткам (табл. 2). Для пары рядов наблюдений с. Усть-Чарышская При-

стань – г. Барнаул расчет коэффициентов корреляции осуществлялся и со сдвигом 0,5 суток (табл. 3).

Максимальные значения коэффициентов корреляции для пары рядов суточных наблюдений за уровнем воды с. Фоминское – с. Усть-Чарышская Пристань получены при сдвиге значений на одни сутки для апреля, мая и июня месяцев (см. табл. 2). Для пары рядов наблюдений с. Усть-Чарышская Пристань – г. Барнаул максимальные значения коэффициента корреляции для апреля и июня приходятся на сдвиг в 3-е суток, а для мая – при сдвиге на величину, равную времени добегания 2-е суток. При этом коэффициенты корреляции для сдвига в 3-е суток отличаются от соответствующих значений коэффициента корреляции при сдвиге в 2-е суток в апреле на 0,003, в июне – на 0,069.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции двух рядов суточных уровней воды в соседних створах Верхней Оби в период половодья 2018 г.

Месяц	Сдвиг, дни			
	0	1	2	3
<i>Посты с. Фоминское – с. Усть-Чарышская Пристань</i>				
Апрель	0,536	0,691	0,625	0,389
Май	0,633	0,974	0,779	0,305
Июнь	0,923	0,982	0,951	0,829
<i>Посты с. Усть-Чарышская Пристань – г. Барнаул</i>				
Апрель	0,251	0,553	0,706	0,709
Май	0,236	0,709	0,932	0,736
Июнь	0,550	0,715	0,849	0,918

Таблица 3

Коэффициенты корреляции двух рядов полусуточных уровней воды в соседних створах Верхней Оби с. Усть-Чарышская Пристань – г. Барнаул, май 2018 г.

Показатели	Сдвиг, дни						
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
<i>n</i>	62	61	60	59	58	57	56
<i>r</i>	0,352	0,558	0,759	0,896	0,942	0,891	0,761
σ_r	0,119	0,107	0,085	0,058	0,044	0,061	0,087
$t=r/\sigma_r$	2,909	5,167	8,926	15,186	20,933	14,606	8,648
$t_{0,05}$	1,999	2,000	2,000	2,001	2,002	2,002	2,003
$t_{0,01}$	2,657	2,659	2,660	2,662	2,663	2,665	2,667
$t_{0,05} \cdot \sigma_r$	±0,242	±0,216	±0,170	±0,118	±0,090	±0,122	±0,176

Уменьшение шага сдвига (см. табл. 3) показало, что, например, для пары рядов наблюдений с. Усть-Чарышская Пристань – г. Барнаул в мае максимальные значения коэффициента корреляции соответствуют сдвигу в рядах данных на 2-е суток, а не на 1,5 или 2,5.

Величина коэффициента корреляции (r) должна превышать величину средней квадратичной ошибки (σ_r) более чем в t_α раз, где t_α – теоретическое критическое значение t -критерия Стьюдента при $\alpha=0,05$, $\alpha=0,01$. В таблице 3 отношение r/σ_r больше t_α для всех полученных значений r . Потому коэффициенты корреляции существенны и значительно отличаются от 0 с вероятностью и 95, и 99 %. Наилучшее его значение 0,94 получено в мае на сдвиге рядов на 2-е суток, при этом доверительный интервал для вероятности 95 % равен $\pm 0,09$.

В формулах 11б и 11в при близких амплитудах z_1 и z_4 , а также z_3 и z_4 на первом этапе расчета можно прибли-

женно принять $\alpha_{13}=1$ и $\alpha_{34}=1$. Значения D_{13} и D_{34} рассчитывались несколькими способами.

Способ 1. За разницу уровней следующего дня принималась разница значений уровней текущего дня:

– для г/п с. Усть-Чарышская Пристань
 $D_{13}(t+1) = D_{13}(t) = z_3(t) - z_1(t - \tau_{13});$

– для г/п г. Барнаула

$D_{34}(t+1) = D_{34}(t) = z_4(t) - z_3(t - \tau_{34}).$

Результаты краткосрочного прогнозирования уровня воды р. Оби на г/п с. Усть-Чарышская Пристань с заблаговременностью в 1 сутки на основе наблюдений за уровнем воды на г/п с. Фоминское представлены на рисунке 3; на г/п г. Барнаул с заблаговременностью 1, 2 и 3-е суток на основе наблюдений за уровнем воды и суточного прогнозирования уровня воды на г/п с. Усть-Чарышская Пристань – на рисунке 4. Для выполненных прогнозов рассчитаны ошибки и оценена их точность (табл. 4).

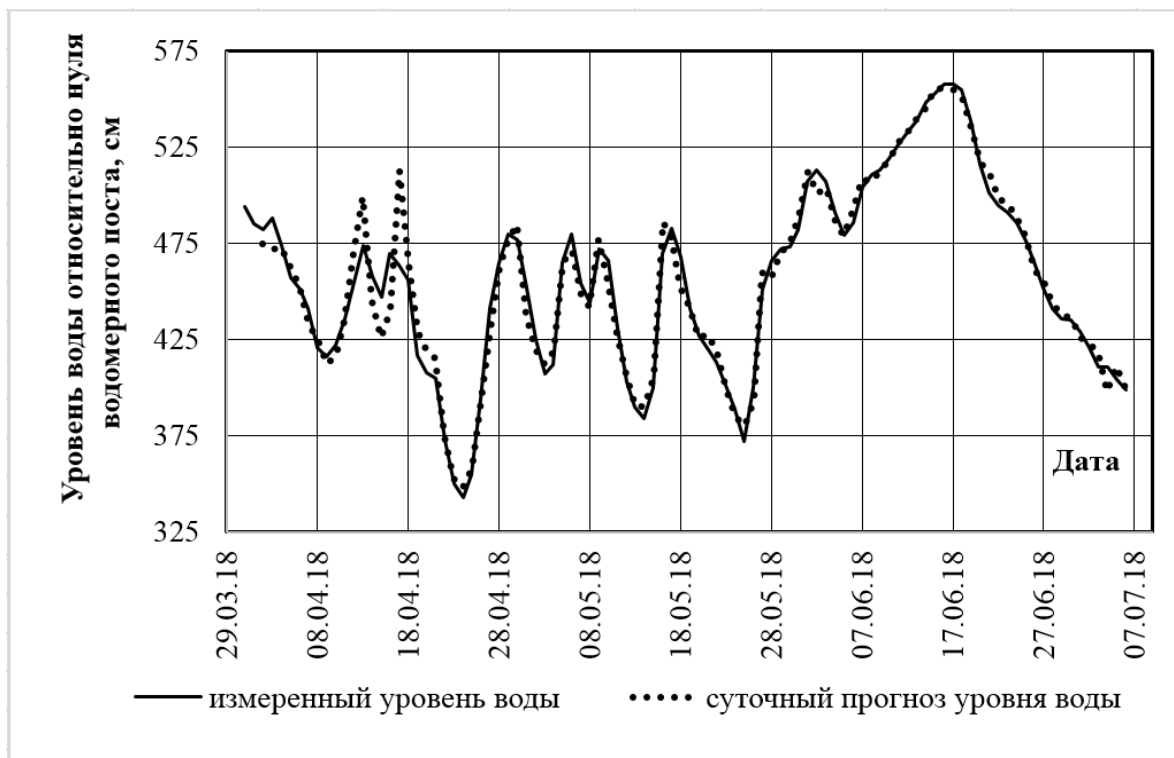


Рис. 3. Уровни воды р. Обь на г/п с. Усть-Чарышская Пристань в апреле-июне 2018 г. и их односуточный прогноз по соответствующим уровням г/п с. Фоминское

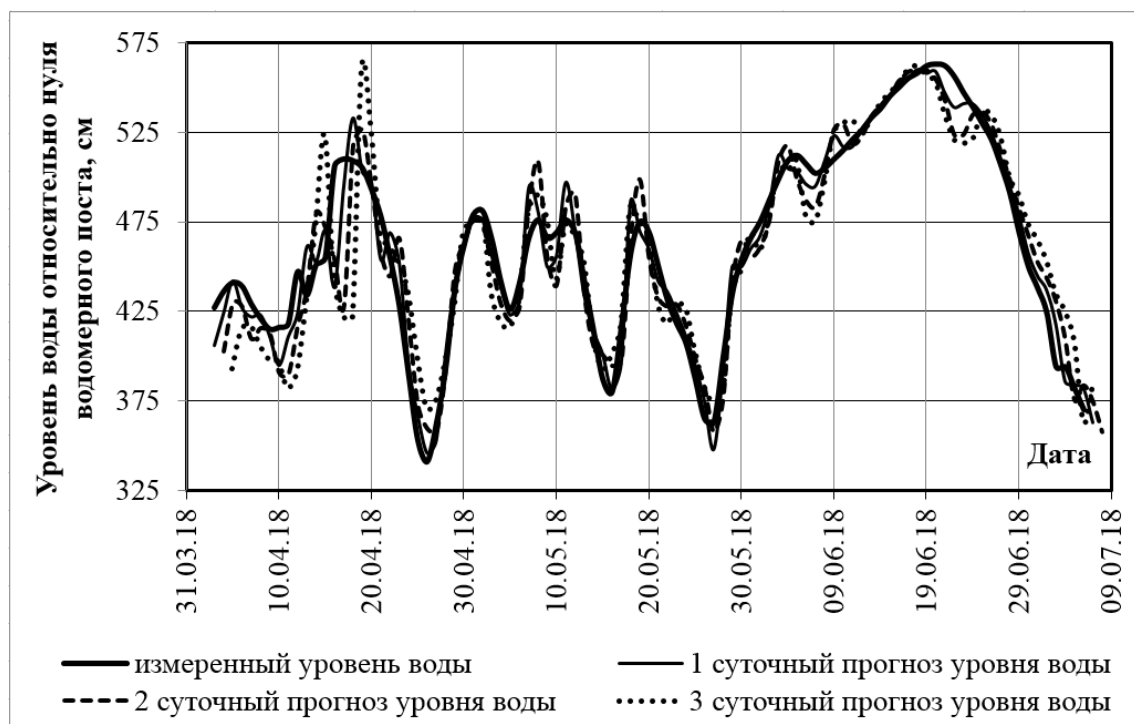


Рис. 4. Уровни воды р. Обь на г/п г. Барнаул в апреле-июне 2018 г. и их 1, 2 и 3 суточные прогнозы по соответствующим уровням г/п с. Усть-Чарышская Пристань

Таблица 4

Ошибки и точность краткосрочных прогнозов уровня воды на гидрологических постах с. Усть-Чарышская Пристань и г. Барнаул в период половодья 2018 г.

Временной прогнозный интервал	<i>N</i>	<i>MAPE</i> , %	<i>MAE</i> , см	<i>MSE</i> , см ²	<i>RMSE</i> , см	<i>ME</i> , см	Точность прогноза, %
<i>Прогноз УВ с заблаговременностью 1 сутки для г/п с. Усть-Чарышская Пристань</i>							
02.04 – 30.04.2018	29	2,21	9,89	204,58	14,30	–1,41	97,79
01.05 – 31.05.2018	31	1,35	5,94	52,58	7,25	+0,19	98,65
01.06 – 30.06.2018	30	0,64	3,23	17,46	4,18	–0,37	99,36
02.04 – 06.07.2018	96	1,39	6,27	87,31	9,34	–0,50	98,61
<i>Прогноз УВ с заблаговременностью 1 сутки для г/п г. Барнаул</i>							
03.04 – 30.04.2018	28	2,99	13,58	351,64	18,75	+2,71	97,01
01.05 – 31.05.2018	31	2,15	9,39	141,39	11,89	–0,10	97,85
01.06 – 30.06.2018	30	1,11	5,70	52,10	7,21	+0,50	98,89
03.04 – 06.07.2018	95	2,11	9,49	176,82	13,23	+0,40	97,89
<i>Прогноз УВ с заблаговременностью 2 суток для г/п г. Барнаул</i>							
04.04 – 30.04.2018	27	4,47	19,85	700,74	26,47	+4,81	95,53
01.05 – 31.05.2018	31	3,04	13,32	228,55	15,12	–0,35	96,96
01.06 – 30.06.2018	30	1,94	10,00	157,93	12,57	+1,47	98,06
04.04 – 06.07.2018	94	3,19	14,44	353,46	18,80	0,71	96,81
<i>Прогноз УВ с заблаговременностью 3 суток для г/п г. Барнаул</i>							
05.04 – 30.04.2018	26	7,29	32,58	1675,60	40,93	+5,04	92,71
01.05 – 31.05.2018	31	2,67	11,45	205,65	14,34	–0,48	97,33
01.06 – 30.06.2018	30	2,44	12,60	249,60	15,80	+2,33	97,56
05.04 – 06.07.2018	93	4,15	18,72	670,59	25,90	+0,42	95,85

Средние абсолютные ошибки суточного прогноза уровней воды на г/п с. Усть-Чарышская Пристань за весь прогнозируемый период составляют всего 6 см или 1,39 %. Точность прогноза, вычисляемая как разность $100\% - MAPE\%$, является очень высокой – 99 %.

Средние абсолютные ошибки суточного прогноза уровней воды на г/п г. Барнаул за весь прогнозируемый период составляют 9,5 см или 2,11 %, точность прогноза достигает почти 98 %. Наилучший прогноз получен для июня с точностью 99 % и средней абсолютной ошибкой 5,7 см.

Способ 2. Фактическая разница уровней воды р. Обь во время половодья между створами г. Барнаула и с. Усть-Чарышская Пристань (со сдвигом в 2 дня) меняется во времени и год от года (рис. 5). При известных фактических уровнях и установленном време-

ни добегания волны половодья или сдвиге во времени, дающем максимальный коэффициент корреляции между рядами, задача прогнозирования уровня воды на нижерасположенном гидрологическом створе сводится к прогнозированию значений кривых, аналогичных приведенным на рисунке 5.

Второй способ расчета разницы уровней на г/постах г. Барнаул – с. Усть-Чарышская Пристань для следующего дня $D_{34}(t+1)$ использует полиномиальный тренд предыдущих пяти значений D_{34} .

Результаты моделирования уровней для мая-июня 2018 г. с использованием второго способа расчета разницы уровней $D_{34}(t+1)$ представлены на рисунке 6. Средняя абсолютная ошибка суточного прогноза уровней воды на г/п г. Барнаула за июнь составила 4,67 см, или 0,9 %. Точность прогноза достигла 99 %.

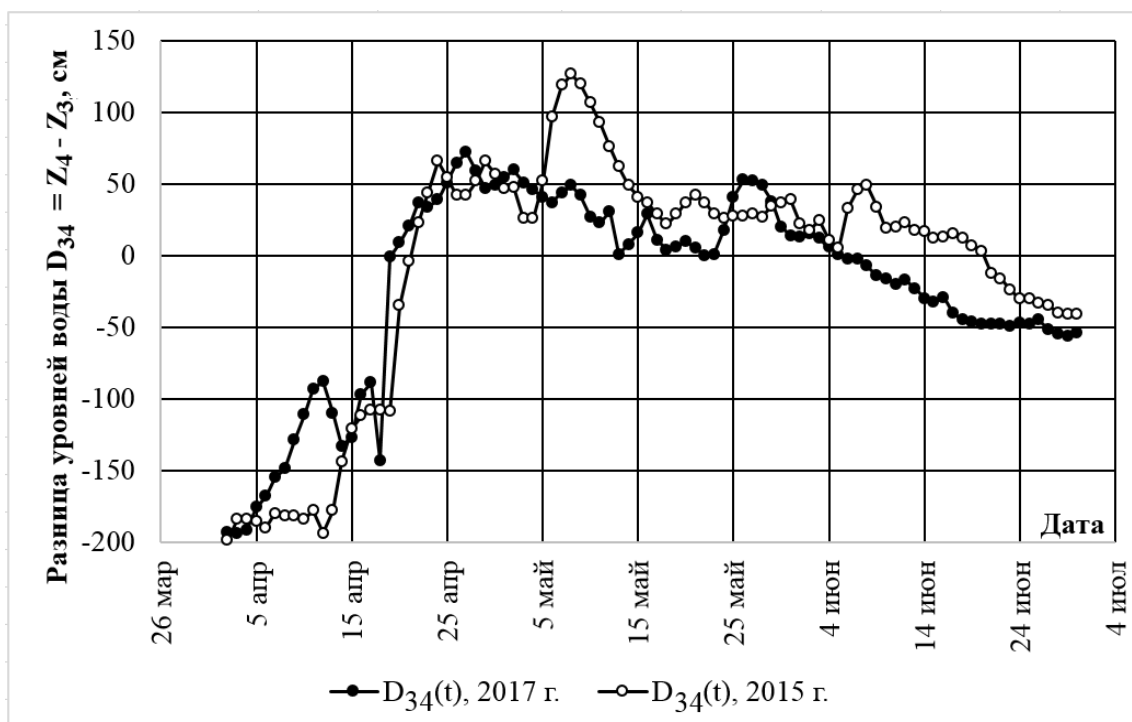


Рис.5. Кривые разницы уровней воды р. Оби на г/п г. Барнаул и г/п с. Усть-Чарышская Пристань со сдвигом 2 дня, характерные для половодья 2015 г. и 2017 г.

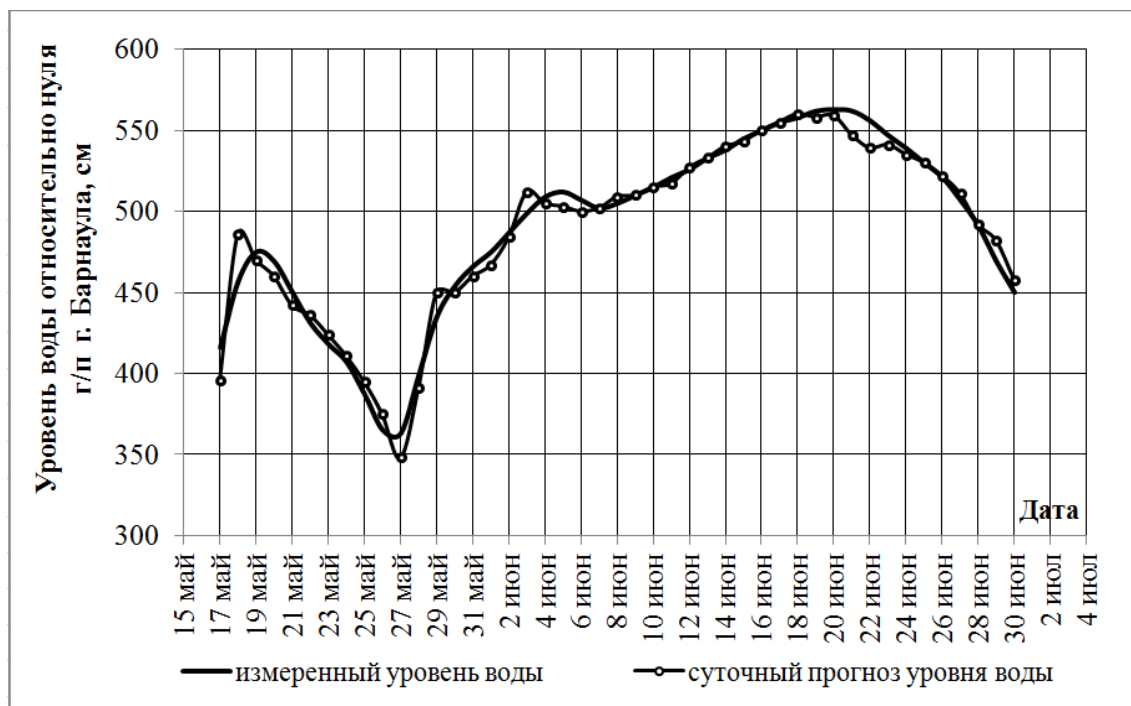


Рис. 6. Уровни воды р. Обь на г/п г. Барнаул в апреле-июне 2018 г. и их односуточный прогноз по соответственным уровням г/п с. Усть-Чарышская Пристань с использованием полиномиальных трендов для расчета разницы уровней

Выводы

Метод краткосрочного прогноза уровней р. Обь в период половодья на г/п г. Барнаул по соответственным уровням вышерасположенных гидрологических постов с. Усть-Чарышская Пристань и с. Фоминское показал себя как простой, надежный и дающий высокую точность. При этом оказалось достаточно учитывать ход уровня воды р. Оби и не рассматривать ее притоки на расчетном участке.

Исследование выполнялось в рамках научного проекта № 0383-2016-0002 «Изучение гидрологических и гидрофизических процессов в водных объектах и на водосборах Сибири и их математическое моделирование для стратегии водопользования и охраны водных ресурсов».

Список литературы

1. В регионах Сибири прогнозируют слабый паводок, но готовятся к худшему... – ТАСС [Электронный ресурс]. – URL: <https://news.rambler.ru/weather/39433703-v-regionah-sibiri-prognoziruyut-slabyy-pavodok-no-gotovyatsya-k-hudshemu/>.
2. Зиновьев А.Т., Кудишин А.В., Кошелев К.Б., Шибких А.А. Математическое моделирование волн паводка на р. Обь от г. Бийска до г. Камень-на-Оби // Всеросс. конф. «Актуальные проблемы строительной отрасли» (65-я научно-техн. конф. НГАСУ (Сибстрин)): тез. докл. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2008. – С. 77.

3. Кудишин А.В. Численное моделирование гидрологического режима р. Обь в период весеннего паводка // Мир науки, культуры, образования. – 2012. – № 5 (36). – С. 314-317.
4. Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б. Моделирование процесса затопления пойменных территорий для участков крупных рек со сложной морфометрией русла и поймы // Водное хозяйство России. – 2013. – № 6. – С. 17-31.
5. Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б., Дьяченко А.В., Коломейцев А.А. Экстремальный дождевой паводок 2014 г. в бассейне Верхней Оби: причины, прогноз и натурные наблюдения // Водное хозяйство России. – 2015. – № 6. – С. 93-104.
6. Зиновьев А.Т., Галахов В.П., Кошелев К.Б. О результатах прогнозирования весеннего половодья на Верхней Оби в 2015 г. // Водное хозяйство России. Проблемы, технологии, управление. – 2016. – № 3. – С. 58-68.
7. Зиновьев А.Т., Галахов В.П., Кошелев К.Б. Прогнозирование половодий и паводков на верхней Оби // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование. Матер. междунар. научно-практ. конф. посвящ. подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни», г. Алматы, Казахстан, 22-24 сентября 2016 г. – Алматы: Изд-во КазНИТУ им. К.И. Сатпаева, 2016. – Кн. 2. – С. 387-393.
8. Георгиевский Ю. М. Краткосрочные гидрологические прогнозы: учеб. пособие. – М.: Изд. ЛПИ, 1982. – 100 с.
9. Бузин В.А. Опасные гидрологические явления: учеб. пособие. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2008. – 228 с.
10. Современное состояние водных ресурсов и функционирование водохозяйственного комплекса бассейна Оби и Иртыша. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – 236 с.
11. Информационная система по водным ресурсам и водному хозяйству рек России // Центр регистра и кадастра [Электронный ресурс]. – URL: <http://gis.vodinfo.ru/>.
12. Барнаул: энциклопедия – Барнаул: Изд-во Алтайского государственного университета, 2000. – 408 с.
13. Алтайский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Западно-Сибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» [Электронный ресурс]. – URL: <http://meteo22.ru/>.
14. All Rivers.Info Справочная информация об уровне рек для туристов-водников, каякеров, рыбаков [Электронный ресурс]. – URL: <http://allrivers.info/region/russia/siberia/>.
15. Tofallis C. A Better Measure of Relative Prediction Accuracy for Model Selection and Model Estimation // J. of the Operational Research Society. – 2015. – 66(8). – P. 1352-1362.
16. Hyndman, Rob J., and Koehler Anne B. Another look at measures of forecast accuracy // Int. j. of forecasting. – 2006. – 22 (4) – P. 679-688.
17. Kim S. and Kim H. A new metric of absolute percentage error for intermittent demand forecasts // Int. J. of Forecasting. – 2016. – 32 (3). – P. 669-679.
18. Левыкин Ю. StokStat 1.2 – Статистика для гидрологии. Программа для расчета статистических характеристик используемых в гидрологии. Распространение: Freeware [Электронный ресурс]. – URL: http://www.geodigital.ru/soft_hydr.

References

1. V regionakh Sibiri prognoziruyut slaby pavodok, no gotovyatsya k khudshemu... – TASS – <https://news.rambler.ru/weather/39433703-v-regionah-sibiri-prognoziruyut-slabyy-pavodok-no-gotovyatsya-k-hudshemu/>.
2. Zinovyev A.T., Kudishin A.V., Koshelev K.B., Shibkikh A.A. Matematicheskoye modelirovaniye voln pavodka na r. Ob ot g. Byska do g. Kamen-na-Obi // Vseross. konf. «Aktualnye problemy stroitelnoy otrasli» (65-ya nauchno-tekhn. konf. NGASU (Sibstrin)): tez. dokl. – Novosibirsk: NGASU (Sibstrin), 2008. – S. 77.
3. Kudishin A.V. Chislennoye modelirovaniye gidrologicheskogo rezhima r. Ob v period vesennego pavodka // Mir nauki, kultury, obrazovaniya. – 2012. – № 5 (36). – С. 314-317.
4. Zinovyev A.T., Koshelev K.B. Modelirovaniye protsessa zatopleniya poymennykh territoriy dlya uchastkov krupnykh rek so slozhnoy morfometriyey rusla i poymy // Vodnoye khozyaystvo Rossii. – 2013. – № 6. – S. 17-31.

5. Zinovyev A.T., Koshelev K.B., Dyachenko A.V., Kolomeytsev A.A. Ekstremalny dozhdey pavadok 2014 g. v basseynе Verkhney Obi: prichiny, prognoz i naturnye nablyudeniya // Vodnoye khozyaystvo Rossii. – 2015. – № 6. – S. 93-104.
6. Zinovyev A.T., Galakhov V.P., Koshelev K.B. O rezultatakh prognozirovaniya vesenego polovodya na Verkhney Obi v 2015 g. // Vodnoye khozyaystvo Rossii. Problemy, tekhnologii, upravleniye. – 2016. – № 3. – S. 58-68.
7. Zinovyev A.T., Galakhov V.P., Koshelev K.B. Prognozirovaniye polovody i pavadkov na verkhney Obi // Vodnye resursy Tsentralnoy Azii i ikh ispolzovaniye. Mater. mezhdunar. nauchno-prakt. konf. posvyashch. podvedeniyu itogov obyavlennoy OON desyatiletiya «Voda dlya zhizni», g. Almaty, Kazakhstan, 22-24 sentyabrya 2016 g. – Almaty: Izd-vo KazNITU im. K.I. Satpayeva, 2016. – Kn. 2. – S. 387-393.
8. Georgiyevsky Yu. M. Kratkosrochnye gidrologicheskiye prognozy: ucheb. posobiye. – M.: Izd. LPI, 1982. – 100 s.
9. Buzin V.A. Opasnye gidrologicheskiye yavleniya: ucheb. posobiye. – SPb.: Izd. RGGMU, 2008. – 228 s.
10. Sovremennoye sostoyaniye vodnykh resursov i funktsionirovaniye vodokhozyaystvennogo kompleksa basseyna Obi i Irtysha. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2012. – 236 s.
11. Informatsionnaya sistema po vodnym resursam i vodnomu khozyaystvu rek Rossii // Tsentr registra i kadastra. – <http://gis.vodinfo.ru/>.
12. Barnaul: entsiklopediya – Barnaul: Izd-vo Altayskogo gosudarstvennogo universiteta, 2000. – 408 s.
13. Altaysky tsentr po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchey sredy – filial Federalnogo gosudarstvennogo byudzhethnogo uchrezhdeniya «Zapadno-Sibirskoye upravleniye po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchey sredy». – <http://meteo22.ru/>.
14. All Rivers.Info Spravochnaya informatsiya ob urovne rek dlya turistov-vodnikov, kayakerov, rybakov [Elektronnyy resurs]. – URL: <http://allrivers.info/region/russia/siberia/>.
15. Tofallis S. A Better Measure of Relative Prediction Accuracy for Model Selection and Model Estimation // J. of the Operational Research Society. – 2015. – 66(8). – P. 1352-1362.
16. Hyndman, Rob J., and Koehler Anne B. Another look at measures of forecast accuracy // Int. j. of forecasting. – 2006. – 22 (4) – P. 679-688.
17. Kim S. and Kim H. A new metric of absolute percentage error for intermittent demand forecasts // Int. J. of Forecasting. – 2016. – 32 (3). – P. 669-679.
18. Levykin Yu. StokStat 1.2 – Statistika dlya gidrologii. Programma dlya rascheta statisticheskikh kharakteristik ispolzuyemykh v gidrologii. Rasprostraneniye. – http://www.geodigital.ru/soft_hydr.

SHORT-TERM FORECAST OF OB RIVER WATER LEVEL NEAR BARNAUL CITY DURING FLOOD 2018

E.D. Kosheleva^{1,2}, A.V. Kudishin¹

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

²*Altai State Agrarian University, Barnaul, E-mail: kosheleva.asau@yandex.ru*

The paper describes the method for water level forecast by the equivalent water levels at the upstream gauges, used for long reaches without tributaries. The results of short-term 1-3 days-in-advance forecast of the Ob water level during the flood 2018 at the stream gauge of Ust-Charyshskaya Pristan' village and at Barnaul are presented. The errors of the method used and the forecast accuracy are estimated.

Keywords: flood, water level, Ob river, spring flood 2018, Barnaul city, forecast, forecast by the equivalent water levels.

Received August 8, 2018

Раздел 3

Section 3

БИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ

ECOLOGY. FLORA. FAUNA

УДК 502.009

**СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПИОНА УКЛОНЯЮЩЕГОСЯ
(*PAEONIA ANOMALA* L.) В МЕСТАХ ЕСТЕСТВЕННОГО
ОБИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ ГОРНОГО АЛТАЯ**

О.А. Ельчининова¹⁻², С.В. Бодрова¹, Н.А. Горемыкина¹

¹Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск, E-mail: eoa59@mail.ru

²Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, E-mail: gafiver@mail.gornyu.ru

Определена семенная продуктивность дикорастущего *Рaeonia anomala* L. в низкогорной и среднегорной зонах Горного Алтая. Установлено, что на одном растении формируется в низкогорной зоне от 8 до 37, в среднегорной – от 10 до 52 плодов. При этом число листовок в плоде варьировало от двух до пяти, количество семян в одной листовке изменялось от $1,5 \pm 0,4$ до $9,8 \pm 1,0$; а в плоде – от $2,3 \pm 0,2$ (2-членные) до $45,1 \pm 3,9$ штук (5-членные). Масса 1000 семян в низкогорной зоне была выше, чем в среднегорной. Значительная доля от общего количества семян и их массы приходилась на 5-членные листовки (26,4-100 %).

Ключевые слова: листовка, плод (2, 3, 4, 5-членная листовка), масса 1000 семян, семенная продуктивность по количеству и массе семян.

Дата поступления 9.09.2018

Дикорастущие растения являются очень важным источником сырья, используемого в различных отраслях хозяйства. Одним ценным из них, пользующихся большим спросом, является пион уклоняющийся (*Рaeonia anomala* L.) – многолетнее травянистое растение сем. Пионовые (Рaeoniaceae). Он востребован как в официальной, так и народной медицине, является популярным и распространенным многолетним декоративным растением, а также хорошим медоносом [1]. Пион широко используется в интродукции и ограниченно – в селекции [2]. Сырье входит в состав напитка «Байкал», в Монголии корни – при производстве тонизирующего напитка «Тэрэлж». Разработана техническая документация на продукты переработки пиона уклоняющегося, на

выпеченные бисквитные полуфабрикаты со шротами травы, корней или смеси шротов, на кремы сливочные с эфирным маслом корней и экстрактами [3].

В диком виде в России пион уклоняющийся распространен в таежной зоне европейской части и Сибири. В его ценоареал входят Тыва, крайний юго-запад Красноярского края, Хакасия, юг Западной Сибири (Томская, Новосибирская, Кемеровская области, часть Северного и Западного Алтая). В Горном Алтае пион уклоняющийся распространен повсеместно. Наиболее продуктивные заросли встречаются в нижнем поясе гор – 700-1300 м над уровнем моря. Чаше встречается отдельными крупными кустами, но местами образует небольшие заросли. Скотом не поедается, но сенокошение в

течение ряда лет приводит к выпадению этого вида из травостоя.

Несмотря на то, что любая заготовка пиона уклоняющегося запрещена, эксплуатация его зарослей в естественных местообитаниях – сбор сырья, обрывание на букеты, выкапывание корневищ – в настоящее время приняла угрожающие масштабы и привела к истощению природных популяций. Восстановление же растения после выкопки корней происходит через 20-40 лет.

Пион уклоняющийся относится к числу редких и исчезающих видов. С 1975 г. занесен в Красную книгу СССР и подлежит охране. Внесен в Красную книгу России, в региональную Красную книгу «Редкие и исчезающие растения Сибири», во многие региональные Красные книги.

С целью сохранения вида в естественных фитоценозах необходимо решать вопрос об его интродукции. Возделывание вида на плантациях специализированных хозяйств также поможет полнее удовлетворить потребность в лекарственном сырье отечественной фармацевтической промышленности.

Пион размножается вегетативно и семенами. При вегетативном размножении, которое начинают в 10-12 летнем возрасте, коэффициент размножения невелик (4-8). К тому же, это трудоемкий и продолжительный процесс. Семенное размножение также имеет свои особенности и трудности в виду своеобразного развития зародыша. Пион – древняя, тупиковая ветвь эволюции с крайне несовершенным аппаратом размножения (медленное развитие сеянцев, длительное формирование почек возобновления, отсутствие однолетних форм). В созревших семенах имеется совсем микроскопический зародыш. Его развитие происходит уже после отделения от материнского растения, поэтому семена отличаются медленным прорастанием. По результатам многолетних исследований О.В. Коминой [4] установлено, что в природе у пиона отсутствует способность к естественному вегетативному размножению. Приоритетным является семенное размножение.

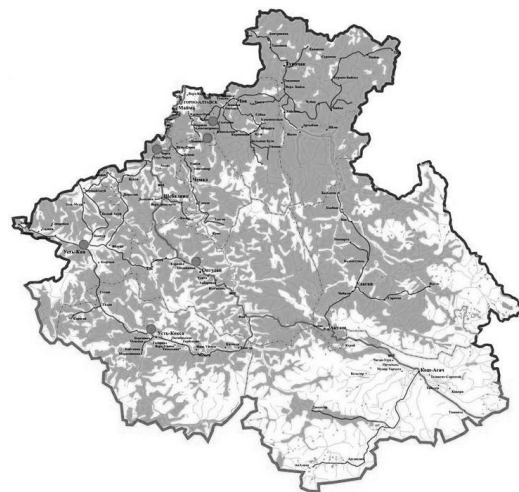
Поэтому изучение семенной продуктивности в местах естественного обитания пиона более актуально, чем в условиях культуры.

Целью настоящих исследований было изучение семенной продуктивности пиона уклоняющегося в местах естественного обитания и выявление ее особенностей.

Условия, материал и методы исследования

Семенную продуктивность пиона уклоняющегося определяли в Горном Алтае (рис. 1): низкогорная зона – Северо-Алтайский агроклиматический район (окрестности сел Урлу-Аспак, Сайдыс, Шебалино) и среднегорная зона – Центрально-Алтайский агроклиматический район (окрестности сел Усть-Кан, Усть-Кокса, Онгудай). Основные климатические показатели приведены в таблице 1.

В низкогорной агроклиматической зоне представлены умеренно-прохладный, недостаточно теплый и умеренно-теплый климаты. Умеренно-прохладный климат является избыточно влажным, а недостаточно теплый и умеренно-теплый – влажным и полувлажным. Среднегорная зона характеризуется как зона с умеренно-холодным полусухим климатом [5]. Основу почвенного покрова в местах сбора семян составляют горно-лесные черноземовидные и серые почвы.



● – точки отбора

Рис. 1. Точки отбора семян пиона уклоняющегося

Таблица 1

Агроклиматическая характеристика мест отбора семян пиона уклоняющегося [5]

Агроклиматический подрайон	Высота над уровнем моря, м	$\Sigma > 10^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{C}$	Продолжительность безморозного периода, дни	Атмосферные осадки, мм	Высота снежного покрова, см	$K_{\text{увл. V-VIII}}$
<i>Низкогорная зона – Северо-Алтайский агроклиматический район</i>						
Майминско-Катунский	250-350	1900-2050	115-120	600-750	20-60	0,9-1,0
Семинско-Песчанский	350-900	1200-1700	60-100	450-650	20-30	0,6-0,8
<i>Среднегорная зона – Центрально-Алтайский агроклиматический район</i>						
Канский	1000-1100	1100-1200	55-65	330-350	8-10	0,5-0,6
Уймонско-Катандинский	900-1000	1450-1500	75-95	450-500	20-30	0,6-0,8
Урскульский	500-700	1500-1600	100-110	300-350	10-15	0,4-0,5

Природно-климатические условия низкогорной и среднегорной зон отвечают требованиям пиона уклоняющегося к факторам жизни. Это светолюбивое, влаголюбивое и морозостойкое растение, произрастает на любых, достаточно богатых питательными веществами почвах [6]. Для нормального его роста и развития необходимы почвы с хорошей аэрацией, среднесуглинистые, богатые органическим веществом, со слабокислой и близкой к нейтральной реакцией среды (рН 5,5-6,5) [7-6].

У растений семейства Раеониасеae плоды апокарпные, относящиеся к листовковым плодам – многолисточки, которые представляют собой совокупность несросшихся между собой листовок (каждая возникает из отдельного плодолистика). Отдельную листовку ряд авторов [8-9] называют плодиком. При редукции числа плодолистиков до одного многолисточка превращается в листовку (или однолисточку). У пиона может быть различное число листовок в многолисточке – от одной до восьми. В исследованных растениях их количество варьировало от двух до пяти (рис. 2).

Семенную продуктивность определяли в соответствии с Международными правилами определения качества семян [10] и Методическими указаниями по семеноведению интродуцентов [11], массу 1000 семян – по ГОСТ Р 51096-97 [12]. Обработку полученных результатов проводили вариационно-статистическим методом [13].

Результаты и обсуждение

Возраст растений пиона уклоняющегося в местах естественного обитания определить очень сложно. Сделано предположение, что по возрасту исследуемые растения находятся в средневозрастном генеративном состоянии, длительность которого составляет, по данным Е.Л. Нухимовского [14], 30-60 лет, а онтогенез пиона в природных местообитаниях продолжается до 150-160 лет.

Основными элементами структуры семенной продуктивности пиона уклоняющегося, являются число плодов на одном растении, количество семян в одной листовке и в плоде. Число плодов зависело от места произрастания и варьировало в низкогорной зоне от 8 до 37, в среднегорной – от 10 до 52 шт./особь (табл. 2). Большая часть листовок представлена 5-членными (до 80 %), 2-членные листовки либо отсутствуют совсем, например, в среднегорной зоне, либо их формируется не более 1-3 шт./особь в низкогорьях.

Анализ распределения семян пиона уклоняющегося по листовкам показал, что их количество изменялось как по годам исследования, так и по местам отбора (табл. 3). Наибольшая вариация отмечалась в низкогорной зоне: от $2,3 \pm 0,2$ до $9,2 \pm 0,4$ (5-членная), от $1,8 \pm 0,4$ до $9,8 \pm 1,0$ (4-членная), от $1,5 \pm 0,4$ до $8,4 \pm 1,0$ шт. на одну листовку (3-членная). Меньшая вариация этих величин была отмечена в среднегорной зоне.

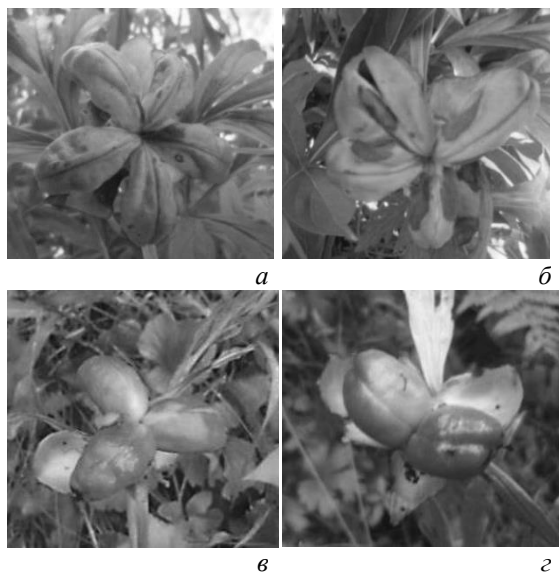


Рис. 2. Типы плодов пиона
уклоняющегося:

а – 5-членная листовка; *б* – 4-членная;
в – 3-членная; *г* – 2-членная листовка.

Анализ распределения семян пиона уклоняющегося по листовкам показал, что их количество изменялось как по годам исследования, так и по местам отбора (табл. 3). Наибольшая вариация отмечалась в низкогорной зоне: от $2,3 \pm 0,2$ до $9,2 \pm 0,4$ (5-членная), от $1,8 \pm 0,4$ до $9,8 \pm 1,0$ (4-членная), от $1,5 \pm 0,4$ до $8,4 \pm 1,0$ шт. на одну листовку (3-членная). Меньшая ва-

риация этих величин была отмечена в среднегорной зоне.

В целом же установить какие-либо закономерности по этому показателю для отдельных листовок в зависимости от их количества в плоде не удалось. Естественно, что обсемененность плодов возрастала с увеличением количества листовок. Так, максимальное количество семян было в 5-членной листовке ($45,1 \pm 3,9$ шт.), а минимальное в 2-членной ($9,7 \pm 2,9$ шт.).

Масса 1000 семян также является одним из основных критериев характеристики посевного материала. Это показатель крупности и выполненности воздушно-сухих семян, выраженный в граммах. Крупные, тяжеловесные семена, имея больший запас питательных веществ, в полевых условиях при проращивании дают мощные всходы, которые в дальнейшем хорошо развиваются и обеспечивают более высокий урожай. На практике массу 1000 семян используют для расчета весовой нормы высева. Масса 1000 семян в низкогорной зоне выше, чем в среднегорной (табл. 4) и превышает данные, представленные в литературных источниках для других регионов. В среднегорной зоне этот показатель близок к данным, представленным другими исследователями – 60-80 г.

Таблица 2

Количество плодов, пиона уклоняющегося, шт./особь

Год	Листовка				
	5-членная	4-членная	3-членная	2-членная	Всего
Низкогорная зона					
Майминский район, с. Урлу-Аспак					
2016	12,0	12,0	11,0	2,0	37,0
2017	11,0	4,0	5,0	1,0	20
2018	18,0	4,0	3,0	1,0	26
Майминский район, с. Сайдыс					
2016	4,0	1,0	2,0	1,0	8,0
2017	7,0	3,0	13,0	3,0	26,0
Шебалинский район, окрестности с. Черга					
2015	15,0	5,0	5,0	0,0	25,0
Среднегорная зона					
Онгудайский район, окрестности с. Шашикман					
2016	25,0	6,0	8,0	0,0	39,0
2017	18,0	5,0	7,0	0,0	30,0
Усть-Канский район, окрестности с. Верх-Ануй					
2015	10,0	0,0	0,0	0,0	10,0
2016	43,0	3,0	4,0	1,0	52,0
Усть-Коксинский район, с. Усть-Кокса					
2017	13,0	2,0	2,0	0,0	17,0

Таблица 3

Распределение семян пиона уклоняющегося по листовкам*, шт.

Год	Листовка							
	5-членная		4-членная		3-членная		2-членная	
	1**	2***	1	2	1	2	1	2
<i>Низкогорная зона</i>								
<i>Майминский район, с. Урлу-Аспак</i>								
2016	3,2±0,3	16,3±2,8	2,9±0,4	11,4±2,4	4,4±0,5	13,1±2,2	1,2±0,5	2,3±0,2
2017	2,3±0,2	11,3±2,1	1,8±0,4	7,2±2,3	1,5±0,4	4,5±2,5	3,5±1,5	7±0
2018	7,0±0,2	35,0±2,5	6,5±0,8	25,7±6,1	6,7±1,6	19,0±9,0	–	–
<i>Майминский район, с. Сайдыс</i>								
2016	3,5±0,3	8,5±2,4	7,0±0,9	28,0±0	4,2±0,9	12,5±4,5	2,5±0,5	5,0±0
2017	4,6±0,4	25,3±3,8	5,5±0,4	22,0±2,0	3,8±0,4	11,4±1,9	4,8±1,2	9,7±2,9
<i>Шебалинский район, окрестности с. Черга</i>								
2015	9,2±0,4	45,1±3,9	9,8±1,0	29,4±5,7	8,4±1,0	26,0±3,7	–	–
<i>Среднегорная зона</i>								
<i>Онгудайский район, окрестности с. Шашикман</i>								
2016	7,3±0,3	36,4±3,1	5,6±0,5	21,7±3,6	7,1±0,4	21,2±1,5	–	–
2017	4,2±0,3	21,2±2,6	3,4±0,3	13,6±1,9	4,8±0,5	14,3±2,4	–	–
<i>Усть-Канский район, окрестности с. Верх-Ануй</i>								
2015	7,7±0,4	34,8±2,4	–	–	–	–	–	–
2016	6,8±0,2	34,2±2,0	6,6±0,9	26,4±5,6	5,2±1,0	15,6±3,8	7,0±0	14,0±0
<i>Усть-Коксинский район, окрестности с. Усть – Кокса</i>								
2018	6,7±0,6	33,8±3,0	7,7±3,0	31,0±12,0	6,0±0,6	18±2	–	–

Примечание: * – средняя арифметическая ± ошибка средней (здесь и далее); ** – количество семян в одной листовке; *** – количество семян в одном плоде.

Таблица 4

Масса 1000 семян пиона уклоняющегося, г.

Год	Листовка			
	5-членная	4-членная	3-членная	2-членная
<i>Низкогорная зона</i>				
<i>Майминский район, с. Урлу-Аспак</i>				
2016	105,1±20,7	85,7±23,0	80,4±4,6	65,7±0
2017	99,4±18,4	85,6±23,0	80,4±4,4	–
2018	81,6	78,5	81,7	41,1
<i>Майминский район, с. Сайдыс</i>				
2016	91,5±8,7	73,2±0	83,5±5,3	82,0±0
2017	63,8±14,6	75,9±12,2	68,4±8,6	75,8±9,2
<i>Шебалинский район, окрестности с. Черга</i>				
2015	72,2±2,1	70,4±6,6	76,5±1,1	–
<i>Среднегорная зона</i>				
<i>Онгудайский район, окрестности с. Шашикман</i>				
2016	58,3±4,2	61,5±6,2	57,1±8,2	58,3±4,2
2017	71,3±4,3	58,1±3,8	69,1±6,4	71,3±4,3
<i>Усть-Канский район, окрестности с. Верх-Ануй</i>				
2015	40,7±1,3	–	–	–
2016	72,4±5,4	62,4±4,7	65,2±0	63,6±0
<i>Усть-Коксинский район, окрестности с. Усть-Кокса</i>				
2018	61,9±0,2	69,3±1,1	62,8±0,4	–

Таблица 5

Семенная продуктивность растений пиона уклоняющегося

Год сбора семян	Листовки								Особь	
	5-членные		4-членные		3-членные		2-членные			
	1*	2**	1	2	1	2	1	2	1	2
Майминский, с. Урлу-Аспак										
2016	21,7	2,3	34,2	2,9	24,0	1,9	2,3	0,2	82,2	7,3
2017	24,9	2,5	28,8	2,5	11,2	0,9	7,0	0,1	50,3	4,1
2018	157,5	12,8	7,2	2,0	28,5	2,3	–	–	211,7	17,1
Майминский район, с. Сайдыс										
2016	34,0	3,1	28,0	2,0	25,0	2,1	5,0	0,4	92,0	6,5
2017	44,2	2,8	33,0	2,5	37,0	2,5	29,1	2,2	143,3	10,0
Шебалинский район, окрестности с. Черга										
2015	225,5	16,3	147,0	10,3	130,0	9,9	–	–	502,5	36,5
Онгудайский район, с. Шашикман										
2016	101,1	5,9	26,0	1,6	42,4	2,4	–	–	169,5	9,9
2017	54,5	3,9	22,7	1,3	25,0	1,7	–	–	102,2	6,9
Усть-Канский район, с. Верх-Ануй										
2015	174,0	7,1	–	–	–	–	–	–	–	–
2016	210,1	15,2	66,0	4,1	47,1	3,1	7,0	0,1	330,2	22,5
Усть-Коксинский район, с. Усть-Кокса										
2018	219,7	13,6	62,0	4,3	36,0	2,3	–	–	317,7	20,2

Примечание: * – количество семян в одной листовке, шт.; ** – масса семян, г.

Семенная продуктивность растений пиона колеблется в очень широких пределах: как по количеству семян, так и по их массе (табл. 5). Растения, произрастающие в среднегорной зоне, отличаются большей семенной продуктивностью по сравнению с растениями из низкогорной зоны. Исключение составляют образцы, отобранные в Шебалинском районе. У них отмечена максимальная семенная продуктивность – 500,2 шт. и 36,5 г семян на особь.

К сожалению, нами обнаружены лишь единичные литературные данные по семенной продуктивности пиона уклоняющегося, произрастающего в местах естественного обитания. Так, по данным Б.Ф. Свириденко, А.Н. Ефремова, З.А. Самойленко [15] на северной границе распространения вида в Западной Сибири количество генеративных побегов для одного среднего растения составило $1,2 \pm 0,2$ экз. Общее количество побегов у одного растения равнялось $2,1 \pm 0,4$ экз. В то же время репродуктивная способность вида на севере ареала сохранялась высокой. В обнаруженной популяции семенная продуктивность среднего генеративного побега достигала $18,4 \pm 5,9$ семян, семенная

продуктивность генеративной особи – $22,2 \pm 5,7$ семян. Средняя масса одного семени равнялась $0,07 \pm 0,03$ г, следовательно, масса 1000 семян – около 70 г.

Заключение

Показатели семенной продуктивности растений пиона уклоняющегося в естественных местах обитания варьируют в очень широких пределах, как по количеству семян, так и по их массе. Количество плодов зависело от места произрастания и варьировало в низкогорной зоне от 8 до 37, в среднегорной – от 10 до 52 шт./особь. Установить какие-либо закономерности по обсемененности отдельных листовок в зависимости от их количества в плоде, не удалось. Обсемененность же плодов возрастала с увеличением количества листовок. Масса 1000 семян в низкогорной зоне была выше, чем в среднегорной. Несмотря на это, растения пиона уклоняющегося, произрастающие в среднегорной зоне, отличаются большей семенной продуктивностью, по сравнению с растениями из низкогорной зоны, за счет большего количества плодов и семян в них.

Список литературы

1. Соболевская К.А. Исчезающие растения Сибири в интродукции – Новосибирск: Наука, 1984. – 314 с.
2. Ефимов С.В., Косенко Я.В., Зайцева Е.С. Изменчивость морфологии пыльцевых зерен у видов и гибридных форм в роде *Paeonia* L. // Матер. междунар. конф. по морфологии и систематике растений (Москва, 16-19 мая 2007 г.). – М., 2007. – С. 227-228.
3. Морозова Е.В., Губаненко Г.А. Антимикробные свойства продуктов переработки пиона уклоняющегося *Paeonia anomala* L. // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 3. – С. 30-32.
4. Комина О.В. Биологические особенности некоторых видов рода *Paeonia* L. при интродукции в лесостепной зоне Западной Сибири: автореф. дис. канд. биол. наук. – Новосибирск, 2014. – 22 с.
5. Модина Т.Д., Сухова М.Г. Климат и агроклиматические ресурсы Алтая. – Новосибирск, 2007. – 180 с.
6. Соколов С.Я., Замотаев Н.П. Справочник по лекарственным растениям. – М.: Недра, 1988. – 263 с.
7. Верещагина И.В. Дикорастущие пионы Алтая. – Барнаул: Изд-во АГУ, 2003. – 230 с.
8. Каден Н.Н. Типы плодов растений средней полосы европейской части // Ботан. журн. – 1965. – Т. 50. – № 6. – С. 775-787.
9. Левина Р.Е. Морфология и экология плодов. – Л.: Наука, 1987. – 160 с.
10. Международные правила определения качества семян. – М.: Колос, 1969. – 182 с.
11. Методические указания по семеноведению интродуцентов. – М., 1980. – 64с.
12. Семена лекарственных и ароматических культур. Сортные и посевные качества. Технические условия. ГОСТ Р 51096-97. – М., 1997. – 128 с.
13. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
14. Нухимовский Е.Л. Основы биоморфологии семенных растений. – М.: Недра, 1997. – 630 с.
15. Свириденко Б.Ф., Ефремов А.Н., Самойленко З.А. Состояние популяций пиона уклоняющегося *Paeonia anomala* (*Paeoniaceae*) на северной границе распространения в Западной Сибири // Вест. Томского государственного ун-та. – 2010. – № 3 (11) – 38-46 с.

References

1. Sobolevskaya K.A. Ischezayushchiye rasteniya Sibiri v introduktsii – Novosibirsk: Nauka, 1984. – 314 s.
2. Efimov S.V., Kosenko Ya.V., Zaytseva Ye.S. Izmenchivost morfologii pyltsevykh zeren u vidov i gibridnykh form v rode *Paeonia* L. // Mater. mezhdunar. konf. po morfologii i sistematike rasteny (Moskva, 16-19 maya 2007 g.). – M., 2007. – S. 227-228.
3. Morozova Ye.V., Gubanenko G.A. Antimikrobnnye svoystva produktov pererabotki piona uklonyayushchegosya *Paeonia anomala* L. // Khraneniye i pererabotka selkhozsyrya. – 2007. – № 3. – S. 30-32.
4. Komina O.V. Biologicheskiye osobennosti nekotorykh vidov roda *Paeonia* L. pri introduktsii v lesostepnoy zone Zapadnoy Sibiri: avtoref. dis. kand. biol. nauk. – Novosibirsk, 2014. – 22 s.
5. Modina T.D., Sukhova M.G. Klimat i agroklimaticheskiye resursy Altaya. – Novosibirsk, 2007. – 180 s.
6. Sokolov S.Ya., Zamotayev N.P. Spravochnik po lekarstvennym rasteniyam. – M.: Nedra, 1988. – 263 s.
7. Vereshchagina I.V. Dikorastushchiye piony Altaya– Barnaul, 2003. – 230 s.

8. Kaden N.N. Tipy plodov rasteny sredney polosy evropeyskoy chasti // Botan. zhurn. – 1965. – T. 50. – № 6. – S. 775-787.
9. Levina R.E. Morfologiya i ekologiya plodov. – L.: Nauka, 1987. – 160 s.
10. Mezhdunarodnye pravila opredeleniya kachestva semyan. – M.: Kolos, 1969. – 182 s.
11. Metodicheskiye ukazaniya po semenovedeniyu introdutsentov. – M., 1980. – 64s.
12. Semena lekarstvennykh i aromaticeskikh kultur. Sortovye i posevnye kachestva. Tekhnicheskiye usloviya. GOST R 51096-97. – M., 1997. – 128 s.
13. Lakin G.F. Biometriya. – M.: Vysshaya shkola, 1990. – 352 s.
14. Nukhimovsky Ye.L. Osnovy biomorfologii semennykh rasteny. – M., 1997. – 630 s.
15. Sviridenko B.F., Yefremov A.N., Samoylenko Z.A. Sostoyaniye populyatsy piona uklonyayushchegosya *Paeonia anomala* (Paeoniaceae) na severnoy granitse rasprostraneniya v Zapadnoy Sibiri // Vest. Tomskogo gosudarstvennogo un-ta. – 2010. – № 3 (11) – 38-46 s.

SEED PRODUCTIVITY OF PEONY (*PAEONIA ANOMALA* L.)

IN NATURAL HABITAT OF THE ALTAI MOUNTAINS

O.A. Elchinina¹⁻², S.V. Bodrosheva¹, N.A. Goremykina¹

¹Gorno-Altai State University, Gorno-Altai, E-mail: eoa59@mail.ru

²Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, E-mail: gafivep@mail.gorny.ru

*Seed productivity of wild peony (*Paeonia anomala* L.) from the low- and middle mountain zones of the Altai Mountains was defined. It was found 8-37 fruitage formed per individual plant growing in the low – mountain, and 10-52 – in the mid-mountain area. The number of hoses in a fruit varied from two to five. The number of seeds in a hose was $1,5 \pm 0,4$ – $9,8 \pm 1,0$, whereas in the fruit it was $2,3 \pm 0,2$ (2-member) – $45,1 \pm 3,9$ pieces (5-member). The weight of 1000 seeds from the low-mountain zone was higher than that from the mid-mountain one. A large portion of total number of seeds and their weight falls on 5-member hoses (26,4-100 %).*

Keywords: hose, fruit (2, 3, 4, 5-member hose), weight of 1000 seeds, seed productivity by quantity and weight.

Received September 9, 2018

УДК 556.5; 574.5

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА *a* В НОВОСИБИРСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

А.В. Котовщиков¹, Л.В. Яныгина¹⁻²

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

²Алтайский государственный университет, Барнаул

*По данным современных многолетних исследований (2007-2018) проанализирована пространственная неоднородность содержания хлорофилла *a* фитопланктона в Новосибирском водохранилище в летний период. Выявлен характер вертикального и горизонтального распределения показателя в разных частях водоема. Показано, что в средней части водохранилища наблюдаются самые низкие концентрации при очень слабых межгодовых колебаниях. Наиболее высокое содержание пигмента в русловых створах характерно для речной части. Среди заливов водохранилища выделяется Бердский залив с максимальной средней многолетней концентрацией пигмента. По наиболее часто встречающимся летним значениям концентрации хлорофилла *a* Новосибирское водохранилище характеризуются как водоем эвтрофного типа.*

Ключевые слова: фитопланктон, хлорофилл, трофический статус, Новосибирское водохранилище.

Дата поступления 11.09.2018

Новосибирское водохранилище – крупнейший искусственный водоем Западной Сибири. Оно создано в 1957 г. и является единственным на реке Обь. Среднегодовой расход в створе плотины – 1670 м³/с, полный объем – 8,8 км³, площадь водного зеркала – 1070 км² (при НПУ), протяженность – 200 км [1]. В экосистемах крупных рек и водохранилищ основным первичным продуцентом автохтонного органического вещества являются водоросли планктона. Определение содержания хлорофилла *a* – основного фотосинтетического пигмента зеленых растений – в поверхностных водах относится к числу количественных и оперативных методов исследования уровня развития, динамики, пространственного распределения и продукционных характеристик фитопланктона, а также методов оценки уровня трофности и качества воды водоемов. Хлорофилльный метод рекомендован для проведения экологического мониторинга водных объектов по автотрофному звену экосистем [2-4].

Первые исследования фотосинтетических пигментов водорослей планкто-

на Новосибирского водохранилища были выполнены в 1981-1982 гг., а затем продолжены в 1986-1989 гг. [5-7]. Были проанализированы сезонная динамика пигментных характеристик фитопланктона, горизонтальное и вертикальное распределение для различных участков водохранилища. Средние по водохранилищу значения хлорофилла *a* соответствовали слабоэвтрофным водоемам. На современном этапе исследование фотосинтетических пигментов фитопланктона Новосибирского водохранилища проводится с 2007 г. [8].

Целью работы был анализ современного пространственного распределения фитопланктона (по содержанию хлорофилла *a*) в Новосибирском водохранилище в многолетнем аспекте.

Материал и методы исследования

Натурные данные получены в периоды максимального уровня развития фитопланктона ежегодно в июле-августе 2007-2018 гг. в ходе комплексных исследований на десяти створах водохранилища, а также в заливах и на мелководьях (рис. 1). Пробы воды для

определения содержания хлорофилла *a* отбирали батометром Молчанова ГР-18 с борта теплохода на трех станциях каждого створа (за исключением створов 3 и 10) с трех горизонтов: поверхностного, среднего и придонного. На мелководных участках и в заливах пробы отбирали с борта моторной лодки. Воду фильтровали через мембранные фильтры «Владипор» типа МФАС-ОС-3 с диаметром пор 0,8 мкм. Экстракцию пигментов проводили 90 %-м ацетоном. После центрифугирования экстракты анализировали стандартным спектрофотометрическим методом [9-10]. Всего проанализировано 615 проб.

Статистический анализ данных проводился с использованием программы «Statistica 6.0». При сравнении выборок использовали непараметрический метод Краскелла-Уоллиса. Нулевую гипотезу об отсутствии различий между выборками отвергали при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

В течение всех лет наблюдений в июле-августе содержание основного фотосинтетического пигмента водорослей – хлорофилла *a* (Хл *a*) в поверхностном слое Новосибирского водохранилища изменялось в широком диапазоне – от 2,7 до 316 мг/м³. Значения более 50 мг/м³ зафиксированы в периоды «цветения» воды цианопрокариотами. Наиболее часто встречающиеся концен-

трации (67 %) находились в интервале 5-20 мг/м³, что практически совпадает с интервалом для эвтрофных водоемов.

Вертикальное распределение содержания Хл *a* отличалось на разных створах водохранилища (рис. 2). В речной (створы 1-4) и средней (створ 5) частях оно было равномерным по всему водному столбу. В нижней части (створы 6, 7, 10) выделяется створ 7 с явным максимумом в поверхностном слое. Статистически значимые различия содержания Хл *a* между горизонтами, с максимумом у поверхности и минимумом у дна, отмечены в Бердском заливе (Критерий Краскелла-Уоллиса $H = 5,889$, $p = 0,05$ на створе 8 и $H = 12,054$, $p = 0,002$ на створе 9).

Распределение концентрации Хл *a* на поперечных разрезах отличалось в разных частях водохранилища (рис. 3). В речной части содержание пигмента у берегов и в середине створа не имело отличий, тогда как в средней (створ 5) и нижней (створ 7) частях наибольший уровень содержания Хл *a* наблюдался у правого берега. В створе 6 максимальные значения показателя отмечались в более мелководной левой части. В средней части Бердского залива (створ 8) пониженные концентрации пигмента характерны для мелководной и заросшей правой части створа.

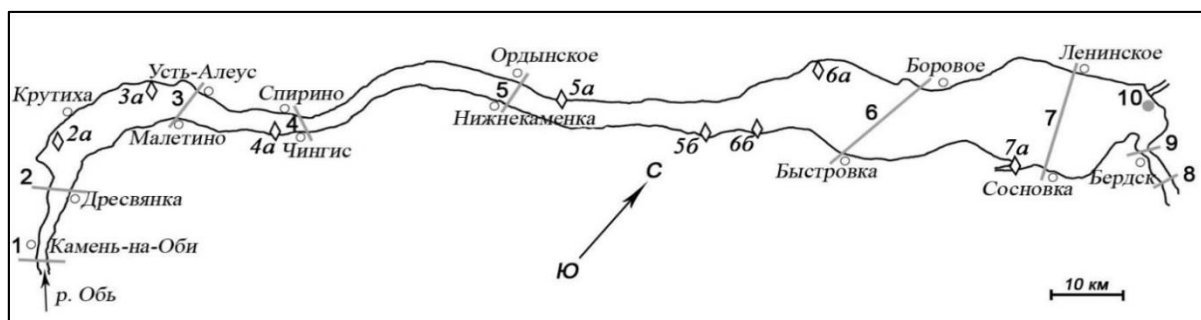


Рис. 1. Карта-схема расположения створов (линии) и станций (ромбы) на акватории Новосибирского водохранилища:

- 1 – Камень-на-Оби; 2 – Дресвянка; 3 – Усть-Алеус – Малетино; 4 – Спирино-Чингис;
5 – Ордынское-Нижнекаменка; 6 – Боровое-Быстровка; 7 – Ленинское-Сосновка;
8 – Бердский залив (Агролес); 9 – Бердский залив (Речкуновка); 10 – Приплотинный участок;
2а – мелководье у с. Крутиха; 3а – мелководье у с. Антоново; 4а – залив за островом у с. Чингис;
5а – мелководье вблизи устья р. Шаран; 5б – залив р. Ельцовка; 6а – мелководье вблизи устья р. Ирмень;
6б – залив р. Каракан; 7а – залив р. Мильтюш.

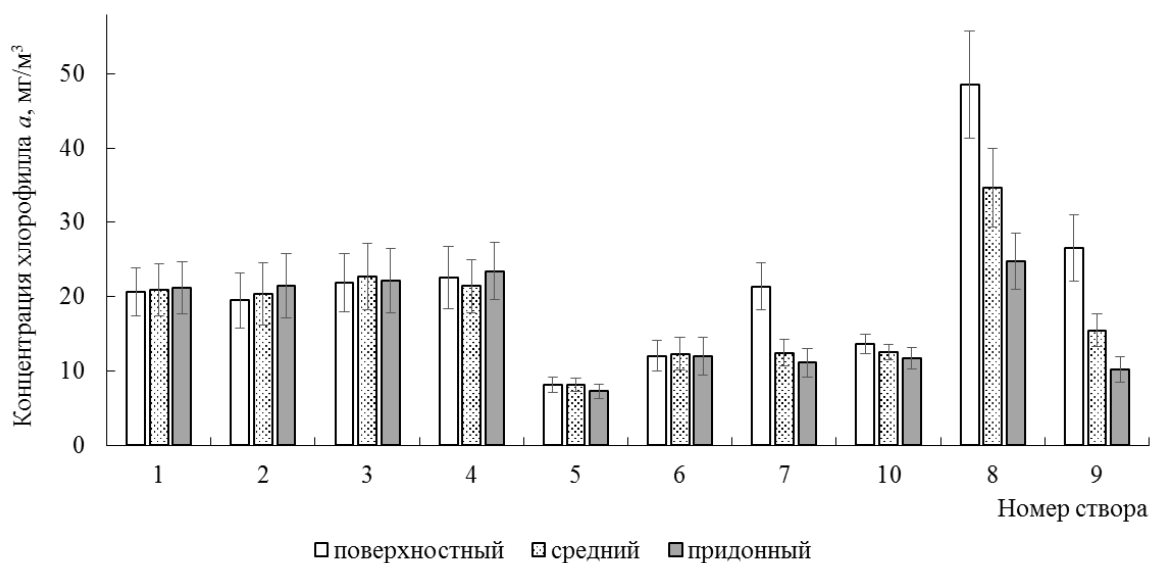


Рис. 2. Вертикальное распределение средней многолетней (по данным 2007-2018 гг.) концентрации хлорофилла *a* ($p=0,05$) в июле-августе на разных створах Новосибирского водохранилища.

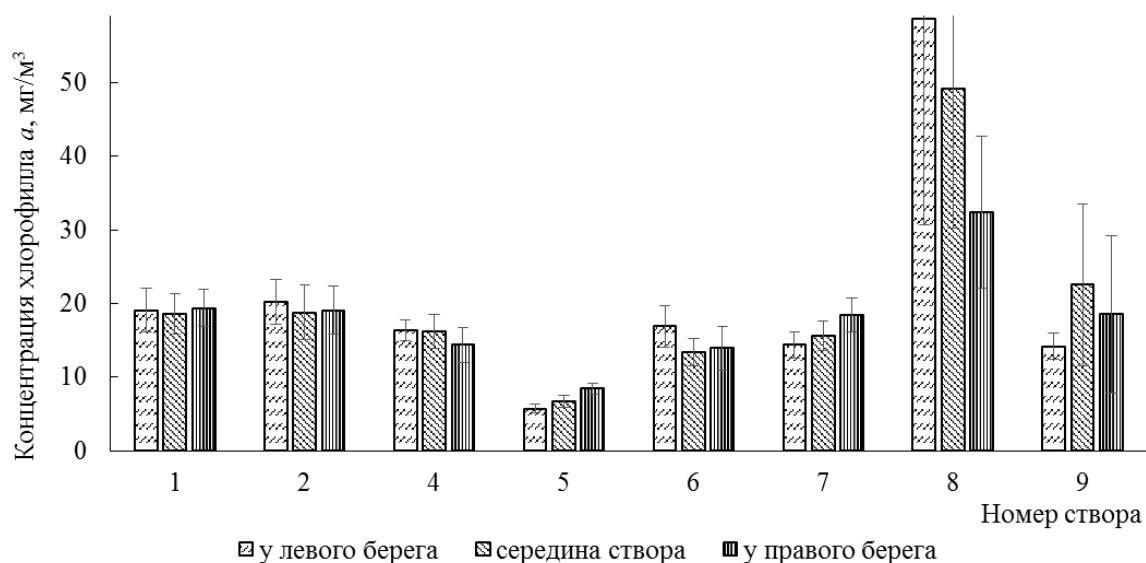


Рис. 3. Распределение средней многолетней (по данным 2007-2018 гг.) концентрации хлорофилла *a* ($p=0,05$) в июле-августе в поверхностном слое воды по поперечным разрезам Новосибирского водохранилища.

Горизонтальное распределение концентрации Хл *a* в поверхностном слое вдоль по водохранилищу неоднородно (рис. 4). В речной части (створы 1-4) отмечались максимальные значения при значительных межгодовых колебаниях. Резко отличается средняя часть водо-

хранилища (створ 5), где наблюдались наименьшие значения при очень слабых межгодовых колебаниях. В нижней части (створы 6, 7, 10) концентрация Хл *a* снова возрастала, но, как правило, не достигала уровня речной части; наименьшие межгодовые колебания

были характерны для приплотинного участка (створ 10).

Сравнительный анализ средних многолетних концентраций Хл *a* на русловых створах водохранилища, а также на мелководных участках и заливах показал, что в речной части содержание пигмента в воде на мелководьях не отличалось от такового на створах (рис. 5). Лишь в заливе за полуостровом у с. Чингис (4а) показатель возростал. На мелко-

водьях и в заливах средней части (5а, 5б) содержание Хл *a* также было выше, чем на русловом створе. В нижней части водохранилища повышенные значения показателя отмечались в заливе р. Мильтюш (7а) и особенно в заливе р. Бердь (створ 8), где средняя многолетняя концентрация Хл *a* в июле-августе превышала 50 мг/м³. Значения Хл *a* в заливе р. Каракан (6б) не отличались от значений в створе 6.

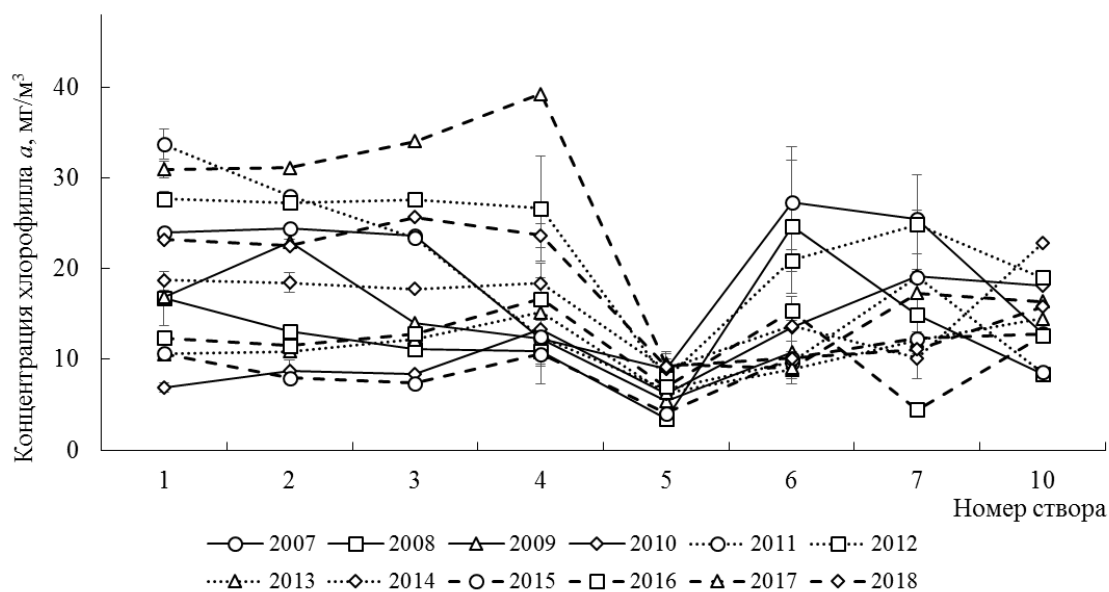


Рис. 4. Горизонтальное распределение средних по створу концентраций хлорофилла *a* ($p=0,05$) в июле-августе в поверхностном слое Новосибирского водохранилища в 2007-2018 гг.

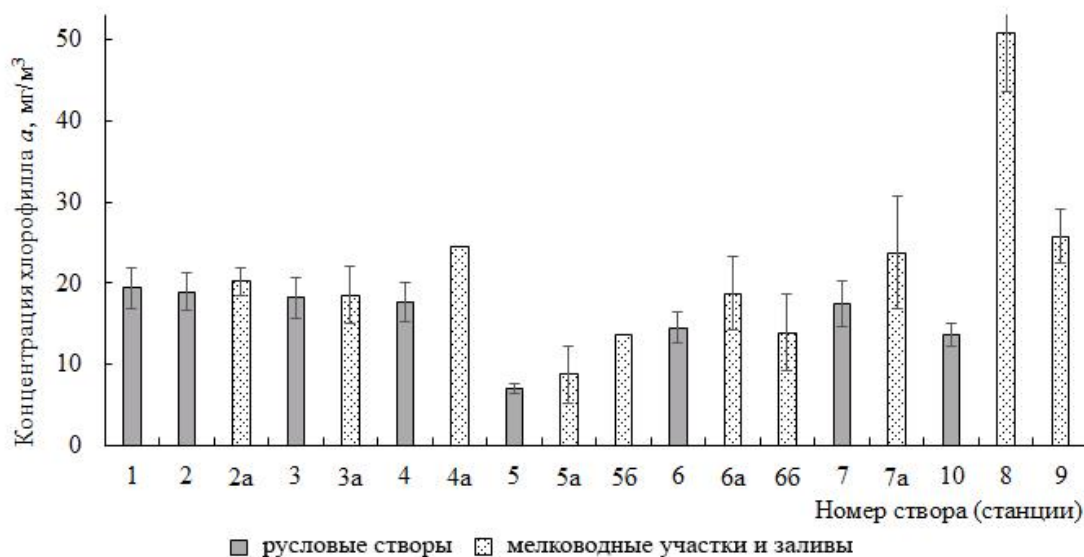


Рис. 5. Распределение средних многолетних концентраций хлорофилла *a* ($p=0,05$) в июле-августе в поверхностном слое на русловых створах Новосибирского водохранилища, а также на мелководных участках и в заливах (по данным 2007-2018 гг.).

Высокое содержание Хл *a* в речной части водохранилища соответствует уровню развития фитопланктона на вышерасположенном участке р. Обь, что обеспечивается достаточным содержанием минеральных форм азота и фосфора в воде [11]. Неоднородность развития фитопланктона по продольной оси водохранилища определяется сукцессией состава фитопланктона в результате уменьшения скорости течения воды в средней и особенно нижней частях водохранилища [6, 12]. В некоторых водохранилищах Волги (Горьковское, Куйбышевское) и Днепра (Каховское, Цимлянское), характеризующихся большой проточностью в верхней части и резким снижением скорости течения на расширенном или озерном участке, распределение общей биомассы фитопланктона такое же, как и в Новосибирском водохранилище. Оно представляется обычно в виде кривой с одним повышением в верховьях, а с другим – в низовьях, и уменьшением биомассы в районе смены преобладающих видов фитопланктона. На русловых участках водохранилищ обычно преобладают диатомовые водоросли, для которых характерно снижение общей биомассы по направлению к плотине. На расширенных нижних участках диатомовые, как правило, вытесняются цианопрокариотами, и биомасса снова повышается, как это показано для Горьковского [13] и Угличского [14] водохранилищ. Кроме того, отмечают, что уменьшение общей биомассы водорослей в водохранилищах по направлению к плотине частично обуславливается также выпадением из толщи воды бентосных и факультативно-планктонных форм вследствие уменьшения скорости течения [15].

Заключение

По материалам современных натуральных исследований 2007-2018 гг. выполнен анализ пространственного распределения фитопланктона (по содержанию хлорофилла *a*) в периоды его максимального развития (июль-август). Вертикальное распределение концентрации хлорофилла *a* в столбе воды равномерно в верхней и средней частях водоема; в нижней части максимальные значения отмечаются в поверхностном слое. На поперечных разрезах водохранилища распределение хлорофилла *a* неравномерно в средней и нижней частях, а также в Бердском заливе. Характерной особенностью продольного распределения хлорофилла *a* по водохранилищу является его высокое содержание в верхней части, значительное снижение в средней и повышение в нижней части. Это, вероятно, обусловлено уменьшением скорости течения и, как следствие, перестройкой речного сообщества водорослей, при которой выпадают виды речного комплекса, а озерный планктон еще не развит. Среди заливов водохранилища выделяется залив р. Бердь с наибольшей средней многолетней концентрацией пигмента.

Согласно международной трофической классификации водоемов [4], наиболее часто встречающиеся значения концентрации хлорофилла *a* в Новосибирском водохранилище в летние периоды 2007-2018 гг. характеризуют его как водоем эвтрофного типа. При этом выделяется средняя часть водоема, где уровень развития фитопланктона не превышает мезотрофного уровня.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований, грант № 18-04-01001.

Список литературы

1. Савкин В.М. Эколого-географические изменения в бассейнах рек Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 2000. – 152 с.

2. OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) (1982) Eutrophication of waters. Monitoring assessment and control. Final report. OECD Cooperative Programme on monitoring of Inland Waters (Eutrophication Control), Environment Directorate. – Paris, 1982. – 154 p.
3. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В.А. Абакумова. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 320 с.
4. Environment Canada: national guidelines and standards office. Water policy and co-ordination directorate. Canadian guidance framework for the management of phosphorus in freshwater system. Ottawa: National Guidelines and Standards Office Water Policy and Co-ordination Directorate Environment Canada, 2004. Report № 1-8. – 133 p.
5. Кириллов В.В., Чайковская Т.С. Пигментные характеристики фитопланктона Новосибирского водохранилища // Тр. ЗапСибНИИ. Вып. 70: Комплексные исследования Новосибирского водохранилища. – М.: Гидрометеиздат, 1985. – С. 84-97.
6. Подлипский Ю.И. К вопросу организации и некоторые итоги комплексных исследований Новосибирского водохранилища // Тр. ЗапСибНИИ. Вып. 70: Комплексные исследования Новосибирского водохранилища. – М.: Гидрометеиздат, 1985. – С. 3-16.
7. Подлипский Ю.И., Чайковская Т.С., Татарина Н.И., Мальцева М.М., Котикова Н.С., Шило О.Ю., Иренкова О.Г., Журба Н.В., Вишневская Т.И., Варламова Л.Т., Кусельман А.М. Разработка гидрохимических балансов Новосибирского водохранилища и оценка его биостока (по фитопланктону) в связи с проектируемым Катунским гидроузлом: Отчет о науч.-исслед. работе ЗАПСИБНИГМИ Госкомгидромета СССР. – Новосибирск, 1989. – 161 с. (рукопись).
8. Котовщиков А.В., Кириллов В.В. Содержание хлорофилла *a* фитопланктона в Новосибирском водохранилище // Многолетняя динамика водно-экологического режима Новосибирского водохранилища / В.М. Савкин [и др.]. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. – С. 107-118.
9. ГОСТ 17.1.4.02-90. Государственный контроль качества воды. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла «а». – М., 2003. – С. 587-600.
10. Определение содержания хлорофилла в планктоне пресных водоемов. Методические рекомендации. – Киев: Наукова думка. 1982. – 52 с.
11. Котовщиков А.В., Долматова Л.А. Динамика содержания хлорофилла *a* в р. Обь и ее связь с абиотическими факторами // Биология внутренних вод. – 2018. – № 1. – С. 29-38.
12. Куksen М.С., Чайковская Т.С. Фитопланктон Новосибирского водохранилища (1981-1982) // Тр. ЗапСибНИИ. – М.: Гидрометеиздат, 1985. – Вып. 70. – С. 61-76.
13. Волга и ее жизнь. – Л.: Наука, 1978. – 348 с.
14. Ляшенко О.А. Сезонная динамика и многолетние изменения фитопланктона и содержания хлорофилла в Угличском водохранилище // Биология внутренних вод. – 2000. – № 3. – С. 52-61.
15. Приймаченко А.Д. Течение как фактор, определяющий развитие фитопланктона в водоеме // Первичная продукция морей и внутренних вод. – Минск, 1961. – С. 314-317.

References

1. Savkin V.M. Ekologo-geograficheskiye izmeneniya v basseynakh rek Zapadnoy Sibiri. – Novosibirsk: Nauka, 2000. – 152 s.
2. OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) (1982) Eutrophication of waters. Monitoring assessment and control. Final report. OECD Cooperative Programme on monitoring of Inland Waters (Eutrophication Control), Environment Directorate. – Paris, 1982. – 154 p.
3. Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem / pod red. V.A. Abakumova. – SPb.: Gidrometeoizdat, 1992. – 320 s.

4. Environment Canada: national guidelines and standards office. Water policy and coordination directorate. Canadian guidance framework for the management of phosphorus in freshwater system. Ottawa: National Guidelines and Standards Office Water Policy and Coordination Directorate Environment Canada, 2004. Report № 1-8. – 133 p.
5. Kirillov V.V., Chaykovskaya T.S. Pigmentnye kharakteristiki fitoplanktona Novosibirskogo vodokhranilishcha // Tr. ZapSibNII. Vyp. 70: Kompleksnye issledovaniya Novosibirskogo vodokhranilishcha. – M.: Gidrometeoizdat, 1985. – S. 84-97.
6. Podlipsky Yu.I. K voprosu organizatsii i nekotorye itogi kompleksnykh issledovaniy Novosibirskogo vodokhranilishcha // Tr. ZapSibNII. Vyp. 70: Kompleksnye issledovaniya Novosibirskogo vodokhranilishcha. – M.: Gidrometeoizdat, 1985. – S. 3-16.
7. Podlipsky Yu.I., Chaykovskaya T.S., Tatarinova N.I., Maltseva M.M., Kotikova N.S., Shilo O.Yu., Irenkova O.G., Zhurba N.V., Vishnevskaya T.I., Varlamova L.T., Kuselman A.M. Razrabotka gidrokhimicheskikh balansov Novosibirskogo vodokhranilishcha i otsenka ego biostoka (po fitoplanktonu) v svyazi s proyektiruyemym Katunskim gidrouzлом: Otchet o nauch.-issled. rabote ZAPSIBNIGMI Goskomgidrometa SSSR. – Novosibirsk, 1989. – 161 s. (rukopis).
8. Kotovshchikov A.V., Kirillov V.V. Soderzhaniye khlorofilla a fitoplanktona v Novosibirskom vodokhranilishche // Mnogoletnyaya dinamika vodno-ekologicheskogo rezhima Novosibirskogo vodokhranilishcha. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2014. – S. 107-118.
9. GOST 17.1.4.02-90. Gosudarstvennyy kontrol kachestva vody. Metodika spektrofotometricheskogo opredeleniya khlorofilla «a». – M.: Izd-vo standartov, 2003. – S. 587-600.
10. Opredeleniye soderzhaniya khlorofilla v planktone presnykh vodoyemov. Metodicheskiye rekomendatsii. – Kiyev: Naukova dumka. 1982. – 52 s.
11. Kotovshchikov A.V., Dolmatova L.A. Dinamika soderzhaniya khlorofilla a v r. Ob i eye svyaz s abioticheskimi faktorami // Biologiya vnutrennikh vod. – 2018. – № 1. – S. 29-38.
12. Kuksn M.S., Chaykovskaya T.S. Fitoplankton Novosibirskogo vodokhranilishcha (1981-1982) // Tr. ZapSibNII. – M., 1985. – Vyp. 70. – S. 61-76.
13. Volga i eye zhizn. – L.: Nauka, 1978. – 348 s.
14. Lyashenko O.A. Sezonnyaya dinamika i mnogoletniye izmeneniya fitoplanktona i soderzhaniya khlorofilla v Uglichskom vodokhranilishche // Biologiya vnutrennikh vod. – 2000. – № 3. – S. 52-61.
15. Prymachenko A.D. Tsecheniye kak faktor, opredelyayushchy razvitiye fitoplanktona v vodoyeme // Pervichnaya produktsiya morey i vnutrennikh vod. – Minsk, 1961. – S. 314-317.

SPATIAL HETEROGENEITY OF CHLOROPHYLL *a* CONTENT IN NOVOSIBIRSK RESERVOIR

A.V. Kotovshchikov¹, L.V. Yanygina¹⁻²

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

²Altai State University, Barnaul

*Spatial heterogeneity of phytoplankton chlorophyll *a* in the Novosibirsk reservoir in summer was analyzed based on the long-term studies (2007-2018). Vertical and horizontal distribution of phytoplankton chlorophyll *a* in different parts of the reservoir was identified. Along with very weak inter-annual fluctuations, its concentrations were the lowest in the middle part. The highest content of chlorophyll *a* is typical for deep-water sections of the river part. The Berd Bay is distinguished by the highest average long-term concentration of pigment among the bays of the reservoir. The Novosibirsk reservoir is eutrophic according to the most frequent values of summer chlorophyll concentrations.*

Key words: phytoplankton, chlorophyll, trophic status, Novosibirsk reservoir.

Received September 11, 2018

УДК 54.062+504.3.054

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВТОТРАНСПОРТА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ГОРОДЕ БАРНАУЛЕ

О.М. Лабузова¹, Т.В. Носкова¹, М.С. Лысенко¹, Д.П. Подчуфарова¹,
Е.Г. Ильина², Т.С. Папина¹

¹Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, E-mail: tom9292@mail.ru

²Алтайский государственный университет, Барнаул, E-mail: elena_iljina@yahoo.com

Проведенное исследование показало, что в зимнее время автомобильный транспорт является существенным источником загрязнения атмосферы г. Барнаула формальдегидом, нефтепродуктами, взвешенными и органическими (определяемыми по ХПК) веществами, наиболее высокие концентрации которых содержатся в непосредственной близости от автомобильных дорог.

Ключевые слова: нефтепродукты, формальдегид, ХПК, взвешенные вещества, снежный покров.

Дата поступления 1.06.2018

Снежный покров служит интегральным показателем качества атмосферы [1-2], основными источниками загрязнения, которой являются выбросы автотранспорта и промышленных предприятий [3]. Наиболее распространены поллютанты окружающей среды – органические и взвешенные вещества. Нефтепродукты и формальдегид оказывают токсическое воздействие на организм в целом, поражая центральную нервную систему и органы дыхания [4]. Органические углеводородные соединения влияют на сердечно-сосудистую систему и показатели крови, приводя к нарушению деятельности печени и эндокринных желез [5]. Многие углеводороды, особенно в составе нефтепродуктов, обладают канцерогенным действием и способны к бионакоплению [6-7]. Взвешенные вещества включают в себя пыль, золу, сажу, цемент, дым, сульфаты и нитраты. При попадании в дыхательные пути и легкие человека они оказывают на организм негативное воздействие, приводя к нарушению системы дыхания и кровообращения [8-9].

Целью работы была оценка влияния автотранспорта при различной степени

нагрузки на уровень загрязнения снежного покрова по таким показателям, как химическое потребление кислорода (ХПК), нефтепродукты (НП), формальдегид, взвешенные вещества (ВВ). Для этого, в марте 2017 г в центре г. Барнаула в период максимального снежного накопления, были отобраны пробы снежного покрова на всю глубину его залегания на расстоянии 15 м и 25 м в удалении от автомобильной дороги. Карта-схема расположения точек отбора представлена на рисунке 1. Л₁ и Л₂ находятся вблизи наиболее интенсивно загруженной городской магистрали пр-т Ленина, где в течение 20 минут проезжает порядка 1078 легковых машин и 127 автобусов [10]. П₁ и П₂ расположены со стороны ул. Профинтерна, характеризующейся меньшим потоком машин, вследствие одностороннего движения и уменьшения количества полос проезжей части. М₁ и М₂ находятся вдали от автомобильных дорог (на расстоянии более 50 м) около здания Художественного музея. Со стороны другой интенсивно загруженной магистрали пр-т Калинина отобрать пробы оказалось не возможно из-за перераспределения снежного покрова при его уборке.

Содержание загрязняющих веществ в талой воде снежного покрова проводили методами: флуориметрии (нефтепродукты, формальдегид) – на анализаторе жидкости Флюорат-02-3М; спектрофотометрии (ХПК) – на спектрофотометре DR-2800 с предварительным разложением пробы в высокотемпературном термостате «НТ 200S» в фильтрованных и нефилтрованных пробах; гравиметрии (ВВ). На рисунке 2 представлены результаты анализа, из которого следует, что наиболее высокие концентрации загрязняющих веществ определены в точках непосредственно вблизи автодорог (Л₁ и П₁).

Это может быть связано с тем, что источником нефтепродуктов и формальдегида является автотранспорт, а наличие взвешенных веществ в снежном покрове обусловлено применением песчано-соляной смеси, основу которой составляет песок, и механическим выносом компонентов дорожного покрытия

и различных частиц из состава автопокрышек.

Близкие по значению концентрации формальдегида и нефтепродуктов в точках с разной степенью загруженности (пр-т Ленина и ул. Профинтерна) можно объяснить спецификой автомобильного трафика. Несмотря на меньшую загруженность транспортом ул. Профинтерна на ней разрешен проезд грузовых машин и рейсовых автобусов, а более продолжительный сигнал светофора способствует длительному стоянию машин в пробке и увеличению количества автотранспортных выхлопов, являющихся основным источником нефтепродуктов и формальдегида.

В точках Л₂ и П₂ концентрация НП, ВВ и формальдегида с увеличением расстояния от дороги уменьшается. Исключение составляют данные по ХПК, которые одинаковы в пределах погрешности как в пробах вблизи дороги, так и в удалении от нее.

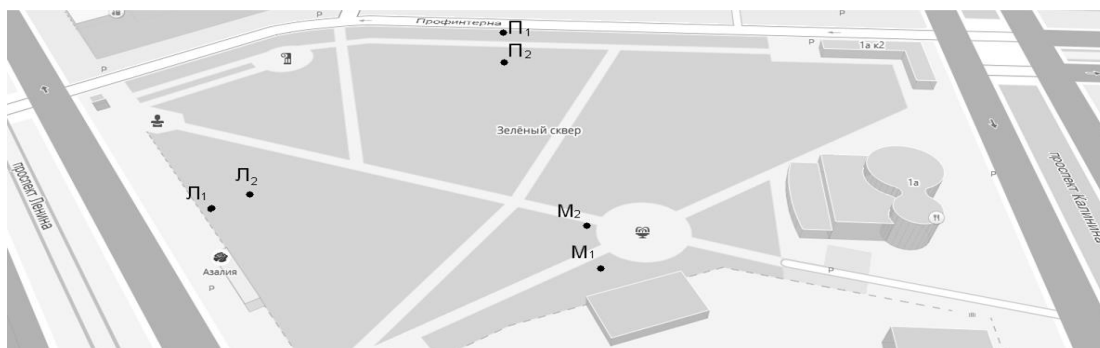


Рис. 1. Карта-схема расположения точек отбора

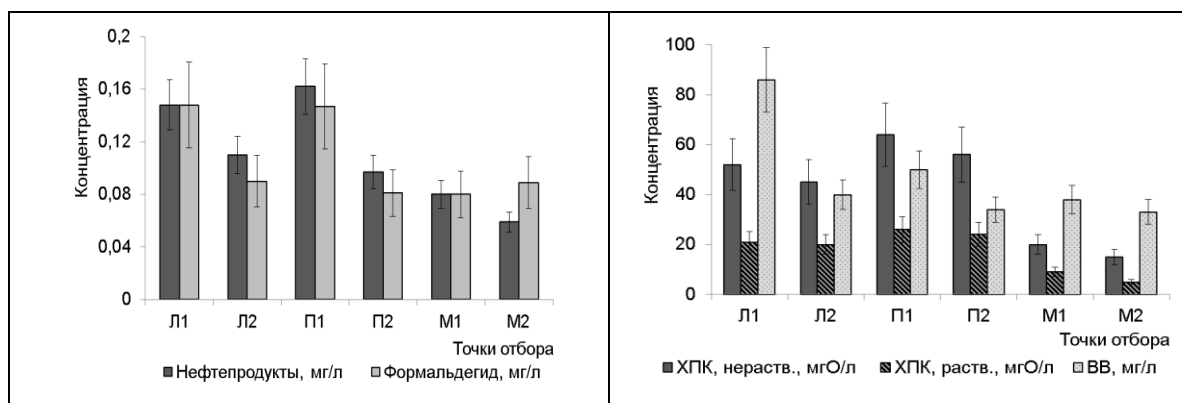


Рис. 2. Содержание загрязняющих веществ в талой воде снежного покрова

Это может свидетельствовать о поступлении стойких к окислению органических соединений от других источников (например, выбросы ТЭЦ), что требует более детальных последующих исследований. Причем значения ХПК в точках со стороны ул. Профинтерна выше, чем со стороны пр-т Ленина. В точках М₁ и М₂ обнаружены минимальные содержания всех исследуемых поллютантов, что также является подтверждением тому,

что основным городским источником эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду г. Барнаула является автомобильный транспорт. Уровень загрязнения НП и формальдегидом зависит не только от интенсивности, но и от специфики движения автотранспорта. Наиболее высокие концентрации загрязнителей аккумулируются в непосредственной близости от автомобильных дорог.

Список литературы

1. Андрианов В.А., Булаткина Е.Г., Сокиро Г.И. Снежный покров как индикатор загрязнения ландшафтов Северного Прикаспия // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 1(44). – С. 114-123.
2. Шумилова М.А., Садидуллина О.В., Петров В.Г. Исследование процесса накопления загрязняющих веществ городской атмосферы в снежном покрове на примере г. Ижевска // Вест. УдГУ. – 2012. – № 4-3. – С. 87-93.
3. Колесник В.Е., Бучавый Ю.В., Михайлов А.Ю. Мониторинг приоритетных загрязнителей атмосферы Днепропетровска // Національний гірничий університет. Збірник наукових праць. Дніпро: НГУ, 2015. – № 47. – С. 58-67.
4. Дорогова В.Б., Тараненко Н.А., Рычагова О.А. Формальдегид в окружающей среде и его влияние на организм (обзор) // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2010. – № 1(71). – С. 32-35.
5. Смольникова В.В., Емельянов С.А., Дементьев М.С. Воздействие углеводородов нефти на окружающую среду и способы очистки нефтезагрязненных субстратов // Изв. Самарского НЦ РАН. – 2009. – Т. 11. – № 1(6). – С. 1378-1380.
6. Almeda R., Wambaugh Z., Chai C., Wang Z., Liu Z., Buskey E. J. Effects of Crude Oil Exposure on Bioaccumulation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Survival of Adult and Larval Stages of Gelatinous Zooplankton // PLOS ONE. – 2013. – Vol. 8. – I. 10.
7. Abdel-Shafy Hussein I., Mona Mansour S.M. A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: Source, environmental impact, effect on human health and remediation // Egyptian J. of Petroleum. – 2016. – Vol. 25. – Is. 1. – P. 107-123.
8. Стрелева А.Б., Барикаева Н.С., Калюжина Е.А., Николенко Д.А. Анализ источников загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсной пылью // Интернет-вестник ВолгГАСУ. – 2014. – № 3(34). – С. 11.
9. Качество воздуха в крупнейших городах России за десять лет 1998-2007 гг. Аналитический обзор. – Санкт-Петербург, 2009. – 133 с.
10. Лабузова О.М., Носкова Т.В., Лысенко М.С., Папина Т.С. Оценка уровня загрязнения нефтепродуктами атмосферы города Барнаула по результатам исследования снежного покрова // Изв. АО РГО. – 2016. – № 1(40). – С. 53-56.

References

1. Andrianov V.A., Bulatkina Ye.G., Sokiro G.I. Snezhny pokrov kak indikator zagryazneniya landshaftov Severnogo Prikaspiya // Geologiya, geografiya i globalnaya energiya. – 2012. – № 1(44). – С. 114-123.
2. Shumilova M.A., Sadiullina O.V., Petrov V.G. Issledovaniye protsessa nakopleniya zagryaznyayushchikh veshchestv gorodskoy atmosfery v snezhnom pokrove na primere g. Izhevskaya // Vest. UdGU. – 2012. – № 4-3. – S. 87-93.

3. Kolesnik V.E., Buchavy Yu.V., Mikhaylov A.Yu. Monitoring prioritnykh zagryazniteley atmosfery Dnepropetrovska // Natsionalny gornichy universitet. Zbirnik naukovikh prats. Dnipro: NGU, 2015. – № 47. – S. 58-67.
4. Dorogova V.B., Taranenko N.A., Rychagova O.A. Formaldegid v okruzhayushchey srede i ego vliyaniye na organizm (obzor) // Byul. VSNTs SO RAMN. – 2010. – № 1(71). – S. 32-35.
5. Smolnikova V.V., Yemelyanov S.A., Dementyev M.S. Vozdeystviye uglevodorodov nefti na okruzhayushchuyu sredu i sposoby ochistki neftezagryaznennykh substratov // Izv. Samarskogo NTs RAN. – 2009. – T. 11. – № 1(6). – S. 1378-1380.
6. Almeda R., Wambaugh Z., Chai C., Wang Z., Liu Z., Buskey E. J. Effects of Crude Oil Exposure on Bioaccumulation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Survival of Adult and Larval Stages of Gelatinous Zooplankton // PLOS ONE. – 2013. – Vol. 8. – I. 10.
7. Abdel-Shafy Hussein I., Mona Mansour S.M. A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: Source, environmental impact, effect on human health and remediation // Egyptian J. of Petroleum. – 2016. – Vol. 25. – Is. 1. – R. 107-123.
8. Strelyaeva A.B., Barikayeva N.S., Kalyuzhina Ye.A., Nikolenko D.A. Analiz istochnikov zagryazneniya atmosfernogo vozdukh melkodispersnoy pylyu // Internet-vestnik VolgGASU. – 2014. – № 3(34). – S. 11.
9. Kachestvo vozdukh v krupneyshikh gorodakh Rossii za desyat let 1998-2007 gg. Analitichesky obzor. – Sankt-Peterburg, 2009. – 133 s.
10. Labuzova O.M., Noskova T.V., Lysenko M.S., Papina T.S. Otsenka urovnya zagryazneniya nefteproduktami atmosfery goroda Barnaula po rezultatam issledovaniya snezhnogo pokrova // Izv. AO RGO. – 2016. – № 1(40). – S. 53-56.

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF ROAD TRANSPORT

ON THE POLLUTION OF SNOW COVER IN THE CITY OF THE BARNAUL

O.M. Labuzova¹, T.V. Noskova¹, M.S. Lysenko¹, D.P. Podchufarova¹, E.G. Ilina², T.S. Papina¹

¹Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, E-mail: mom9292@mail.ru

²Altai state University, Barnaul, E-mail: elena_iljina@yahoo.com

The study showed that in winter season road transport is the main source of air pollution by formaldehyde, oils, suspended and organic substances in the city of the Barnaul. The highest concentrations of pollutants are found in the immediate vicinity of roads.

Key words: oils, formaldehyde, chemical oxygen demand, suspended solids, snow cover.

Received June 1, 2018

УДК 631.4

ГЕОХИМИЯ ПОЧВ ГОРНО-ЛЕСНОГО ПОЯСА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО АЛТАЯ

И.А. Трошкова, Т.А. Рождественская, А.В. Пузанов, И.В. Горбачев, С.Н. Балыкин
Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, E-mail: egorka_iren@mail.ru

Исследован элементный химический состав почв горно-лесного пояса Северо-Западного Алтая. Выявлен повышенный геохимический фон, обусловленный как тяжелым гранулометрическим составом почвообразующих пород и почв, большим количеством органического вещества, наличием геохимических барьеров в почвах, так и влиянием полиметаллических месторождений. В горно-лесных бурых почвах установлено загрязнение природного происхождения: содержания цинка, свинца, кадмия, мышьяка превышают уровень фона и принятые в России нормативы.

Ключевые слова: тяжелые металлы, мышьяк, радиоактивные элементы, полиметаллические месторождения, внутрипрофильное распределение, геохимические барьеры.

Дата поступления 17.05.2018

Северо-Западный Алтай – это совокупность хребтов, образующих водораздел Оби и Иртыша на северо-западе Алтая – горной системы, расположенной на границе России, Монголии, Китая и Казахстана. Основу Северо-Западного Алтая образуют северные отроги хребтов Тигирецкого, Коргонского, Коксуйского и Башчелакского, протягивающихся параллельно с северо-запада на юго-восток. Средние высоты хребтов достигают 1600-2000 м, максимальные – 3000 м. Горные хребты служат барьером на пути влажных воздушных масс, приходящих с запада. В низкогорьях здесь широко развиты луговые степи и лесостепи, сменяющиеся выше черневыми высокотравными лесами. Встречаются березово-осиновые, пихтово-осиновые леса. По крутым склонам среднегорий господствует темнохвойная тайга, переходящая на высоте 1700-1800 м в субальпийские редколесья. На верхних уровнях среднегорий распространены альпийско-, субальпийско-луговые и тундровые ландшафты.

С одной стороны, здесь практически нет промышленных предприятий, способных оказывать негативное влияние на компоненты экосистем, с другой – на территории находится ряд месторожде-

ний, рудопроявлений, ореолов рассеяния черных и цветных металлов, поскольку Алтай является одним из богатейших регионов России по запасам полезных ископаемых. Слабое антропогенное воздействие на территории исследования позволяет выявить здесь фоновое состояние элементного химического состава почв в условиях только естественного загрязнения (месторождения не разрабатываются).

Целью исследования была оценка почвенно-геохимического состояния горно-лесного пояса Северо-Западного Алтая.

Объекты и методы исследования

Почвенный покров лесного пояса рассматриваемой территории представлен следующими типами: горно-лесные бурые, горно-лесные черноземовидные, дерново-подзолистые.

Горно-лесные бурые почвы встречаются в регионе исследований фрагментарно. Формируются в условиях высокогорного лесного пояса под кедрово-лиственничными лесами на элювиоделювии пород различного петрографического состава. Мощность профиля очень часто не превышает 1 м. Почвы отличаются слабой дифференциацией

по морфологическим признакам, как правило, они многогумусные. Содержание гумуса, обычно фульватного состава, постепенно снижается вниз по профилю от 4,0-7,5 % в гумусово-аккумулятивных горизонтах до 0,2-2,0 % в горизонтах, переходных к породе (табл. 1). Почвы обладают средней и низкой емкостью катионного обмена (до 20,0-23,0 мг-экв/100 г почвы в гумусовых горизонтах). Поступление тонкодисперсного материала осуществляется вследствие активного внутрипочвенного выветривания. Периодически промывной тип водного режима и хорошая дренируемость почвенного профиля (за счет обильного включения обломков горных пород) создают предпосылки для элювиально-иллювиального распределения продуктов выветривания. По гранулометрическому составу горно-лесные бурые почвы Северо-Западного Алтая тяжелосуглинистые. Рассматриваемые почвы характеризуются кислой реакцией среды и высоким содержанием подвижного железа.

Для развития буроземного процесса необходимы такие гидротермические

условия и растительный покров, которые бы способствовали высокой биологической активности, быстрому темпу разложения органических остатков, т.е. энергичному круговороту веществ. Обязательным условием является наличие в толще почвы грубоскелетного материала, богатого первичными минералами, быстрое выветривание которых при благоприятных гидротермических условиях обеспечивает их интенсивный распад и поступление освобождающихся оснований в почвенно-поглощающий комплекс.

Горно-лесные дерново-подзолистые почвы формируются в среднегорье бассейнов рек Белая, Тулата, Восточного и Чеснокова Алея под пихтовыми и осиново-пихтовыми черневыми лесами на тяжелосуглинистых и легкоглинистых отложениях в условиях обильного увлажнения. Почвы характеризуются интенсивным биологическим круговоротом. Огромная биомасса, ежегодно поступающая на поверхность почвы, минерализуется, поэтому подстилки очень маломощные, иногда фрагментарные.

Таблица 1

Свойства почв горно-лесного пояса

Генетический горизонт	Глубина образца, см	pH	CaCO ₃ , %	Гумус, %	Емкость поглощения, мг-экв/100 г почвы	Ил, %	Глина, %
<i>10-Чар-07. Хребет Горький белок. Горно-лесная бурая почва</i>							
A _д	0-20	5,4	нет	7,3	19,5	13	44
AB	20-30	5,2	нет	3,3	15,0	16	45
BC	60-70	5,5	нет	2,1	15,0	15	45
<i>03-Чар-07. Долина р. Сентелек. Дерново-подзолистая почва</i>							
A _д	0-17	5,2	нет	6,9	21,1	5	32
A ₁ A ₂	25-35	5,2	нет	2	10,5	4	52
A ₂ B	50-60	5,2	нет	1,5	13,5	5	56
B ₁	75-85	5,3	нет	1,1	13,5	2	54
<i>02-Чар-07. Район с. Березовка. Среднегорье. Горно-лесная черноземовидная почва</i>							
A _д	0-12	6,0	нет	7,6	38,0	7	51
A	15-25	6,3	нет	7,1	38,0	6	53
AB	50-60	6,6	нет	4,2	36,5	7	54
B _к	100-110	8,1	2,3	0,9	19,8	7	57
BC _к	130-140	8,3	2,0	0,6	13,7	6	59
<i>04-Чар-07. 2 км от с. Сентелек. Горно-лесная черноземовидная почва</i>							
A _д	0-8	5,9	нет	14,3	45,1	5	33
A	10-20	6,4	нет	10,1	40,6	7	40
AB _к	25-35	7,8	3,2	4,4	24,0	4	41
B _к	70-80	8,2	0,9	0,9	13,5	3	44

Дерново-подзолистые почвы отличаются высоким содержанием гумуса гуматно-фульватного состава в верхней части профиля. Содержание гумуса колеблется от 0,2 (почвообразующая порода) до 5-7 % (гумусовые горизонты). Почвы слабокислые.

Горно-лесные черноземовидные почвы распространены в восточной части региона исследований, в среднегорье и низкогорье бассейнов Чарыша, Кумира, Коргона, Ини. Формируются под листовенными и березово-лиственничными и березовыми травянистыми лесами на элювио-делювии пород разнообразного петрографического состава. Хорошо развитый травянистый ярус играет ведущую роль в формировании рассматриваемых почв. Отличительная черта черноземовидных почв – их биогенность и высокая биологическая активность, численность почвенных животных и азотфиксирующих микроорганизмов весьма велика. Почвы имеют черноземный облик. Мощность профиля определяется положением почвы в рельефе. Рассматриваемые почвы могут быть как карбонатными, так и бескарбонатными. По гранулометрическому составу преобладают суглинистые разновидности. Микро- и макроструктурность почв хорошая, водопрочность агрегатов значительная.

Гумусовый горизонт очень хорошо развит. В дернине содержится до 35 % органического вещества, в 10-15-ти сантиметровом слое 8-15 % гумуса. Содержание гумуса плавно уменьшается вниз по профилю, состав гумуса фульватно-гуматный. Емкость обмена в верхней части профиля варьирует от 30 до 70 мг-экв на 100 г почвы и убывает постепенно вниз по профилю. В составе обменных катионов преобладают кальций и магний. Реакция среды в бескарбонатных горизонтах слабокислая или нейтральная, в карбонатных щелочная. Горно-лесные черноземовидные почвы не засолены, сумма солей не превышает 0,15 %.

Свойства почв определены общепринятыми в почвоведении и агрохимии методами [1]. Определение валового со-

держания химических элементов в образцах почвы проводилось инструментальным нейтронно-активационным методом анализа (ИНАА) в аккредитованной (аттестат № РОСС RU.0001.511901) ядерно-геохимической лаборатории на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т Национального исследовательского Томского политехнического университета по аттестованным методикам (НСАМ ВИМС № 410-ЯФ).

Результаты и обсуждение

Анализ элементного химического состава почв горно-лесного пояса Северо-Западного Алтая выявил высокие содержания основных рудообразующих элементов полиметаллических месторождений – цинка и свинца, а также сопутствующего кадмия – в горно-лесных бурых почвах хребта Горький белок (табл. 2). Повышенные в сравнении с фоном концентрации цинка и кадмия отмечаются и в дерново-подзолистых почвах. О природном происхождении металлов свидетельствует их относительно равномерное распределение по всей глубине профиля: в техногенных ландшафтах, как правило, содержание элементов резко уменьшается с глубиной. Их миграция из верхних горизонтов в нижние практически не происходит, аномальные содержания в почвах прослеживаются на глубину в среднем до 30 см [2-3].

Кадмий не является элементом-биофилом, тем не менее, при высоких концентрациях в почвах отмечается тенденция к накоплению его в дерновых горизонтах. Это, вероятно, обусловлено геохимическим сходством металла с биогенным цинком и высокой подвижностью в зоне гипергенеза.

Ярко выраженный аккумулятивный тип распределения характерен только для марганца (имеет более высокий коэффициент биологического поглощения в сравнении с остальными исследованными микроэлементами) в горно-лесной бурой почве. Это связано с биогенным поглощением почвенной микрофлорой и манганофильной растительностью.

Таблица 2

Концентрация элементов (мг/кг), торий-урановое отношение и удельная активность ^{40}K в почвах (Бк/кг)

Генетический горизонт	Глубина, см	*Fe	*Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	V	Ni	Co	Sb	As	U	Th	Th/U	^{40}K
<i>10-Чар-07. Хребет Горький белок. Горно-лесная бурая почва</i>																
Ад	0-20	4,45	0,33	394	25,5	128,0	2,26	161	50,7	20,70	3,30	25,38	2,65	10,73	4,0	867
AB	20-45	4,42	0,27	432	19,4	98,7	1,98	160	39,8	18,91	3,27	21,36	3,47	10,56	3,0	786
BC	45-...	4,70	0,13	403	23,8	92,4	3,45	116	32,6	18,85	3,09	23,19	3,25	12,63	3,9	664
<i>03-Чар-07. Долина р. Сентелек. Дерново-подзолистая почва</i>																
Ад	0-17	3,34	0,12	196	35,3	41,7	1,34	144	52,3	12,78	1,90	13,94	2,30	10,01	4,4	939
A ₁ A ₂	25-35	3,85	0,11	184	49,8	33,9	0,95	95	65,0	14,53	1,76	13,15	2,53	12,14	4,8	977
A ₂ B	50-60	4,17	0,12	204	38,2	33,1	0,70	173	59,0	22,82	1,99	18,22	4,06	15,09	3,7	1105
B ₁	75-85	4,75	0,16	224	38,7	34,0	0,58	168	50,5	20,12	3,07	20,06	3,13	12,14	3,9	1042
<i>02-Чар-07. Район с. Березовка. Среднегорье. Горно-лесная черноземовидная карбоновая выщелоченная почва</i>																
Ад	0-12	4,34	0,08	139	41,5	28,6	0,83	114	61,0	20,03	1,65	11,36	2,70	12,20	4,5	510
A	12-34	4,75	0,08	133	41,1	29,0	1,31	94	65,0	22,57	1,45	11,56	2,26	12,52	5,5	582
AB	34-74	4,79	0,09	105	40,8	24,9	0,82	127	53,4	21,94	1,33	11,69	2,33	11,73	5,0	745
Bк	74-120	4,15	0,07	137	31,7	25,5	0,99	77	56,0	20,03	1,24	9,97	1,82	10,33	5,7	798
BCк	120-...	4,15	0,07	172	33,6	23,4	1,35	81	52,2	18,59	1,72	10,63	2,35	12,35	5,3	642
<i>04-Чар-07. 2 км от с. Сентелек. Горно-лесная черноземовидная почва</i>																
Ад	0-8	3,50	0,09	112	35,2	32,7	1,17	104	56,0	16,29	1,68	9,76	2,19	11,24	5,1	826
A	8-26	3,84	0,08	146	39,9	25,0	0,93	110	65,0	17,69	1,24	7,47	1,94	11,95	6,2	764
ABк	26-63	4,33	0,08	126	36,7	26,5	0,73	65	51,9	18,47	2,01	10,11	2,19	12,86	5,9	770
Bк	63-...	2,24	0,07	77	31,1	25,2	0,89	128	49,0	9,92	1,58	5,50	1,21	6,46	5,3	1161
Кларк в земной коре [4]		4,65	0,10	83	47,0	16,0	0,13	90	58,0	18,00	0,50	1,70	—	—	—	—
Кларк в почвах [5]		3,80	0,05	60	23,0	20,0	0,16	90	20,0	9,00	0,90	6,00	1,50	6,50	—	—
ОДК [6]		—	—	220	132,0	130,0	2,0	—	80,0	—	—	10,0	—	—	—	—

Примечание: *Fe и *Mn – в %; «—» – нет данных.

Свинец характеризуется геохимической малоподвижностью, большей приуроченностью к первичным минералам в сравнении с другими рассматриваемыми элементами, поэтому накапливается в верхних горизонтах всех типов почв, даже дерново-подзолистых, где подзолообразование приводит к разрушению и выносу в нижележащие горизонты неустойчивых продуктов выветривания. В связи с этим верхняя часть профиля дерново-подзолистых почв обеднена сидерофильными элементами – железом, кобальтом и никелем – и даже литофильными, обладающими сродством к силикатным минералам, – ванадием и торием. При этом в иллювиальных и переходных к ним горизонтах этих почв формируется мощный сорбционный геохимический барьер, препятствующий миграции большинства элементов за пределы почвенного профиля, несмотря на значительное увлажнение территории.

Выявлено высокое содержание мышьяка в почвах, превышающее как среднее содержание в почвах мира, так и принятые в России нормативы: ОДК элемента составляют 2-10 мг/кг [6]. Незагрязненные почвы мира редко содержат мышьяк в количествах, превышающих 10 мг/кг [7]. Аномальность выявленных содержаний элемента в почвах Северо-Западного Алтая обусловлена, с одной стороны, литохимическими особенностями территории исследования, с другой – несовершенством нормативов. По данным А.В. Пузанова, С.В. Бабошкиной (2009) [8], содержание As в педосфере Алтая изменяется в пределах от 0,5 до 346 мг/кг. Ранее на юге Западной Сибири выявлены почвенно-геохимические провинции с повышенным содержанием мышьяка [9-10]. Эта геохимическая особенность связана с фосфоритоносностью отложений Алтае-Саянской горной страны – мышьяку свойственно геохимическое сродство к фосфору [11].

В исследуемых почвах высокое содержание мышьяка обусловлено также и влиянием полиметаллических месторождений. Максимальные concentra-

ции элемента приурочены к тем же почвам, что и самые высокие содержания рудообразующих элементов полиметаллических месторождений – цинка и свинца. В рудах этих месторождений мышьяк входит в парагенетическую ассоциацию с рудообразующими элементами. В черноземовидных почвах количество As в 2-2,5 раза ниже (табл. 2) и соответствует данным для почв бассейна р. Чарыш в целом – $9,9 \pm 0,7$ [8]. Этой же величине соответствует и среднее содержание As в почвах горно-лесного пояса в целом (табл. 3).

В горно-лесных бурых почвах наблюдаются повышенные концентрации еще одного попутного непромышленного компонента полиметаллических руд – сурьмы.

^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K – долгоживущие радиоактивные изотопы, имеющие важное геохимическое значение: присутствием этих нуклидов в составе почв обусловлена их радиоактивность [12]. В целом, содержание радионуклидов в исследуемых почвообразующих породах и почвах находится на уровне фона (в почвообразующих породах для урана 2-6 мг/кг [13], тория – 8 мг/кг [14], в почвах – 3-5,1 и 4-16 мг/кг соответственно [15]). Отмечается незначительная аккумуляция урана и тория в обогащенных органическим веществом горизонтах горно-лесных черноземовидных почв, в иллювиальных же концентрация нуклидов заметно уменьшается. В дерново-подзолистых почвах максимум исследуемых изотопов приходится на переходный к иллювиальному горизонт.

Накопления калия, относящегося к важным биогенным элементам [12], в гумусовых горизонтах, тем не менее, не отмечено. Он характеризуется довольно высокой подвижностью в водных растворах, мигрирует вниз по профилю и за его пределы. Дерново-подзолистым почвам с их интенсивным биологическим круговоротом свойственно более высокое в сравнении с почвами других типов содержание радионуклида.

Таблица 3

Вариационно-статистические
параметры содержания элементов
в почвах, мг/кг

Элемент	Пределы колебаний	Средняя арифметическая и ошибка	Коэффициент вариации, %
Fe	22367-47898	41104±1654	16
Mn	650-3250	1216±184	60
Zn	77-433	128±9*	56
Cu	19,4-49,8	35,1±1,9	22
Pb	23,4-128	26,8±1,0*	11
Cd	0,58-3,45	1,00±0,07*	22
V	65-173	119±8	28
Ni	32,6-65,0	53,7±2,2	16
Co	9,9-22,8	18,4±0,9	19
Sb	1,24-3,30	1,54±0,08	17
As	5,5-25,4	9,8±0,7*	42
U	1,21-4,06	2,52±0,17	27
Th	6,46-15,09	11,56±0,46	16
K	16300-37100	26313±1472	22

Примечание: * – рассчитано без учета почв в зоне влияния месторождений.

Заключение

Наличие высотной поясности в Северо-Западного Алтая обуславливает значительное разнообразие почв. Дана оценка почвенно-геохимического состояния почв горно-лесного пояса. Рассчитаны фоновые концентрации химических элементов в педосфере. Выявлен повышенный геохимический фон, обусловленный как тяжелым гранулометрическим составом почвообразующих пород и почв, большим количеством органического вещества, наличием геохимических барьеров в почвах, так и влиянием полиметаллических месторождений. В горно-лесных бурых почвах установлено загрязнение природного происхождения: содержания цинка, свинца, кадмия, мышьяка, сурьмы превышают уровень фона и принятые в России нормативы.

Список литературы

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.
2. Махонько Э.П., Малахов С.Г., Вергинская Г.К. Методики выявления загрязнения внешней среды тяжелыми металлами // Миграция загрязняющих веществ в почвах и предельных средах. Тр. IV Всесоюз. совещ. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – С. 120-125.
3. Алексеенко В.А. Геохимия ландшафта и окружающая среда. – М.: Недра, 1990. – 142 с.
4. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. – 1962. – №7. – С. 555-571.
5. Ярошевский А.А. Распространенность химических элементов в земной коре // Геохимия. – 2006. – № 1. – С. 54-62.
6. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2511-09 Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. – М., 2009.
7. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
8. Пузанов А.В., Бабошкина С.В. Мышьяк в системе почвы – природные воды – растения Алтая // Почвоведение. – 2009. – № 9. – С. 1073-1082.
9. Ильин В.Б. Фоновое содержание мышьяка в почвах Западной Сибири // Агрохимия. – 1992. – № 6. – С. 94-98.
10. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2007. – 277 с.
11. Гамаюрова В. С. Мышьяк в экологии и биологии. – М.: Наука, 1993. – 207 с.
12. Перельман А.И. Геохимия. – М.: Высш. шк., 1989. – 528 с.
13. Евтеева Л.С., Перельман А.И. Геохимия урана в зоне гипергенеза. – М.: Атомиздат, 1962. – 239 с.
14. Ковальский В.В. Геохимическая экология. – М.: Наука, 1974. – 299 с.
15. Баранов В.И., Морозова Н.Г. Радиоактивные методы и их применение в исследованиях почв // Физико-химические методы исследования почв. – М.: Наука, 1966. – С. 5.

References

1. Arinushkina Ye.V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv. – M.: Izd-vo MGU, 1970. – 488 s.
2. Makhonko E.P., Malakhov S.G., Vertinskaya G.K. Metodiki vyyavleniya zagryazneniya vneshney sredy tyazhelymi metallami // Migratsiya zagryaznyayushchikh veshchestv v pochvakh i sopredelnykh sredakh. Tr. IV Vsesoyuzn. soveshch. – L.: Gidrometeoizdat, 1985. – S. 120-125.
3. Alekseyenko V.A. Geokhimiya landshafta i okruzhayushchaya sreda. – M.: Nedra, 1990. – 142 s.
4. Vinogradov A.P. Sredneye sodержaniye khimicheskikh elementov v glavnykh tipakh izverzhennykh gornykh porod zemnoy kory // Geokhimiya. – 1962. – №7. – S. 555-571.
5. Yaroshevsky A.A. Rasprostranennost khimicheskikh elementov v zemnoy kore // Geokhimiya. – 2006. – № 1. – S. 54-62.
6. Gigiyenicheskiye normativy GN 2.1.7.2511-09 Oriyentirovochno dopustimye kontsentratsii (ODK) khimicheskikh veshchestv v pochve. – M., 2009.
7. Kabata-Pendias A., Pendias Kh. Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh. – M.: Mir, 1989. – 439 s.
8. Puzanov A.V., Baboshkina S.V. Myshyak v sisteme pochvy – prirodnye vody – rasteniya Altaya // Pochvovedeniye. – 2009. – № 9. – S. 1073-1082.
9. Ilyin V.B. Fonovoye sodержaniye myshyaka v pochvakh Zapadnoy Sibiri // Agrokimiya. – 1992. – № 6. – S. 94-98.
10. Syso A.I. Zakonomernosti raspredeleniya khimicheskikh elementov v pochvoobrazuyushchikh porodakh i pochvakh Zapadnoy Sibiri. – Novosibirsk : Izd-vo SO RAN, 2007. – 277 s.
11. Gamayurova V. S. Myshyak v ekologii i biologii. – M.: Nauka, 1993. – 207 s.
12. Perelman A.I. Geokhimiya. – M.: Vyssh. shk., 1989. – 528 s.
13. Evteyeva L.S., Perelman A.I. Geokhimiya urana v zone gipergeneza. – M.: Atomizdat, 1962. – 239 s.
14. Kovalsky V.V. Geokhimicheskaya ekologiya. – M.: Nauka, 1974. – 299 s.
15. Baranov V.I., Morozova N.G. Radioaktivnye metody i ikh primeneniye v issledovaniyakh pochv // Fiziko-khimicheskkiye metody issledovaniya pochv. – M.: Nauka, 1966. – S. 5.

GEOCHEMISTRY OF SOILS IN MOUNTAIN-FOREST ZONE OF NORTH-WESTERN ALTAI

I.A. Troshkova, T.A. Rozhdestvenskaya, A.V. Puzanov, I.V. Gorbachev, S.N. Balykin
Institute for Water and Environmental Problems SB RAN, Barnaul, E-mail: egorka_iren@mail.ru

The elementary chemical composition of soils in the mountain-forest belt of the North-Western Altai was studied. High geochemical background caused by heavy texture of soil-forming rocks and soils, a large amount of organic matter, the occurrence of geochemical barriers in soils, and the influence of polymetallic deposits was revealed. Natural pollution was found in mountain-forest brown soils, the concentration of zinc, lead, cadmium, and arsenic exceeds the background level and the standards specified in Russia.

Keywords: heavy metals, arsenic, radioactive elements, polymetallic deposits, intra-profile distribution, geochemical barriers.

Received September 5, 2018

УДК 556.114.6

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВОДЫ РЕКИ ОБИ В РАЙОНЕ ГОРОДА БАРНАУЛА

А.Н. Эйрих, Т.Г. Серых, В.Н. Степанец, Т.С. Папина

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, E-mail: alnik@iwep.ru;
tangers62@gmail.com; stepanets.valeria@yandex.ru; papina@iwep.ru.

Исследовано содержание химических элементов в поверхностной воде реки Оби в районе г. Барнаула. Проведена оценка уровня ее загрязнения, выявлено превышение содержания Al, Ti, Cu, Fe относительно предельно допустимых концентраций для вод рыбохозяйственного назначения. Рассмотрено распределение растворимых и взвешенных форм микроэлементов в воде реки Оби.

Ключевые слова: микроэлементы, вода, река Обь.

Дата поступления 10.09.2018

Обь – одна из крупнейших рек земного шара. По водосборной площади она занимает первое место по России, по длине – второе, третье – по водоносности. Использование ее вод как источника водоснабжения для питьевых и промышленных целей требует постоянного контроля качества [1-2], которое по результатам наблюдений, выполненных Алтайским ЦГМС, не изменилось за последние годы: для створа выше Барнаула – «очень загрязненная», для створа ниже города – «грязная» [3].

Среди множества токсикантов, поступающих в природные воды, особое значение имеют микроэлементы. Включаясь в миграционные процессы, они аккумулируются в различных компонентах водных экосистем. Особая опасность заключается в том, что в отличие от веществ органической природы, в большей или меньшей степени разлагающихся в природных водах, микроэлементы (в первую очередь, металлы) в них стабильны и изменяют только свои формы нахождения [4].

Являясь неизменными компонентами поверхностных вод суши, микроэлементы значительным образом влияют на качество водной среды и функционирование водных экосистем [5-6]. Например, такие металлы, как марганец, медь, кобальт, никель, ванадий, железо,

цинк, молибден входят в состав ферментов некоторых белков и витаминов. Однако поступление из внешней среды избыточных количеств этих элементов приводит к различным токсическим эффектам.

Попав в организм, в отличие от биогенных микроэлементов, они чаще всего не подвергаются существенным превращениям и крайне медленно из него выводятся. Степень их отрицательного воздействия зависит не только от концентрации, превышающей уровень ПДК, но и от природы металла. Высокотоксичными являются ксенобиотики, т.е. элементы, не входящие в состав биомолекул (например, кадмий и свинец) [7].

В природных водах микроэлементы присутствуют в различных ионных и молекулярных формах. При этом выделяют три основных типа их миграции в водных средах: истинно растворенная, взвешенная и коллоидная. При исследовании речных экосистем важным аспектом, в первую очередь, является изучение содержания растворенных форм микроэлементов [8], которые могут быть как нетоксичными, так и проявлять ее в водных экосистемах в различной степени: от низкой до высокой.

Целью работы было изучение современного состава и содержания рас-

творенных и взвешенных форм микроэлементов в поверхностной воде реки Оби в районе г. Барнаула. Проведены комплексные исследования уровня загрязненности Оби в районе г. Барнаула. Содержание и распределение микроэлементов (Li, Al, Ti, Mn, Co, V, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Fe) в системе «вода – взвешенное вещество» изучали в период половодья в июне 2018 г. Пробы воды отбирали стеклянным батометром, затем фильтровали и консервировали концентрированной азотной кислотой (марки ОСЧ) до $\text{pH} \leq 2$ [9]. С целью учета возможного загрязнения образца при отборе, фильтровании, консервации, транспортировке и хранении проводили контроль с помощью «холостого» опыта, значение которого учитывали при расчетах. Содержание микроэлементов определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP MS) на приборе ICAP-Qc. С целью соблюдения чистых условий отбора и анализа проб при определении в них низких концентраций элементов для подготовки посуды и приготовления эталонов (построение калибровочного графика) использовали ультрачистую воду, очищенную с помощью системы Simplicity, а консервацию проб проводили очищенной с помощью перегонки на приборе Saville DST-1000 азотной кислотой. Соблюдение особо чистых условий при выполнении процедур отбора и пробоподготовки позволили снизить пределы обнаружения определяемых микроэлементов до 0,0001 мг/л.

Результаты и обсуждение

Анализ микроэлементного состава воды реки Оби в районе г. Барнаула показал, что концентрации металлов варьируют в широких пределах (табл. 1). Так содержание Fe в исследуемых пробах изменялось в пределах от 26 до 144 мкг/л, Ti – от 43 до 78 мкг/л, Ni – 2,2 до 4,0 мкг/л, Mn – от 2,0 до 7,4 мкг/л, Cu – от 0,8 до 2,6 мкг/л, Zn – от 1,4 до 2,4 мкг/л, Al – от 21 до

97 мкг/л. Концентрации As, Cd, V, Pb и Co в отобранных пробах составляли менее 1 мкг/л.

В настоящее время р. Обь присвоен статус водного объекта рыбохозяйственного назначения высшей категории, поэтому для оценки уровня ее загрязненности было проведено сравнение полученных концентраций растворенных форм металлов с их предельно допустимыми концентрациями для вод рыбохозяйственного (ПДК р.х.) назначения. Анализ полученных результатов показал, что в отобранных пробах воды превышение ПДК р.х. наблюдается для Fe в 1,1-1,4 раз, для Cu – в 1,1-2,6 раз, для Al – в 1,1-2,4 раз и для Ti – в 0,8-1,3 раз. По остальным определяемым элементам превышение ПДК р.х. не отмечалось (табл. 1).

Химическое видообразование имеет первостепенное значение при оценке реакционной способности металла в биологических и экологических процессах, при этом содержание растворенных форм микроэлементов в воде отражает биологически доступные формы загрязняющих веществ.

Таблица 1
Средние, минимальные и максимальные значения концентраций растворенных форм микроэлементов в поверхностной воде р. Обь, мкг/л

Элемент	Концентрация			ПДК р.х.
	средняя (n=27)	min	max	
Li	1,0	0,8	1,5	80
Al	77	21	97	40
Ti	55	43	78	60
V	0,67	0,5	1,1	1
Mn	3,6	2,0	7,4	10
Co	0,15	0,1	0,2	10
Ni	2,6	2,2	4,0	10
Cu	1,2	0,8	2,6	1
Zn	1,6	1,4	2,4	10
As	0,54	0,4	0,8	50
Cd	0,09	0,03	0,5	5
Pb	0,12	0,06	0,24	6
Fe	96	26	144	100

Примечание: n – количество проб.

Таблица 2
Среднее содержание растворенных
и взвешенных форм микроэлементов
в воде р. Обь, %

Элемент	РФ	ВЗ
Al	48,5	51,5
Ti	93,7	6,3
V	61,8	38,2
Mn	17,3	82,7
Co	43,8	56,2
Ni	91,8	8,2
Cu	73,8	26,2
As	72,9	27,1
Pb	22,8	77,2
Fe	10,8	89,2

Примечание: РФ – растворенные формы;
ВЗ – взвешенные формы.

Поэтому в данной работе были изучены соотношения взвешенных и растворенных форм микроэлементов (табл. 2). Результаты анализа показывают, что сток Al, Mn, Fe, Pb, Co в воде

р. Обь происходит преимущественно в составе взвешенного вещества, в то время как сток Ti, V, Ni Cu, As осуществляется в виде растворимых соединений.

Заключение

При изучении современного микроэлементного состава поверхностной воды реки Оби в районе г. Барнаула было выявлено превышение допустимых норм концентраций (ПДК р.х.) для следующих элементов: Fe – в 1,1-1,4 раз, Cu – в 1,1-2,6 раз, Al – в 1,1-2,4 раз, Ti – в 0,8-1,3 раз. Показано, что в период половодья (июнь 2018 г.) микроэлементы Ti, V, Ni Cu, As в воде р. Обь транспортируются в растворенных формах, в то время как Al, Co, Fe, Mn, Pb мигрируют преимущественно в составе взвешенного вещества.

Список литературы

1. Черняев А.М. и др. Вода России. Речные бассейны. – М.: ФГУН, 2000. – 536 с.
2. Эйрих А.Н., Серых Т.Г. Содержание микроэлементов в воде бассейна реки Обь // Мир науки, культуры, образования. – 2010. – № 6-1. – С. 245-248.
3. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды городского округа – города Барнаула Алтайского края в 2016 г.». – Барнаул, 2017. – 100 с.
4. Справочник по гидрохимии / А.М. Никаноров и др. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 390 с.
5. Эйрих А.Н., Третьякова Е.И., Папина Т.С. Аналитический контроль тяжелых металлов в донных отложениях речных экосистем (на примере реки Обь) // Мир науки, культуры, образования. – 2009. – № 5. – С. 11-13.
6. Линник П.Н., Искра И.В. Роль растворённых органических веществ в миграции цинка, свинца и кадмия в водохранилищах Днепра // Водные ресурсы. – 1997. – № 4.
7. Канатникова Н.В., Кочкарев В.Р. Тяжелые металлы в питьевой воде и их характеристика // Уч. записки ОГУ. – 2008. – № 2. – С. 10-14.
8. Папина Т.С. Транспорт и особенности распределения тяжелых металлов в ряду: вода – взвешенное вещество – донные отложения речных экосистем // Аналитический обзор. Сер. Экология. Вып. 62. – Новосибирск: ГПНТБ, 2001.
9. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. – Введ. 01.07.86. – М., 2002. – ГОСТ 17.1.5.05-85.

References

1. Chernyaev A.M. i dr. Voda Rossii. Rechnye basseyny. – M.: FGUN, 2000. – 536 s.
2. Eyrikh A.N., Serykh T.G. Soderzhaniye mikroelementov v vode basseyna reki Ob // Mir nauki, kultury, obrazovaniya. – 2010. – № 6-1. – S. 245-248.

3. Doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy gorodskogo okruga – goroda Barnaula Altayskogo kraya v 2016 g.». – Barnaul, 2017. – 100 s.
4. Spravochnik po gidrokhimii / A.M. Nikanorov i dr. – L.: Gidrometeoizdat, 1989. – 390 s.
5. Eyrikh A.N., Tretyakova Ye.I., Papina T.S. Analitichesky kontrol tyazhelykh metallov v donnykh otlozheniyakh rechnykh ekosistem (na primere reki Ob) // Mir nauki, kultury, obrazovaniya. – 2009. – № 5. – S. 11-13.
6. Linnik P.N., Iskra I.V. Rol rastvoryonnykh organicheskikh veshchestv v migratsii tsinka, svintsa i kadmiya v vodokhranilishchakh Dnepra // Vodnye resursy. – 1997. – № 4.
7. Kanatnikova N.V., Kochkarev V.R. Tyazhelye metally v pityevoy vode i ikh kharakteristika // Uch. zapiski OGU. – 2008. – № 2. – S. 10-14.
8. Papina T.S. Transport i osobennosti raspredeleniya tyazhelykh metallov v ryadu: voda – vzveshennoye veshchestvo – donnye otlozheniya rechnykh ekosistem // Analitichesky obzor. Ser. Ekologiya. Vyp. 62. – Novosibirsk: GPNTB, 2001.
9. Okhrana prirody. Gidrosfera. Obshchiye trebovaniya k otboru prob poverkhnostnykh i morskikh vod, lda i atmosferykh osadkov. – Vved.01.07.86. – M., 2002. – GOST 17.1.5.05-85.

THE TRACE ELEMENT COMPOSITION OF WATER IN THE OB RIVER NEAR BARNAUL

A.N. Eirikh, T.G. Serykh, V.N. Stepanets, T.S. Papina

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul,

E-maii: alnik@iwep.ru; tangers62@gmail.com; stepanets.valeria@yandex.ru; papina@iwep.ru

The content of chemical elements in the surface water of Ob River the largest in world is investigated. The content of trace element is determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP MS). An assessment of the level of river water pollution in the area of Barnaul, the excess of the Al, Ti, Cu, Fe content relative to the maximum permissible concentrations for fishery waters was detected. The distribution of forms of microelements in water is considered. In the period of high water (June 2018), the microelements Ti, V, Ni Cu, As in the water of the Ob River transported in dissolved forms, while Al, Co, Fe, Mn, Pb migrate predominantly – in the suspended matter.

Keywords: microelements, water, Ob River.

Received September 10, 2018

КРАЕВЕДЕНИЕ ♦ STUDY OF LOCAL LORE

УДК 598.2

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФАУНЫ ПТИЦ БАРНАУЛА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ

О.Я. Гармс

Тигирекский государственный заповедник, Барнаул, E-mail: gebler@inbox.ru

*Лишенные даров довольства и свободы,
Мы живо чувствуем сокровища природы...*

Н.А. Некрасов «За городом».

Сегодня поет птица, это сказочная птица, я уже слышал ее утром.

Герман Гессе «Последнее лето Клингзора».

Барнаул – город старинный по сибирским меркам. Он возник как поселение в результате возведения Барнаульского медеплавильного (позже сереброплавильный) завода в первой половине XVIII в. Принятая на сегодняшний день официальная дата его основания – 1730 г. Таким образом, Барнаул всего на 27 лет моложе Петербурга. Для сравнения Тобольск – отец городов сибирских ведет свою историю с лета 1587 г., Томск – с 1604; Новокузнецк – 1618, Омск – 1716, Усть-Каменогорск – 1720, Кемерово – 1721, Новосибирск – 1893 г. [1-2]. Несмотря на относительную «древность» Барнаула и многочисленность посещавших его академических ученых в XVIII и XIX вв. собственно на фауну птиц его окрестностей долгое время особого внимания не обращалось. Ученые города и путешественники были заняты по преимуществу вопросами горнозаводского производства, геологией, минералогией, флорой и в меньшей степени заметками по фауне крупных млекопитающих. И все это, как правило, относилось к горной части Колывано-Воскресенского, а позднее Алтайского горного округа, центром которого с 1749 г. был Барнаул.

До рубежа XIX и XX вв. специальным изучением фауны птиц Барнаула и его окрестностей не занимались. Отдельные наблюдения, появлявшиеся в литературе относительно птиц города и ближайших к нему урочищ, носили эпизодический характер путевых записок или охотничьих впечатлений.

Первые сведения и об увиденных птицах оставил в своих дорожных заметках известный исследователь и путешественник П.А. Чихачёв (1808-1890), совершивший экспедицию в Восточный Алтай.



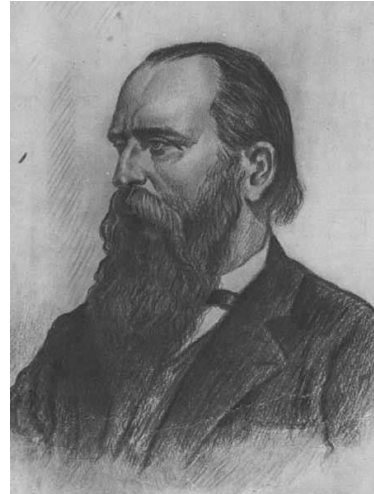
П.А. Чихачёв (1808-1890)

В 1842 г., проезжая в апреле почтовым трактом по югу Западной Сибири в Барнаул он отмечал: *«Целые стаи куропаток, белых как снег, которого они едва касались своими лапками, долго резвились у самых саней, прежде чем устремиться ввысь»*. О тетеревах: *«Множество этих птиц с невозмутимым спокойствием сидели на ветках деревьев, выбранных ими без особого разбора – будь то в глубине леса или по сторонам почтовой дороги, не смущаясь даже звоном колокольчика»* [3, с. 29]. Непосредственно о природе под Барнаулом П.А. Чихачёв писал: *«несколько раз мне довелось побывать на охоте в окрестностях Барнаула, и я смог оценить необыкновенное изобилие дичи, особенно бекасов (Scolopax major) [т. е. дупелей]. Они водятся, главным образом, по краям болот, простирающихся к югу от города, вдоль берега реки [Оби]»* [3, с. 30].

В 1848 г. Барнаул посетил английский путешественник, писатель, художник и архитектор Томас Уитлам Аткинсон (1799-1861). После возвращения из своих скитаний в Азии он написал книгу [4], из которой и черпал позднее сведения, по всей видимости, Отто Финш, когда цитировал Аткинсона об удачливой охоте на дупелей в пойме Оби у Барнаула. Специально птицами Аткинсон не занимался.



Томас Уитлам Аткинсон (1799-1861)



Альфред Эдмунд Брэм (1829-1884)

В 1876 г. побывал в Барнауле Альфред Эдмунд Брэм – немецкий ученый-зоолог и путешественник, автор знаменитой *«Жизни животных»* (*«Brehms Tierleben»*). Он провел здесь всего несколько дней, которые стали небольшой передышкой для путешественника и его спутников в их длительном странствии по Западной Сибири. Эти дни были насыщены экскурсиями по достопримечательностям города (краеведческий музей, горная аптека, содовый завод Пранга и др.) и подготовкой к дальнейшему пути. Однако Брэм не оставил почти никаких заметок о животном мире нашего края и окрестностей города. Хотя хорошо известно, что он успел даже поохотиться у Барнаула на правой стороне Оби (Затонская пойма) на знаменитых барнаульских дупелей. Спутником Брема на этой охоте был писатель А.А. Черкасов, который впоследствии написал замечательный очерк о посещении Бремом Барнаула [5]. Однако в своих путевых заметках Брэм не раз упоминает различных птиц, когда в 1876 г. едет из Змеиногорска к Колыванскому озеру: *«Многочисленные овсянки резвились в кустах около дороги...»* [6, с. 100]. В своем дневнике Брэм описал также жизнь крестьянства, барнаульских горожан и чиновников, быт и обычаи нерусского населения, состояние Колывано-Воскресенских заводов, перспективы развития горного дела и сельского хозяйства, что можно считать началом экономической географии Алтайского края.



О. Финш (1839-1917)

По поручению Бременского Географического общества немецкий зоолог Отто Финш в 1876 г. совершил экспедицию в Западную Сибирь и Туркестан, участниками которой были также А. Брэм (см. выше) и граф Вальдбург-Цейль. В своей замечательной книге «Путешествие в Западную Сибирь» (1882) Финш сообщает бесценные краеведческие сведения: от нравов и бытописания условий повседневной жизни населения до географических, зоологических и других научных фактов. Как в дорожных записках Брэма, так и в книге Финша обращает на себя внимание не только интерес и нередко детальность вникания в различные вопросы жизни природы и хозяйственной деятельности населения Западной Сибири, но также доброжелательность и тактичность, с которой эти ученые об этом пишут. Однако наблюдения О. Финша по птицам Барнаула по обстоятельствам экспедиции оказались весьма скудными: «Мы пробыли в Барнауле почти целую неделю, которая прошла для меня в усиленной работе по части упаковки и сортировки коллекций, составления отчетов, корреспонденций и тому подобное» [7, с. 285].

Но все же Финш не мог совсем не упомянуть о птицах Барнаула: «Из описания Аткинсона видно, что охота за мелкой дичью должна быть очень прибыльна в окрестностях Барнаула; он говорил, что однажды, с тремя товари-

щами (в начале июля), ему удалось в течение 3,5 часов добыть 153 дупеля, а это было в 1848 г., когда еще не существовало ружья, заряжающегося с казенной части. Один местный промысловый охотник порадовал меня экземпляром белого журавля (*Grus leucogeranus*), который, вероятно, залетел сюда случайно, и с которым мы ни разу не встречались во время путешествия. Вообще же, об орнитологических наблюдениях здесь не могло быть и речи, кроме разве над кориуном, который, не стесняясь, пролетал над улицами, садился на крыши и даже падал нередко на цыплят по дворам. Его, как всегда, преследовали трясогузки, и именно наша обыкновенная *Motacilla alba*, потому что *Motacilla personata* [маскированная трясогузка] уже не встречалась нам за Колыванью [в сторону Барнаула]» [7, с. 285-286]. О любознательности ученого и его постоянной готовности использовать любой более-менее благоприятный момент для пополнения коллекции животных говорит и следующая его заметка: «Проезжая через пруд [в Барнауле], мы увидели нескольких мальчишек, занятых исканием раковин и воспользовались этим случаем для приобретения нескольких экземпляров *Anodonta anatina*, *Limnaea stagnalis* и прелестной *L. Auricularis*» [7, с. 288].

Первые в той или иной мере развернутые (пусть и любительские) характеристики отдельных видов птиц для окрестностей Барнаула, по преимуществу охотничьих, мы находим в последней четверти XIX в. у замечательного сибирского писателя-натуралиста и страстного любителя-охотника горного инженера Алтайского горного округа и одно время городского головы Барнаула Александра Александровича Черкасова. Он родился в городе Старая Русса Новгородской губернии. По окончании Корпуса горных инженеров в Петербурге в 1855 г. сначала служил в Нерчинском, а с 1871 г. — в Алтайском горном округе. На Алтае А.А. Черкасов сначала был управляющим Сузунским медеплавильным заводом, затем жил и работал в Барнауле.



А.А. Черкасов (1834-1895)

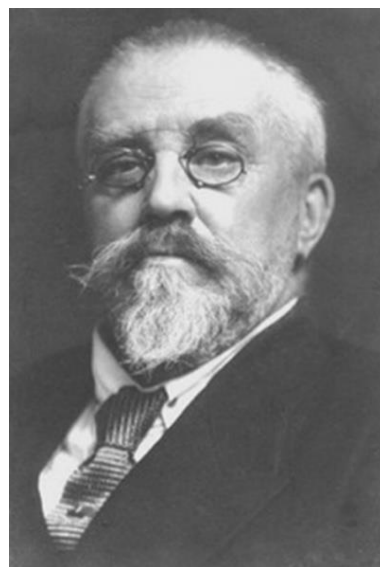
В 1893 г. вышла серия очерков «На Алтае» в московском журнале «Природа и охота» [8]. Это можно условно считать отправной точкой изучения птиц окрестностей Барнаула, пусть на любительских началах, но с тонким знанием повадок охотничьих птиц и большой любовью к природе верхнего Приобья. *«Личность Черкасова – по словам Ф. Штильмарка, – вызывает самые глубокие симпатии... Перед нами предстает энергичный, деятельный и вместе с тем добросердечный, отзывчивый человек, отличавшийся для своего времени особой демократичностью, пользовавшийся большим уважением и любовью со стороны подчиненных, человек яркой и страстной натуры...»* [9, с. 118].

Вот что писал Черкасов об одном из урочищ под Барнаулом: *«Забравшись в один длинный и объемистый колок, это было уже в августе, мы нашли в нем такую массу тетер [тетеревов], что положительно растерялись не только сами, но и наши собаки, потому что дичь была чуть не на каждом шагу, и от ее взлета «шум шумел», куда мы только не подходили»* [5, с. 158]. В другом месте этот заядлый охотник и талантливый певец алтайской природы указывает: *«...а около Барнаула – масса дупелей, тетеревей и зайцев»* [5, с. 19].

Если бы у нас была традиция присвоения городам какой-либо природной символики отвечающей природно-

исторической уникальности данного места, то неформальным природным символом Барнаула, несомненно, был бы дупель – необыкновенный, таинственный кулик, токующий в весеннее время в вечерних сумерках и ночью. Эта прекрасная птица, столько раз восхищавшая приезжих путешественников, ее прежняя численность возле города, азартная охота на нее в пойме Оби упоминались и позднее. В первой четверти XX в. по свидетельству Г.А. Велижанина (1924) дупель все еще был многочислен у Барнаула. При этом он указывал на варварское истребление дупелей охотниками в пойме Оби у города, при котором местные жители с помощью сетей отлавливали до 180 дупелей за день. Теперь дупель «украшает» Красную книгу Алтайского края.

Основоположником сибирской орнитологии считается Герман Эдуардович Иоганзен (1866-1930). Он внес большой вклад в биологическое образование в Сибири. Г.Э. Иоганзен родился в Омске, в 1889 г. он окончил Дерптский (ныне Тартуский) университет в Эстонии. В Томске работал с 1893 г. сначала учителем в реальном училище, а с 1894 г. – в Томском университете. На собственные средства создал под Томском первую в Сибири биологическую станцию, первым в Сибири приступил в 1912 г. к кольцеванию птиц.



Г.Э. Иоганзен (1866-1930)

Много времени уделял зоологическому музею Томского университета. Научные интересы: зоология, орнитология, фенология, энтомология; профессор Томского университета. В работах Г.Э. Иогансена есть некоторые сведения по птицам Барнаула, полученные автором от А.П. Велижанина [10-11].

Некоторые сведения по птицам окрестностей Барнаула в первой четверти XX в. можно найти в зоогеографической сводке Г.Х. Иогансена. Это фундаментальный труд – «Фауна птиц Западной Сибири», где собраны и проанализированы все известные к тому времени сведения о птицах этой обширной территории [12]. Ганс Христианович Иогансен (1897-1973) родился в Риге в семье датчанина инженера-агронома, занимавшегося мелиоративными работами по приглашению. После окончания частной мужской гимназии в Ревеле (Таллин) в 1916 г. он учился в Томском университете, где его наставником в зоологии стал Г.Э. Иогансен. С 1918 по 1920 гг. прервал учебу по материальным причинам и работал учителем в с. Ильинском, секретарем в Россошинском сельсовете (теперь Алтайский район Алтайского края). Позднее – зоологом в Бийском музее, где познакомился с В.В. Бианки (1894-1959), известным в последствии писателем.



Г.Х. Иогансен (1897-1973)

Однажды, по всей видимости, на одной из своих зоологических экскурсий Иогансен был захвачен красными партизанами и приговорен командиром отряда к расстрелу. В последний момент ему удалось бежать вместе с алтайкой А.Т. Ялбачевой, которая впоследствии стала его женой.

Работая в Бийске, Иогансен организовал естественнонаучное отделение Бийского краеведческого музея. В ноябре 1920 г. вернулся в Томский университет для продолжения учебы, но уже весной 1921 г. был отчислен из него как иностранный подданный. Осенью 1921 г., с трудом преодолев путь по России через Петроград и Таллин, приехал в Германию и поступил в Мюнхенский университет, который окончил в 1924 г. В качестве диссертации на степень доктора философии (соответствует кандидатской) защитил свою работу по теме: «Озеро Байкал: физикогеографическая и биогеографическая сводка». Из Мюнхена Г.Х. Иогансен вернулся в Томск, где работал до осени 1937 г. В период 1928-1931 гг. он жил и работал на острове Беринга Командорского архипелага. В 1937 г. Г.Х. Иогансен был вынужден покинуть СССР. Живя в Дании, он работал в зоологическом музее, совершил ряд экспедиций в различные концы света, поддерживал научные связи с советскими учеными, в т.ч. со своими учениками. Умер в Копенгагене [13].

Первые системные знания о птицах Барнаула относятся к самому началу XX в. и содержатся в трудах Андрея Петровича Велижанина, а несколько позднее его сына – Глеба Андреевича Велижанина. Известный барнаульский врач («доктор Велижанин») и ученый-орнитолог, общественный деятель Андрей Петрович Велижанин родился в Барнауле в семье учителя. В 1904 г. он окончил медицинский факультет Томского университета, а ранее – Томскую духовную семинарию. Но влечение юноши к естественным наукам возобладало.



А.П. Велижанин (1875-1937)

Еще в студенчестве А.П. Велижанин участвовал в экспедициях Н.Ф. Кашенко в приалтайскую степь (Предалтайская равнина) в 1900 г. и В.В. Сапожникова по Семиречью – в 1902 г., в которых он занимался сбором зоологических, в частности орнитологических коллекций [10]. Это была для него прекрасная школа по зоологической практике под руководством столь известных ученых.

По окончании университета А.П. Велижанин работал в городе Зайсан (теперь Восточно-Казахстанская область), а затем в Барнауле – врачом туберкулезного диспансера и детской больницы. С 1921 по 1924 гг. он был главным врачом Алтайской губернской больницы. Еще до революции в 1905-1907 гг. этот далекий от политики человек состоял в партии кадетов. В дальнейшем это недолгое «кадетство» сыграет в его судьбе роковую роль.

Истинным призванием и увлечением всей жизни Андрея Петровича было изучение родной природы Алтайского края и, прежде всего, птиц. С 1913 по 1930 гг. с небольшими перерывами А.П. Велижанин возглавлял Алтайский отдел Русского географического общества (РГО) и много лет сотрудничал с Барнаульским краеведческим музеем, где создал орнитологический отдел. В музее до сих пор хранится коллекция из семидесяти птиц, чучела которых Ве-

лижанин изготавливал с 1899 по 1931 гг., а также его письма и личные дневники. В них приведены фенологические наблюдения по годам и сезонам [14-15]. Кроме этого, в Москве в Государственном Дарвиновском музее хранится 2 чучела и 24 тушки птиц из сборов А.П. Велижанина.

А.П. Велижанин был организатором и участником экспедиций: в юго-западную часть Томской губернии, в Кулундинскую степь, исследовал истоки Барнаулки, окрестности Барнаула. Например, ему принадлежит интересная находка гнездования бекасовидного веретенника в степной части нашего края, первая регистрация в пределах края малого погоныша [16-18]. В 1925 г. вышел его замечательный научно-популярный очерк «О птицах Алтайской губернии», который помимо его литературно-художественных достоинств можно назвать своего рода малой энциклопедией фауны птиц Алтайского края [19]. Впервые Велижанин стал наблюдать осенний пролет птиц под Барнаулом [20].

А.П. Велижанин был одним из организаторов первой губернской краеведческой конференции в 1925 г. Он выступал за сохранение памятников старины и природы на Алтае и, в частности, в Барнауле. Андрей Петрович переписывался и обменивался материалами с известными учеными России: А.Ф. Котсом, М.А. Мензбиром, Г.И. Поляковым, П.П. Сушкиным; публиковался в авифаунистическом журнале Сибирского орнитологического общества «Uragus», в «Алтайских сборниках» Алтайского отдела РГО [17-18, 20-21]. Наконец, совместная обобщающая статья Андрея Петровича и Глеба Андреевича Велижаниных (1929) «Список птиц Барнаульского округа» [22], которая хотя и носит предварительный характер, представляет собой серьезный этап в исследовании фауны птиц этой территории и бесценный ретроспективный фактический материал для совре-

менных и, очевидно, будущих исследователей.

В Барнауле А.П. Велижанин с семьей жил в деревянном двухэтажном доме по ул. Сузунской, 95 (с 1927 г. – ул. Интернациональная). В 1910-1911 гг. при проектировании трассы железной дороги Новониколаевск (Новосибирск) – Барнаул Велижанин убедил авторов проекта вести ее не через Белоярск и далее через Обь на ее левый берег с выходом у с. Гоньба, а прямо на юг к селу Чесноковке и по его юго-восточной окраине – через пойму Оби на Барнаул, что и было сделано.

А.П. Велижанин был прекрасным врачом и просветителем. Птицами он занимался одновременно с врачебной практикой. Свои постоянные орнитологические наблюдения он вел в основном в пойме Оби между Барнаулом и современным Новоалтайском – теперь этот довольно обширный и живописный участок поймы Оби в районе поселка Велижановки (пригород Новоалтайска) носит название Велижанинской поймы.

Здесь на большом острове, прозванном местными жителями Велижанкой, с помощью губернской больницы он построил просторный бревенчатый дом ДЛЯ больницы, рядом три небольших дома для врачебного персонала и маленький домик-дачу для себя, который редко пустовал. Среди жителей окрестных сел это место называлось по имени врача, как и весь остров, Велижанинская заимка, или просто Велижанка.



Больница на «Велижанке» (нач. XX в.)



А.П. Велижанин (первая четверть XX в.)

Ежедневно в больнице принимали десятки больных из окрестных сел – Белоярска, Токарёво, Чесноковки, Бажово, Саниково (теперь Санниково), Жилино и др., а позднее при строительстве дороги также железнодорожников станции Алтайская. Для многочисленного в то время населения крестьян заобья это была единственная возможность получить квалифицированную медицинскую помощь.

После Великой Отечественной войны, когда на Велижановском острове появилось овощеводческое отделение совхоза, бревенчатые дома бывшей больницы врача Велижанина были разобраны и использованы на строительство жилья для рабочих [23]. В 1933 г. А.П. Велижанин был арестован в первый раз и как «социально чуждый элемент» приговорен к пяти годам исправительно-трудовых лагерей (условно). В 1937 г. А.П. Велижанин был снова необоснованно арестован и расстрелян как «враг народа». Реабилитирован в 1959 г.

Глеб Андреевич Велижанин – сын А.П. Велижанина – родился в 1905 г. в г. Зайсан. Разделяя увлечение отца, в 1929 г. закончил биологическое отделение Томского университета. Работал на краевой станции защиты растений. Также Г.А. Велижанин изучал влияние степного хоря и ласки на численность грызунов (Шелаболихинский район) и на месте своих исследований организовал заказник (не сохранился до наших дней).

Вместе с отцом Глеб Андреевич состоял членом Сибирского орнитологического общества, неоднократно делал доклады на его заседаниях. Г.А. Велижанин опубликовал ряд работ по орнитофауне степной части нашего края и в частности авифенологии Барнаула [24-26]. Ему принадлежат интересные наблюдения за малой выпью (волчком) у Барнаула [27], которая в наше время находится в Красной книге Алтайского края.

Отец и сын Велижанины занимались кольцеванием птиц, вели фенологические наблюдения, собирали орнитологические коллекции [28-29]. Например, в Дарвиновском музее (ГДМ) в Москве до сих пор хранится 6 тушек птиц из сборов Г.А. Велижанина [30]. Интересно, что кольцо из Индии, снятое рыбаком с красноголового нырка на озере у с. Сулово Мамонтовского района через местного учителя попало к Г.А. Велижанину, и было передано им в Томск орнитологу Г.Э. Иоганзену (1927). Это было первое свидетельство пребывания наших водоплавающих птиц на зимовке в центральной Индии (штат Махарайя, округ Дхар).

В 1933 г. Г.А. Велижанин был арестован органами НКВД и сослан на Беломорканал, на котором ему пришлось отработать два года, где он не только выжил, но еще и нашел в себе силы наблюдать природу русского севера.



Г.А. Велижанин (1905-1937)



Г.А. Велижанин в доме на «Велижанке»

По возвращении Г.А. Велижанин работал научным сотрудником и заведовал Барнаульской малярной станцией по должности, а все свое свободное время посвящал птицам, как замечательный орнитолог по призванию. В 1937 г. он вновь был арестован и расстрелян. Посмертно Г.А. Велижанин реабилитирован в 1956 г. [31].

По публикациям Велижаниных птиц Барнаула упоминали в своих трудах П.П. Сушкин (1938), Г.Э. Иоганзен (1907), Г.Х. Иогансен (Johansen, 1943, 1944, 1953-1961), А.П. Кучин (1976, 1982, 2004, 2007), А.М. Гынгазов и С.П. Миловидов (1977), С.П. Миловидов (1980) и многие другие орнитологи более позднего времени. Например, сведения о некоторых видах птиц в окрестностях Барнаула есть у академика П.П. Сушкина в «Птицах советского Алтая и прилежащих частей северо-западной Монголии» (1938).

Упоминает Барнаул в своей работе и П.М. Залесский (1928), который анализировал анкетные данные по авифенологии весны 1924 г. в Алтайской губернии (наблюдения были организованы при содействии Алтайского отдела РГО). Интересные сведения по срокам прилета даются в этой статье для скворца, серого журавля, перепела, черного коршуна и некоторых других видов. Впервые для нашего края Петр Михайлович Залесский намечает предварительные изохроны весеннего прилета некоторых видов птиц и выдвигает ин-

тересные гипотезы главных направлений пролета. Следует отметить, что в настоящее время его предположения в основном подтверждаются новейшими авифенологическими наблюдениями с привлечением широкого круга любителей птиц (как и в прошлом) [32].

Особо следует сказать об орнитологе, профессоре Горно-Алтайского университета А.П. Кучине (1924-2008), которого в какой-то мере можно считать учеником знаменитого М.Ф. Розена (1902-1989), курировавшего и правившего первые статьи молодого ученого. Становление А.П. Кучина как исследователя совпало с формированием Алтайского отдела Географического общества СССР возрождаемого М.Ф. Розеном с 1955 г. в Бийске [31].

Алексей Петрович Кучин внес наибольший вклад в собирательство разрозненных фаунистических источников и обобщение их (вместе с собственными наблюдениями) в фаунистическую сводку «Птицы Алтая», которая охватывает весь исторический Алтайский край (вместе с Республикой Алтай). Эту работу можно назвать делом всей жизни Алексея Петровича. Кроме этого, он был, пожалуй, единственным орнитологом в пределах края в то время, который не стеснялся заниматься «устаревшей» и практически утерянной после 1937 г. авифенологией, привлекая к этому делу довольно широкий круг респондентов из разных уголков Алтайского края, в основном из учителей географии и биологии.



А.П. Кучин (1924-2008)



Э.А. Ирисов (1935-1995)

Фенологией Кучин «заразился» от Н.А. Камбалова в Барнаульском краеведческом музее. *«Н.А. Камбалов помог мне определиться с наукой фенологией. Впервые от него я узнал, что у нас в стране существует специальная служба при Географическом обществе СССР»* [33, с. 99]. В сводке А.П. Кучина «Птицы Алтая» (1976; 1982; 1986; 2004; 2007) есть упоминания и о сроках прилета некоторых птиц у Барнаула [34-38].

Научные интересы орнитолога Эдуарда Андреевича Ирисова (1935-1995) не затрагивали непосредственно фаунистику города, но отдельные его работы и наблюдения косвенно дают некоторые сведения и по этой тематике. Так, полезную информацию по интересующей нас теме можно найти в статьях по птицам зоны строительства Кулундинского канала в конце 1970-х – начале 1980-х гг. или в его заметках о гибели птиц на автомобильных дорогах [39-40]. Необходимо отметить, что благодаря Э.А. Ирисову – замечательному человеку и учителю в широком смысле слова – в Барнауле в начале 1980-х гг. появилась плеяда молодых орнитологов (В.Ю. Петров, К.М. Пятков, В.Н. Плотников, Н.Г. Крымов, Н.Е. Федоров, И.И. Чупин, О.Я. Гармс).



Н.А. Камбалов проводит экскурсию для школьников в отделе природы краеведческого музея (1969)

Сведения по некоторым видам птиц на смежных с Барнаульским округом лесных территориях заобья можно найти у орнитолога В.А. Кучиной, которая изучала сезонные изменения видового состава птиц приобских заболоченных песчаных террас в Верхнеобском бору [41].

Замечательна по своей любви к природе, преданности увлечению птицами и в то же время информативностью небольшая заметка известного краеведа, страстного птицелова Н.А. Камбалова и научного сотрудника НИИ садоводства Сибири М.А. Прокофьева (1975). Она впечатляет не только знанием предмета. От нее веет необыкновенным историческим лиризмом и душевным отношением к природе старого доброго поколения исследователей. В частности здесь мы находим сведения о расселении чижа в окрестностях Барнаула, зяблике, зеленушке и др. [42].

Николай Александрович Камбалов (1913-1991) — краевед, исследователь природы Алтая, музейный работник. Родился в г. Данилове Ярославской губернии. С 1929 г. жил в Барнауле. В 1930 г. окончил школу № 2, затем курсы при Барнаульской конторе связи, работал радистом. С 1934 г. после окончания учительских курсов преподавал биологию в школах Барнаула, Новосибирской области. С 1939 по 1940 гг. учился на заоч-

ном отделении естественно-химического факультета Томского пединститута, но по состоянию здоровья не окончил его. Свое призвание Н.А. Камбалов нашел в краеведческом музее Барнаула. Тридцать лет (1944-1974) Николай Александрович был заведующим отделом природы этого музея.

Многие годы он был председателем клуба любителей птиц. В местной печати часто появлялись его заметки о новых и редких птиц окрестностей Барнаула (серый снегирь впервые был отмечен на территории НИИ садоводства Сибири зимой 1959-1960 г., чиж — в 1945 г., очень редко встречался зяблик, а теперь это обычная птица в городе). Вместе с другими членами клуба он занимался кольцеванием птиц. В течение 1960 г. в окрестностях Барнаула было окольцовано 124 птицы.

«Меня он всегда поражал своими фенологическими наблюдениями. Весной он мог «поденно» рассказывать, как раскрывается природа, говоря, например: «Сегодня слышал, как впервые пела синица (он говорил «била»), потом: «Вчера видел первого скворца» и т.п.», — так вспоминал о Камбалове А.П. Уманский (научный сотрудник музея), позже профессор Барнаульского педагогического института [43, с. 157].

В конце 1980-х гг. два года посвятил изучению фауны птиц Барнаула В.Г. Никитин. В своих коротких заметках он указывал наличие тех или иных видов в городе в различных биотопах, как правило, без упоминания урочищ и других подробностей. Интересна его находка гнездования сапсана на обрыве горы в районе Нагорного парка (бывшей ВДНХ) в Барнауле, заметки о гнездовании ремеза и регистрация присутствия в окрестностях города ряда других редких видов [44-48].

У Н.Г. Крымова мы находим ценные сведения по некоторым видам птиц (гнездование пустельги, влияние погодных условий на успешность размножения сороки и серой вороны) в защитных лесных полосах в пригородной лесостепи у Барнаула [49-50]. Впослед-

ствии Николай Георгиевич профессионально увлекся герпетологией и делает на этом поприще большие успехи.

Ряд интересных встреч и ценных замечаний по птицам Барнаула, которые прибавляют к списку города несколько видов, принадлежит замечательному знатоку птиц, птицелову В.С. Зарубину. В окрестностях Барнаула им отмечались седоголовая горихвостка [48], вальдшнеп, бородастая неясыть, золотистая щурка, черногорлая завирушка и др. [49].

Орнитолог Виктор Юрьевич Петров много лет отдал изучению птиц ленточных боров на Приобском плато и Кулундинской равнине и в других, в основном степных, районах Алтайского края. Специально птицами Барнаула он не занимался. В то же время некоторые работы Виктора Юрьевича, касающиеся Барнаульского ленточного бора [53-54], реки Барнаулки в этом бору [55], анализа современного состояния тетеревиных птиц в ленточных борах [56], новых находок птиц в равнинной части края [57] дают частичную, но ценную информацию по птицам окрестностей города.

Особый интерес представляет одна из наиболее современных публикаций В.Ю. Петрова по материалам и дневниковым записям И.Г. Волгина, который на протяжении более десяти лет вел регулярные записи о встреченных им гнездах птиц во время его энтомологических экскурсий по пригородам Барнаула [58].



*В.Ю. Петров, заведующий «Музеем природы»
Алтайского государственного университета*



*Н.Л. Ирисова, доцент кафедры зоологии
биологического факультета
Алтайского государственного университета*

Очень важны сведения о сроках гнездования, степени насиженности яиц в кладках при их обнаружении у целого ряда видов птиц. Эти наблюдения относятся в основном к Горскому участку поймы Оби в районе урочища Турина гора, городскому участку бора у пос. Южный, плодопитомнику, окрестностям сел Бельмесёво и Конюхи в черте Барнаульского городского округа [58]. В.Ю. Петров много лет работает заведующим лабораторией «Музей природы» (зоомузей) на биологическом факультете Алтайского университета, доцент кафедры экологии, биохимии и биотехнологии.

В конце 1970-х гг. интерес к птицам Барнаула возник у орнитолога Надежды Леонидовны Ирисовой, которая руководила работой студентки биофака АлтГУ Т.П. Божко по этой тематике [59]. Тогда было затронуто лишь летнее население птиц в нескольких ключевых биотопах города. В дальнейшем с перерывами эти фаунистические наблюдения в городе продолжались Надеждой Леонидовной. Особенно интенсивны и результативны они были в течение второй половины 1990-х гг. и в начале 2000-х гг. [59-73]. В городской пойме Оби в урочище «Тури-

на гора» (Горский участок поймы Оби под Барнаулом) Н.Л. Ирисовой впервые у Барнаула установлено гнездование малой крачки, прослежены некоторые элементы ее биологии, интересные находки и наблюдения были сделаны здесь по многим другим видам птиц [62]; в различных районах города наблюдалась экология синантропной популяции черного коршуна [63, 73]. В эти же годы под руководством Н.Л. Ирисовой студентами Алтайского университета делаются первые шаги по изучению фауны птиц города Новоалтайска на другой стороне Оби от Барнаула [66, 69], проводится исследование распространения домового сыча в крае [71] и черного аиста, в т.ч. в окрестностях Барнаула [72], а также делается анализ орнитологической изученности территории Алтайского края [70].

Непременно следует упомянуть большую работу Н.Л. Ирисовой по редактированию и в целом кураторству трех изданий Красной книги Алтайского края (1998, 2006, 2016) в части разделов по позвоночным животным, где в частности ею проведен некоторый анализ имеющихся данных, а также изменений исторического деления территории края, в т.ч. Барнаульского округа [65].

Большую ценность также представляют обобщающие работы Н.Л. Ирисовой выполненные в соавторстве [67-68], в которых в частности фигурирует территория современного Барнаульского городского округа. Особенно для фауны птиц Барнаула интересна статья посвященная распространению птиц в Верхнем Приобье [68].

Наибольший и системный вклад в изучение населения птиц Барнаула внес орнитолог Виктор Николаевич Плотников. Его маршрутные исследования населения птиц Барнаула по методике линейных трансект с нефиксированной дальностью обнаружения, которые охватили практически весь город, начались в конце 1980-х гг.



В.Н. Плотников, директор Питомника редких птиц «Алтай-Фалькон» (Барнаул)

Вскоре появляются публикации В.Н. Плотникова об особенностях населения птиц в массивах многоэтажной застройки города [74], о характере пребывания и численности птиц семейства овсянковых в городе [75], сравнительная характеристика населения птиц районов старой и новой индивидуальной застройки города [76], о встречах редких соколообразных в окрестностях города и некоторых особенностях биологии и численности редких соколов в Барнауле [77-78], о зимнем населении птиц города [79], краткая характеристика населения птиц Барнаула и его окрестностей [80], о птицах, которые встречаются в Южно-Сибирском ботаническом саду (ЮСБС), расположенном в бору у пос. Южный в черте города [81].

Большое внимание В.Н. Плотников традиционно уделяет редким видам птиц. Совместно с А.А. Труновым он опубликовал статью о нахождении редких птиц в окрестностях Барнаула [82], а с Н.И. Чупиной о размножении некоторых выюрковых птиц в садках [83]. Материалы маршрутных наблюдений В.Н. Плотникова хранятся в банке данных лаборатории зоомониторинга Института систематики и экологии животных (ИСИЭЖ СО РАН) в Новосибирске.

Знаток и страстный любитель соколов Виктор Николаевич много лет за-

нимается разведением балобана и сапсана в организованном им вместе с единомышленниками в 1990-х гг. Питомнике редких птиц «Алтай-Фалькон», первым директором которого был замечательный своей увлеченностью этим делом молодой еще в то время орнитолог Пятков К.М. В настоящее время питомник является подразделением Алтайского государственного университета, которым уже на протяжении многих лет успешно руководит В.Н. Плотников. Счет выращенных в питомнике и выпущенных за все эти годы на волю в Алтайском крае соколов идет на сотни.

Существенный вклад в фаунистику Барнаула внес Николай Евгеньевич Федоров, который опубликовал свои материалы по гнездованию птиц в окрестностях города. В отличие от «населенческих» работ по птицам (места встреч, численность) сведения по их гнездовой жизни в настоящее время встречаются не часто. Тем ценнее наблюдения Н.Е. Федорова, которые отличаются профессионализмом, точностью и детальностью описаний кладок. Его гнездовые находки относятся в основном к ленточному бору в черте города и Горскому участку поймы Оби в районе урочища Турина гора [84].

Свой вклад в детализацию местобитаний птиц в окрестностях Барнаула внес также Игорь Иосифович Чупин интересной статьей о многолетних наблюдениях птиц на своем садовом участке у села Рассказихи [85]. Еще в 1990-х гг., будучи одним из организаторов упомянутого выше соколиного питомника, И.И. Чупин вместе с другими участниками этого проекта вел наблюдения в районе Бобровки, где первоначально непродолжительное время находился питомник. Эти сведения по птицам поймы Оби у Барнаула также легли в основу Бобровско-Рассказихинской Ключевой орнитологической территории (КОТР) [86].



А.Л. Эбель, орнитолог, фотохудожник-анималист и общественный деятель

С 2009 г. очень активно по фаунистике птиц Алтайского края и в частности Барнаула работает орнитолог Алексей Леонович Эбель. Его усилиями возрождаются авифенологические наблюдения [87-89], появляется новая информация об отдельных видах птиц в Барнауле и крае [90]. В результате непрерывной и последовательной общественной деятельности А.Л. Эбеля среди бёрдвочеров¹, орнистов² и любителей родной природы, в т.ч. среди школьных юннатских групп по всему краю совместно с руководителями проекта «Усынови заказник» Л.В. Пожидаевой и А.В. Грибковым, а также в рамках начинаний организованного им неформального Клуба любителей исследования природы Алтая (AltaiNature) у нас в крае заметно возрос профессионализм не только фотосъемки птиц, но и количество, качество и осознанность любительских наблюдений за птицами. Этому также способствуют регулярные выставки фотографий бёрдвочеров, организуемые А.Л. Эбелем, уровень которых возрастает год от года, издание им

¹ Бёрдвочер – орнитолог-любитель, ведущий периодические наблюдения за птицами, как правило, это фотограф-анималист.

² Орнист – орнитолог-любитель, регулярно занимающийся фаунистическими наблюдениями и ведущий целенаправленное изучение какого-нибудь интересующего его аспекта из жизни птиц.

собственных фотоальбомов с интересным научно-популярным пояснительным текстом: «Зимняя сказка Лебединого озера» (2012), «Природа Алтая» (2015).

Очень важно, что в сотрудничестве с Геблеровским экологическим обществом, где возник проект «Усынови заказник», Тигирекским государственным заповедником Клуб любителей природы Алтая ведет живую практическую работу с сельскими школьниками и их учителями часто из самых отдаленных уголков Алтайского края от Крутихинского и Каменского до Егорьевского и Угловского районов с севера до юга, от востока – Заринский, Кытмановский, Залесовский до запада – Бурлинский, Немецкий и другие районы.

Во многом благодаря А.Л. Эбелю с помощью волонтеров в крае, в основном в Кислухинском заказнике на правой, противоположной от Барнаула стороне Оби, а также в Косихинском районе, проводится кольцевание лебедей-кликунов и черных аистов, в т.ч. современными цветными шейными (лебеди) и ножными (аисты) кольцами. Вся эта многогранная общественная деятельность создает предпосылки для популяризации науки в нашем крае, страстным поборником и проводником которой является Алексей Леонович Эбель.



*Автор настоящей статьи
(фото К.М. Пяткова, 1999)*

Свои первые осознанные наблюдения за птицами автор настоящей статьи

начинал в городских условиях Барнаула еще в 1970-х и частично в начале 1980-х гг. преимущественно в парках (особенно в парке «Юбилейном», который помнится еще как довольно дикое урочище «Пороховое», расположенное тогда на окраине города) и Барнаульском ленточном бору [91]. На сравнительном примере авифауны ленточного бора в черте города и за ее пределами в трех ключевых участках на разном расстоянии от города была подтверждена в условиях Барнаула закономерность увеличения в населении птиц доли отряда воробьиных (по видовому разнообразию и численности) по мере приближения к городу.

Новое соприкосновение с фауной птиц окрестностей Барнаула произошло в самом конце 1990-х гг., когда начались организовываться первые фаунистические исследования по программе Союза охраны птиц России (СОПР) «Ключевые орнитологические территории России (КОТР) в Алтайском крае» [92]. В окрестностях Барнаула была выявлена Бобровско-Рассказихинская КОТР, включающая в себя Затонский участок поймы Оби в пределах Барнаула [86].

В начале 2000-х гг. появилась возможность вернуться к теме фауны птиц родного города [93-95], начался сбор сведений о птицах города и городского округа предыдущими исследователями. В это же время автор совместно с орнитологом А.Л. Эбелем пытался возродить во многом утраченные в 1930-х гг. традиции регулярных авифенологических наблюдений как профессионалов, так и любителей птиц [88-89, 96]. В этой связи здесь также необходимо отдать должное более ранним фенологическим работам А.П. Кучина в XX в. по разным районам края, в основном в Горно-Алтайске [36].

С 2008 г. занятие автора статьи фауной птиц Барнаула приобретает системный характер. Учеты птиц на маршрутах проводились с повторностью не ре-

же одного раза в две недели в 9 биотопах города: в малоэтажной (усадебной) и перемежающейся застройке центра (старого) города; районах многоэтажной застройки; пойме Оби в черте города с востока и севера от него (Затонский, Велижанинский и Горский участки); пойме реки Барнаулки в пределах города; ленточном бору в пределах города; городских парках; пригородных садах; на городских пустырях; магистралях (крупных оживленных транспортных артериях города). Кроме этого, наблюдения проводились и в пригородных лесостепях на Гоньбинском (в районе Научного городка) и в меньшей степени Власихинском участках. В результате через два года появляется предварительный список птиц Барнаула, делается попытка классификации различных проявлений фактора беспокойства в урбоценозах [94].

В эти же годы автор статьи активно поддерживает становление любительских («народных») наблюдений за птицами Алтайского края и Барнаула (орнитика, бёрдвочерство, бёрдвочинг), участвует в некоторых семинарах и экскурсиях бёрдвочеров, сотрудничает с краевым Геблеровским экологическим обществом в его общественной научно-просветительской детско-юношеской программе «Усынови заказник», с Клубом любителей исследования Алтая (руководитель А.Л. Эбель) и лично со многими замечательными орнистами и бёрдвочерами Барнаула и Алтайского края, ведущих свои более или менее регулярные наблюдения на профессиональном уровне (В.Я. Маер, Т.В. Какошкина, В.Н. Бердюгина, Г.Н. Христолюбова, Н.В. Бредихина, В.С. Зарубин, В.В. Жижков, Е.И. Богинский). Отметим здесь также, что в Барнауле на сегодняшний день благодаря активной деятельности упомянутых обществен-

ных экологических организаций и квалифицированных любителей природы создаются хорошие предпосылки для популяризации науки, значение и польза которой заметно возрастают в современном мире.

В результате фаунистических исследований автора статьи, сведений из литературных источников и достоверной части сведений орнистов и бёрдвочеров за последние годы список птиц Барнаула и его окрестностей в пределах современного городского административного округа к 2017 г. составил 294 формы (видов подвидов и гибридов) [97]. В эти же годы обнаруживается гнездование редкого сокола – дербника в Барнауле [98], обобщаются сведения о городском сизом голубе [99], о появлении в городе в исторический период черного стрижа и его современном населении [95-96]. Начиная с 2017 г. были подготовлены обзорные и обобщающие работы по отдельным систематическим группам птиц Барнаула: соколам, гусеобразным, курообразным, куликам и чайкам [100-105]. Впервые дана оценка современной численности для многих видов в сравнении с их количеством в исторический период с начала XX в., детализировалось их современное биотопическое распространение и характер пребывания в пределах Барнаульского городского округа. Из 294 форм птиц Барнаула и Барнаульского округа 64 вида (22 %) являются в той или иной степени редкими на территории Алтайского края и большинство из них (53 вида, или 18 % от всего списка, обитающих в Барнауле) вошли в список третьего издания Красной книги Алтайского края (2016). Остальные 11 видов включались в Красную книгу Алтайского края в ее первом и втором изданиях (1998, 2006).

Список литературы

1. Барнаул: Энциклопедия. – Барнаул, 2000.
2. Барнаул. Летопись города – хронология, события, факты. – Барнаул, 2007.
3. Чихачёв П.А. Путешествие в Восточный Алтай. – М.: Наука, 1974. – 360 с.

4. Oriental and western Siberia. – New-York: Harper & Bros., 1858.
5. Черкасов А.А. На Алтае: Записки городского головы. – Барнаул: Библиотека журнала «Алтай», 2004. – 288 с.
6. Брэм А.Э. Путешествие по Алтаю: отрывки из дневника // Алт. сб. Вып. XV. – Барнаул, 1992. – 97-127 с.
7. Финш О. Путешествие в Западную Сибирь доктора О. Финша и А. Брэма. – М., 1882. – 586 с. – URL: http://books.omsklib.ru/Knigi/2017/Finsch_Brem_Puteschestvie/index.html.
8. Черкасов А.А. На Алтае: Из записок сибирского охотника // Природа и охота. – 1893. – № 7-11.
9. Штильмарк Ф.Р. // Охотничьи просторы. – 1984. – № 41. – С. 118.
10. Иогансен Г.Э. Материалы для орнитофауны степей Томского края // Изв. Томского ун-та. – 1907. – № 30. – С. 1-240.
11. Иогансен Г.Э. Окольцованная в Индии утка // Uragus (Томск). – 1927. – Кн. II. – № 1. – С. 30-31.
12. Johansen H. Die Vogelfauna Westsibiriens // J. für Ornithologie. – Berlin, 1943, 1944, 1953-1961.
13. Иогансен_Ганс_Христианович // Материалы С.Ф. Фоминых и А.О. Степанова. – URL: <http://wiki.tsu.ru/wiki/index.php/>.
14. Букина Т.Н. Орнитологическая коллекция А.П. Велижанина в краеведческом музее // Алт. сб. Вып. XVIII. – Барнаул, 1997. – С. 288-292.
15. Букина Т.Н. Велижанин Андрей Петрович // Исследователи Алтайского края. XVIII – начало XX в.: биобиблиограф. словарь. – Барнаул, 2000. – С. 39-40.
16. Велижанин А.П. Новое о бекасовидном веретеннике // Наша охота. – 1909. – Кн. 3. – С. 115-121.
17. Велижанин А.П. Гнездование бекасовидного веретенника (*Pseudoscolopax taczanowskii* Seeb.) // Uragus (Томск). – 1926. – Т. 1. – С. 15-19.
18. Велижанин А.П. Малая курочка (*Porzana parva* Scop.) в Кулундинской степи // Uragus (Томск). – 1928. – Кн. VI. – № 1. – С. 11-12.
19. Велижанин А.П. О птицах Алтайской губернии // Очерки Алтайского края. – Барнаул, 1925. – С. 95-107.
20. Велижанин А.П. Осенний пролет птиц под Барнаулом в 1927 г. // Uragus (Томск). – 1928. – Кн. VII. – № 2. – С. 38-39.
21. Велижанин А.П. Заметки из поездки в верховье Барнаулки // Алт. сб. Т. 12. – Барнаул, 1930. – С. 18-29.
22. Велижанин А.П., Велижанин Г.А. Список птиц Барнаульского округа // Uragus (Томск). – 1929. – Кн. IX. – № 1. – С. 5-15.
23. «Наша Велижановка». К 300-летию Белоярска // Газета «Вечерний Новоалтайск». – 22.09.2013.
24. Велижанин Г.А. Движение весны в 1924 г. под г. Барнаулом // Охотник Алтая (Усть-Каменогорск). – 1924. – № 6. – С. 8-9.
25. Велижанин Г.А. Добавления к орнитофауне Барнаульского округа // Uragus (Томск). – 1928. – Кн. VI. – № 1. – С. 12-20.
26. Велижанин Г.А. Заметки по орнитофауне Барнаульского, Рубцовского и Славгородского округов // Алт. сб. – 1930. – Т. 12. – С. 58-60.
27. Велижанин Г.А. Малая выпь (*Ardetta minuta* L.) в окрестностях Барнаула // Uragus (Томск). – 1927. – Кн. V. – № 4. – С. 5-7.
28. Быков Б. Краткий отчет тридцатипятилетней деятельности краеведческого общества в Барнауле (1891-1926) // Алт. сб. Т. XII. – Барнаул, 1930. – С. 89.
29. Букина Т.Н. Из истории создания естественно-исторической коллекции АГКМ // Краеведческие записки. Вып. 4. – Барнаул, 2001. – С. 101-105.

30. Коллекторы Государственного Дарвиновского музея. – URL: <http://www.rbcu.ru/information/14489/?sphrase>.
31. Велижанина В. Репрессированные ученые Алтая (А.П. и Г.А. Велижанины) // Дебют: сб. науч.-иссл. работ школьников Алтайского края по историческому краеведению. – Барнаул, 1998. – С. 151.
32. Залесский П.М. О прилете птиц в Алтайском крае // Урагус (Томск). – 1928. – Кн. VII. – № 2. – С. 13-18.
33. Петрищева Г.С. Кучин А.П. – фенолог, орнитолог, член Алтайского отдела Географического общества // Изв. АО РГО. – 2015. – № 2 (37). – С. 99-101.
34. Кучин А.П. Птицы Алтая (неворобьиные). – Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1976. – 232 с.
35. Кучин А.П. Птицы Алтая (воробьиные). – Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1982. – 208 с.
36. Кучин А.П. Календарь весны Горно-Алтайска и его окрестностей // Географические проблемы использования межгорных котловин Алтае-Саянской горной области: тез. докл. к конф. – Барнаул, 1986. – С. 21-23.
37. Кучин А.П. Птицы Алтая (неворобьиные). – Горно-Алтайск, 2004. – 778 с.
38. Кучин А.П. Птицы Алтая (воробьиные). – Горно-Алтайск, 2007. – 356 с.
39. Ирисов Э.А. Орнитокомплексы в зоне строительства Кулундинского канала и возможная их трансформация в перспективе // Комплексное мелиоративное освоение земель в зоне Кулундинского канала: тез. докл. к конф. Ч. II. – Барнаул, 1982. – С. 103-106.
40. Ирисов Э.А. Гибель птиц на автомобильных дорогах Алтайского края // Биоценозы Алтайского края и влияние на них антропогенных воздействий: тез. докл. к конф. – Барнаул: Изд-во Алтайского гос. ун-та, 1990. – С. 88-90.
41. Кучина В.А. Сезонные изменения видового состава птиц Приобских заболоченных песчаных террас // Вопр. охраны природы Горного Алтая. – Горно-Алтайск, 1976. – С. 64-66.
42. Камбалов Н.А., Прокофьев М.А. Новые редкие птицы окрестностей Барнаула // Охрана, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов Алтайского края: тез. докл. к конф. – Барнаул, 1975. – С. 322-324.
43. Уманский А.П. О трех Николаях // Алт. сб. Вып. XVII. – Барнаул, 1993. – 156-158.
44. Никитин В.Г. К характеристике населения птиц г. Барнаула // Биоценозы Алтайского края и влияние на них антропогенных воздействий: тез. докл. к конф. – Барнаул, 1990. – С. 119-122.
45. Никитин В.Г. К орнитофауне г. Барнаула и его окрестностей // Биоценозы Алтайского края и влияние на них антропогенных воздействий: тез. докл. к конф. – Барнаул, 1990. – С. 122-124.
46. Никитин В.Г. Редкие и малоизученные птицы г. Барнаула и его окрестностей // Зоологические проблемы Алтайского края: тез. докл. к конф. – Барнаул, 1990. – С. 34-35.
47. Никитин В.Г. О гнездовании сапсана в г. Барнауле // Зоологические проблемы Алтайского края: тез. докл. к конф. – Барнаул, 1990. – С. 36.
48. Никитин В.Г. Классификация птиц Барнаула по сходству их распределения и пребывания // Орнитологические проблемы Сибири: тез. докл. к конф. – Барнаул, 1991. – С. 95-99.
49. Крымов Н.Г. Гнездование обыкновенной пустельги в полезащитных лесонасаждениях окрестностей г. Барнаула // Зоологические проблемы Алтайского края: тез. докл. к конф. – Барнаул, 1990. – С. 23.
50. Крымов Н.Г. Влияние погодных условий на успешность размножения сороки и серой вороны // Зоологические проблемы Алтайского края: тез. докл. к конф. – Барнаул, 1990. – С. 24.

51. Зарубин В.С., Петров В.Ю. Находка седоголовой горихвостки в окрестностях Барнаула // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири: сб. ст. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2003. – С. 101.
52. Зарубин В.С. Некоторые интересные встречи птиц в окрестностях Барнаула // Алт. зоол. журн. Вып. 5. – Барнаул: Азбука, 2011. – С. 88.
53. Петров В.Ю. К зимней орнитофауне ленточных сосновых боров Приобского плато // Орнитологические проблемы Сибири: тез. докл. к конф. – Барнаул, 1991. – 188-189.
54. Петров В.Ю. К распространению птиц в сосновых лесах ленточных боров Обь-Иртышского междуречья // Вест. Алт. государственного аграрного ун-та. – Барнаул, 2009. – С. 33-35.
55. Петров В.Ю. Список птиц бассейна реки Барнаулки // Река Барнаулка: экология, флора и фауна бассейна. – Барнаул, 2000. – С. 171-178.
56. Петров В.Ю. Современное состояние тетеревиных птиц на юге Западно-Сибирской равнины // Вопр. орнитологии: тез. докл. к V конф. орнитологов Сибири памяти Э.А. Ирисова. – Барнаул, 1995. – С. 160-161.
57. Петров В.Ю., Плотников В.Н., Чупин И.И., Ирисов Э.А. Новые находки птиц на равнинной части Алтайского края // Зоологические проблемы Алтайского края: тез. докл. к конф. – Барнаул, 1990. – С. 37-38.
58. Петров В.Ю. К гнездовой биологии птиц Барнаула и его окрестностей (по наблюдениям И.Г. Волгина) // Алт. зоол. журн. Вып. 13. – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2017. – С. 33-48.
59. Ирисова Н.Л., Божко Т.П. О летнем населении птиц г. Барнаула // Биологические ресурсы Алтайского края и пути их рационального использования: тезисы докл. к конф. – Барнаул, 1979. – С. 131-133.
60. Ирисова Н.Л. Малая крачка в пойме Верхней Оби // Современные проблемы орнитологии Сибири и Центральной Азии: матер. II междунар. орнитол. конф. Ч. II. – Улан-Удэ, 2003. – С. 49-51.
61. Ирисова Н.Л. Малая крачка // Красная книга Алтайского края: животные. Том 2. – Барнаул: ОАО «ИПП «Алтай», 2006. – С. 135-136.
62. Ирисова Н.Л. К фауне птиц окрестностей Барнаула // Русск. орнитол. журн. – 2011. – Т. 20. – Экспресс-вып. 710. – С. 2424-2425.
63. Ирисова Н.Л. К экологии синантропной популяции черного коршуна *Milvus migrans* в Алтайском крае и предпосылки его синантропизации // Изв. Алт. гос. ун-та. – 2013. – № 3-2 (79). – С. 80-83.
64. Ирисова Н.Л. Малая крачка // Красная книга Алтайского края. – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2016. – С. 222-223.
65. Ирисова Н.Л. Предисловие // Красная книга Алтайского края. Животные. – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 1998. – С. 5-8.
66. Ирисова Н.Л., Кораблева Т.А. Птицы г. Новоалтайска // Вопр. Орнитологии: тез. докл. к V конф. орнитологов Сибири памяти Э.А. Ирисова. – Барнаул, 1995. – С. 67-69.
67. Ирисова Н.Л., Петров В.Ю., Иноземцев А.Г. К распространению некоторых птиц в Алтайском крае // Матер. к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. – Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 1998. – С. 89-93.
68. Ирисова Н.Л., Гармс О.Я., Вотинов А.Г., Чупин И.И., Иноземцев А.Г., Рыжков Д.В. Птицы Верхнего Приобья (Алтайский край) // Матер. к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири: сб. ст. – Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 1999. – С. 96-108.
69. Ирисова Н.Л., Бочкарёва Е.Н., Кораблёва Т.А., Филиппова Е.В. К фауне птиц Новоалтайска // Изв. АлтГУ. – 2012. – 3/1 (75) – С. 37-40.

70. Ирисова Н.Л., Нагих Н.П. Анализ орнитологической изученности территории Алтайского края // Актуальные вопросы изучения птиц Сибири. – Барнаул, 2005.
71. Ирисова Н.Л., Никулкин В.Н. К распространению домового сыча в Западной Сибири // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири: сб. ст. – Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2006. – С. 123-124.
72. Ирисова Н.Л., Чупин И.И. Чёрный аист // Красная книга Алтайского края. Животные. – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2016. – С. 125-126.
73. Бахтин Р.Ф., Важов С.В., Ирисова Н.Л. О гнездовании чёрного коршуна в городах Алтайского края // Алт. зоол. журн. Вып. 9. – Барнаул: Изд-во Алтайского гос. ун-та, 2015. – С. 39-41.
74. Плотников В.Н. Особенности населения птиц массивов новой многоэтажной застройки г. Барнаула // Биоценозы Алтайского края и влияние на них антропогенных воздействий: тез. докл. к конф. – Барнаул: Изд-во Алтайского гос. ун-та, 1990. – С. 132-134.
75. Плотников В.Н. Характер пребывания и численность птиц семейства Овсянковых в Барнауле // Зоологические проблемы Алтайского края: тез. докл. к конф. – Барнаул, 1990. – С. 39-41.
76. Плотников В.Н. Сравнительная характеристика населения птиц районов старой и новой индивидуальной застройки г. Барнаула // Орнитологические проблемы Сибири: тез. докл. к конф. – Барнаул, 1991. – С. 100-103.
77. Плотников В.Н. Встречи редких соколообразных в окрестностях г. Барнаула // Состояние и пути сбережения генофонда диких растений и животных в Алтайском крае: тез. докладов к конф. – Барнаул, 1992. – С. 47-48.
78. Плотников В.Н. Некоторые особенности биологии и численность редких соколов в Барнауле // Актуальные вопросы биологии: тез. докл. к науч. конф., посвящённой XX-летию биол. фак-та Алт. гос. ун-та. – Барнаул, 1994. – С. 144-146.
79. Плотников В.Н. К вопросу о зимнем населении птиц Барнаула // Вопр. Орнитологии: тез. докл. к V конф. орнитологов Сибири памяти Э.А. Ирисова. – Барнаул, 1995. – С. 162-164.
80. Плотников В.Н. Птицы г. Барнаула и его окрестностей // Река Барнаулка: экология, флора и фауна бассейна. – Барнаул, 2000. – С. 179-190.
81. Плотников В.Н. Птицы Южно-Сибирского ботанического сада // Актуальные вопросы изучения птиц Сибири: матер. Сибирской орнитологической конф., посвящённой памяти и 75-летию Э.А. Ирисова. – Барнаул, 2010. – С. 154-159.
82. Плотников В.Н., Трунов А.А. О нахождении редких птиц в окрестностях г. Барнаула // Особо охраняемые природные территории Алтайского края, тактика сохранения видового разнообразия и генофонда: матер. к регион. конф. – Барнаул, 1995. – С. 49-50.
83. Плотников В.Н., Чупина Н.И. О размножении некоторых вьюрковых птиц в садках // Зоологические проблемы Алтайского края: тез. докл. к конф. – Барнаул, 1990. – С. 42-43.
84. Фёдоров Н.Е. Материалы по гнездованию птиц в окрестностях Барнаула // Актуальные вопросы изучения птиц Сибири: матер. Сиб. орнитологической конф., посвящённой памяти и 75-летию Э.А. Ирисова. – Барнаул, 2010. – С. 104-108.
85. Чупин И.И. Видовое разнообразие позвоночных на территории садового участка // Алт. зоол. журн. – 2017. – Вып. 13. – С. 61-65.
86. Чупин И.И., Гармс О.Я. Бобровско-Рассказихинская КОТР (АЛ-019) // Ключевые орнитологические территории России. Том 2. Ключевые орнитологические территории международного значения в Западной Сибири. – М.: Союз охраны птиц России, 2006. – С. 226-227.

87. Эбель А.Л. О некоторых фаунистических и фенологических наблюдениях птиц в Алтайском крае (неворобьиные) // Русск. орнитолог. журн. – 2015. – Т. 24. – Экспресс-вып. 1104. – С. 427-450.
88. Гармс О.Я., Эбель А.Л. Материалы к фауне птиц Барнаула за 2009 и 2010 гг. // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири: Рег. авифаунистический журн. Вып. 16. – Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2011а. – С. 19-44.
89. Гармс О.Я., Эбель А.Л. Авифенология весны 2010 г. в Барнауле // Алт. зоол. журн. – 2011. – Вып. 5. – С. 47-57.
90. Эбель А.Л. Черный дрозд *Turdus merula* на Алтае // Русск. орнитолог. журн. – 2018. – Т. 27. – Экспресс-вып. 1602. – С. 2027-2031.
91. Гармс О.Я. Некоторые изменения в населении птиц ленточного бора по мере удаления от Барнаула // Алт. зоол. журн. – 2013. – Вып. 7. – С. 63-70.
92. Гармс О.Я., Вотинов А.Г., Петров В.Ю., Иноземцев А.Г., Рыжков Д.В., Чупин И.И. Ключевые орнитологические территории Алтайского края // Инвентаризация, мониторинг и охрана ключевых орнитологических территорий России: матер. совещаний по программе «КОТР» (1998-2000). – Вып.2. – М., 2000. – С. 79-83.
93. Гармс О.Я. Предварительный список птиц г. Барнаула и попытка оценки фактора беспокойства в некоторых биотопах // Алт. зоол. журн. – 2010. – Вып. 4. – С. 63-67.
94. Гармс О.Я. Черный и белопопый стрижи в Барнауле // Алт. зоол. журн. – 2013. – Вып. 7. – С. 18-21.
95. Harms O. Black (Common) Swifts (*Apus apus*) in Barnaul (Western Siberia, Altai Krai) – APUSlife, 2013. – URL: <http://www.commonswift.org/4956Harms.html>.
96. Гармс О.Я. Прилет некоторых видов птиц в Алтайском крае в марте и апреле 2016 г. // Биоразнообразие, проблемы экологии Горного Алтая и сопредельных регионов: настоящее, прошлое, будущее: матер. IV междунар. конф. 26-30 сентября 2016 г. – Горно-Алтайск, 2016. – С. 61-64.
97. Гармс О.Я. Список птиц города Барнаула и его окрестностей в пределах современного административного Барнаульского округа (на 1 января 2017 г.) // Алт. зоол. журн. – 2017. – Вып. 12. – С. 6-14.
98. Гармс О.Я. Дербник *Falco columbarius* в г. Барнауле // Алт. зоол. журн. – 2016. – Вып. 11. – С. 12-14.
99. Гармс О.Я. О городском сизом голубе *Columba domestica livia* J.F. Gmelin, 1789 в Барнауле // Рус. орнит. журн. – 2018. – Т. 27. – Вып. 1642. – С. 3445-3462.
100. Гармс О.Я. Птицы отрядов Поганкообразных Podicipediformes, Пеликанообразных Pelicaniformes и Аистообразных Ciconiiformes в Барнауле // Алт. зоол. журн. – 2017. – Вып. 13. – С. 13-22.
101. Гармс О.Я. Обзор фауны соколообразных Falconiformes города Барнаула и его окрестностей (Алтайский край) // Рус. орнит. журн. – 2017. – Т. 26. – Вып. 1441. – С. 1817-1856.
102. Гармс О.Я. Обзор фауны куликов Charadrii города Барнаула и его окрестностей (Алтайский край) // Рус. орнит. журн. – 2017. – Т. 26. – Вып. 1496. – С. 3737-3768.
103. Гармс О.Я. Обзор фауны птиц отряда Гусеобразных в пределах города Барнаула и его окрестностей (Алтайский край) // «Казарка». – 2018. – Вып. 20. – С. 63-87.
104. Гармс О.Я. Чайки и крачки Larі города Барнаула и его окрестностей (Алтайский край) // Рус. орнит. журн. – 2018. – Т. 27. – Вып. 1575. – С. 1024-1043.
105. Гармс О.Я. Птицы отрядов Курообразных (Galliformes) и Журавлеобразных (Gruiformes) города Барнаула и его окрестностей (Алтайский край) // Изв. АО РГО. – 2018. – № 2 (49). – С. 67-83.

Дата поступления 9.09.2018

ФОРМИРОВАНИЕ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ЛЕСОПРОМЫСЛОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ТАЛЬМЕНСКОМ РАЙОНЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Е.В. Шалофастова¹, Л.В. Швецова²

¹ МКОУ «Ларичихинская СОШ», с. Ларичиха (Тальменский район), E-mail: larena1970@mail.ru

² Алтайский государственный университет, Барнаул, E-mail: shvetsova.lar@yandex.ru

На территории Тальменского муниципального района Алтайского края (в пределах его современных границ) сформировались населенные пункты земледельческого и лесопромышленного назначения, которые изучались историками, краеведами, и в меньшей степени географами. Изучением истории формирования и развития населенных пунктов, находящихся в пределах современных границ Тальменского муниципального района занимались Ю.С. Булыгин [1], В.И. Казанцев [2]. Они обращались к истории сел центральной и восточной части Тальменского района, возникших в начале XVIII в. Население их было занято в сельском хозяйстве. Далее в селообразовании после 1820-х гг. имелся некоторый перерыв, примерно в 90 лет [3]. Т.К. Щеглова [4] рассматривала особенности развития населенных пунктов Нижнего Причумышья в XX в., в т.ч. возникновение поселков, связанных с лесозаготовкой и лесопереработкой.

В ходе исследования выявлены причины формирования и развития лесных поселков в западной и северо-западной части Тальменского района в XX веке: расширение зоны лесных промыслов из-за наличия разнообразных лесных ресурсов (1); появление предприятий, занимающихся лесозаготовкой и лесопереработкой (2); приток населения в результате добровольного переселения, депортации народов, эвакуации населения (3); строительство железной дороги (4); проектирование Каменской ГЭС (5).

Среди причин исчезновения (или ликвидации) некоторых населенных

пунктов следует прежде всего назвать: истощение природной ресурсной базы, что привело к закрытию отдельных лесных промыслов (1); перемещение лесопроизводственных площадок на новые места (2); отток населения в новые села с мощными лесозаготовительными и лесоперерабатывающими предприятиями или их возвращения на прежнее место жительства (3); ликвидация узкоколейной железной дороги (4); отмена плана строительства Каменской ГЭС (5). Важно понимать, что указанные причины влияли не только на формирование, развитие или исчезновение населенных пунктов лесопромышленного назначения, но и определили характер природопользования на заселяемой и осваиваемой территории, что освещено ниже.

Процесс формирования и развития лесохозяйственных поселений на территории Чумышской лесной дачи (лесная дача – ограниченная часть лесных угодий, подчиненная единому хозяйственно-техническому плану) в западной и северо-западной части Тальменского района можно условно разделить на три этапа. Они соответствуют периодизации развития системы сельского расселения на Алтае в советский период, предложенной А.Г. Баландиным [5].

Первый этап (начало XX в. – 1920-е гг.)

Небольшие лесные поселки (хутора, участки, кордоны, заимки) возникли на изучаемой территории в начале XX в. Хутором называли отдельный дом, избу с ухажом (угодьями и хозяйственными постройками в древнерусской усадьбе), со скотом и сельским хозяйством. Кре-

стьяне, поселившиеся на новом месте, создавали поселки (небольшие деревушки, отделившиеся от коренного селения) [6]. Кордоном называлось место, где находилась лесная охрана. Некоторые лесные поселки в Сибири называли заимками [7]. В «Списке населенных мест Сибирского края» [8] на территории Тальменского района (в пределах современных границ), относящегося к Барнаульскому округу, были учтены населенные пункты: поселок Шелеповский (1904), заимка Сандаловская (1910), пос. Макариха (1919), кордон Инской (1923), заимка Ларетчиха (1925), хутор Кривоногов (1926). В этих лесных поселках, расположенных в Чумышской лесной даче, проживало по несколько семей, общая численность которых составляла от 4 до 39 чел. [8].

Как отмечает Т.К. Щеглова [9], увеличению численности жителей в перечисленных населенных пунктах способствовало несколько факторов. Во-первых, после окончания гражданской войны и дальнейшего развития промышленности постоянно повышалась потребность страны в продуктах переработки живицы и, в первую очередь, канифоли. Во-вторых, когда репрессивные события 1930-х гг. привели к уменьшению населения, в Тальменском районе Алтайского края происходит переливание населения из земледельческих сел в промыслово-промышленные. В период коллективизации часть крестьян, оставив дома, уезжали в лесные поселки, где занимались заготовкой леса, сбором живицы и выгонкой смолы и дегтя.

Поселок Шелеповский (1904) располагался на речке Иня, к юго-востоку от озера Никитино. Проживало в нем три семьи численностью 16 чел. [8]. Жители занимались рыболовством, сбором грибов и ягод, охотой, смолокурением и выгонкой дегтя. После образования Тальменского химвлесхоза заготавливали и сплавляли лес по реке Иня, собирали живицу. Поселок был ликви-

дирован в 1960-е гг. Жители переехали в с. Сандалово.

Заимка Сандаловская (1910) была образована рыбаками с. Курочкино, ездившими на рыбалку за тридцать километров от своего населенного пункта. Название произошло от фамилии основателя заимки – Сандалов. В 1926 г. здесь зарегистрированы 9 домохозяйств, численность жителей – 39 человек (из них 26 мужчин и 13 женщин), русские [8]. Промыслы были традиционными для лесного поселка: заготовка леса, сбор живицы, смолокурение, рыболовство, охота. Территория заимки отличалась плодородными почвами, поэтому жители занимались огородничеством, держали домашний скот. Населенный пункт существует в настоящее время и относится к Ларичихинскому сельскому Совету. Сейчас это с. Сандалово, численность населения которого в 2016 г. составляла 167 чел. [10].

Поселок Макариха (1919) был сформирован у реки Иня. В 1926 г. [8] в поселке зафиксировано 11 хозяйств. Всего проживало 22 человека (из них 17 мужчин и 5 женщин), все русские по национальности. Занимались смолокурением, выгонкой дегтя и выжигом древесного угля. Поселок прекратил существование в середине 1960-х гг. в результате переезда жителей во вновь образованное крупное село Ларичиху (Шелепово).

Кордон Инской (1923) располагался у реки Иня. В «Списке населенных мест Сибирского края» [8] на момент проведения Всесоюзной демографической переписи населения 1926 г. в нем проживала одна семья, состоявшая из двух мужчин и двух женщин, русских по национальности. Как отмечает И.Ф. Казанцев, «это была семья лесного объездчика». Пунктом 72 лесного кодекса было определено, что «лесничие, их помощники и лесная стража вооружаются огнестрельным оружием и в отношении задержания самовольных порубщиков, а также производства обысков и отобрания похищенных лесных материалов и призывов граждан для тушения лесных пожаров, пользуются пра-

вами милиции» [11, с. 149]. Кордон исчез в 1965-1966 гг. [12].

Заимка Ларетчиха возникла еще в 1925 г. и учтена Всесоюзной демографической переписью населения в декабре 1926 г [8]. В двух семьях здесь проживали 7 человек. Появление названия поселка до сих пор представлено «несколькими версиями, которые трудно убедительно аргументировать» [13, с. 218]. Один из старожилов А.Н. Костицын сообщает, что «поселок был назван по фамилии первопоселенца, Ларина или Ларичева, причем многие называют его беглым человеком». И.Ф. Казанцев рассказывал: «Мой отец с семьей ночью сбежали из села Казанцево, спасаясь от коммуны. Ушли в лес. Основали смолокурку». По-видимому, здесь есть доля правды, т.к. некоторые лесные поселки действительно основывались людьми, скрывавшимися от органов Советской власти. С 1925 г. до настоящего времени существовало два варианта написания названия поселка: Ларетчиха (рис. 1) и Ларечиха.

В подворных книгах Курочкинского сельсовета, куда поселок стал входить позже, записано – Ларечиха. Возможно, что работниками сельсовета допущена ошибка в записи.

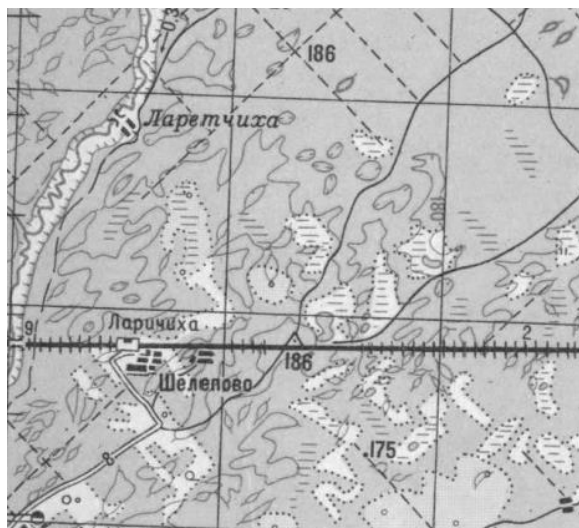


Рис. 1. Фрагмент топографической карты (м-б 1: 100 000), 1987 г. [14]

И.Ф. Казанцев вспоминал: «В 1932 году там жило 6-7 семей, среди них мой дядя». Нам известен факт, что жители Ларетчихи отдельно не записывались, численность установить нельзя, так как довоенные архивы Курочкинского сельского совета сгорели. Анализ похозяйственных книг [15] позволил выяснить, что в 1952-1954 гг. в поселке проживало четыре семьи (13 чел.), две из которых были репрессированы и депортированы в Алтайский край из Автономной Советской Социалистической Республики Немцев Поволжья. В 1955-1957 гг. зарегистрировано 14 семей (46 чел.), в 1958-1960 гг. – 28 семей (66 чел.), в 1964-1966 гг. – 12 семей (33 чел.) [16]. С 1964 г. численность населения Ларетчихи уменьшилась, при этом отмечается полная сменяемость жителей. Это объясняется тем, что большая их часть была из репрессированных, либо сосланных на поселение. Отработав определенный срок и получив справку об освобождении, они возвращались на прежнее место жительства. В подворных книгах [12] указаны места выбытия: Ленинград, Чувашия, Новокузнецк, Калужская область, Петропавловск, Мелитополь. Часть населения переселялась в близлежащие села: Новую Зарю, Тальменку, Сандаково, Ларичиху (Шелепово). Интересен национальный состав жителей поселка: немцы, литовцы, белорусы, мордва, русские. Разным был и уровень образования: от начального до высшего. В 1966 г. Ларетчиха передана во вновь образованный Ларичихинский сельский Совет [10].

Приказом Наркомлеса СССР от 27 января 1938 г. на территории Алтайского края был образован трест «Алтайлес», в который вошли 6 леспромхозов, 7 мехлесопунктов, среди которых Шипицынский, 3 лесхоза, 9 химлесоучастков, в том числе Тальменский [11]. Рабочие бригады Тальменского химлесоучастка размещались в небольших лесных поселках, в т.ч. и в Ларетчихе.

Население заимки занималось лесными промыслами. Главные из них – сбор сосновой смолы-живицы, выгонка дегтя, неочищенного скипидара и смолы из обгорелого леса, пней и смолья. Возле бывшего лесного поселка Ларетчиха сохранились развалины смолокурного завода, который действовал в 1950-1960-е гг. Работа на смолокурном заводе (смолокурня, или смолокурка – как называли в обиходе) была очень тяжелой. И.Ф. Казанцев вспоминал: «Железный котел до 3-х метров высотой и объемом 2-3 м³ был обложен кирпичом – чтобы не прогорел металл. Через небольшое расстояние находилась еще одна кирпичная стенка печи. Под котлом располагалась топка. В котел на решето закладывали осмол – обгоревший лес, толстые сучья и ветви деревьев, пни, в которых содержится много смолы. Загружали котел сверху, с помощью журавца – простейшего подъемного крана, напоминающего колодез-журавль. К поперечной перекладине на толстой железной цепи подвешивался металлический крюк. После загрузки котел плотно закрывался тяжелой крышкой, и в топке разводился огонь».

В.Ф. Силиванов, Н.А. Ростовцев рассказывали: «Топили котел 10-12 часов. Огонь поддерживали ровный, несильный, чтобы осмол в котле не загорелся. Внизу котла, под решетом, находилось специальное отверстие – от него шел желоб, соединенный с деревянными трубами. Трубы закапывали в землю или укладывали в колоду с водой: это был охладитель. Через 20-30 метров в углублении располагался приемник – место, где трубы выходили на поверхность. Под трубами устанавливались деревянные бочки, в которые собирали готовую продукцию. Трубы изготавливались так: бревно распиливалось пополам, из каждой половинки выбиралась древесина. Половинки складывались, стягивались железными хомутами и закреплялись. По мере нагревания смо-

ля в котле из высыхающего осмола выделялся пар, он выходил по желобу в трубу, и там, остывая, превращался в воду. Ее сливали. Затем из котла поступал неочищенный скипидар. Он не мог долго храниться в деревянной посуде, поэтому его переливали в стеклянную. После скипидара в приемник поступала вытопленная смола. Ее применяли для смазывания колесных пар, или переваривали в вар. Заливали в казан 5 ведер смолы и медленно, еще 8-10 часов варили до загустения. Пробу на готовность производили так: брали смолу на палочку, окунали в холодную воду, и если смолу можно было жевать – вар был готов. После вытопки смолы котел разгружали – открывали крышку, доставали горячие угли на решете и вываливали в яму. Яму закрывали крышкой, на которую насыпали песок, чтобы не поступал воздух. Уголь «глохнул», закрытый. Через 12 часов древесный уголь был готов. Процесс выгонки дегтя был таким же, только в котел ставилось более мелкое решето, а на него укладывались пласты бересты».

В ходе летних полевых исследований в пределах Ларетчихинского смолокурного завода были обнаружены журавец, кирпичные печи под котел, полые деревянные трубы, деревянные бочки, крышку от котла, решета, которые опускали в котел. Вокруг встречаются остатки древесного угля, оплавленные обломки кирпичей. Смолокурный завод работал зимой, а летом делали запасы смолья и бересты. Бересту заготавливали пластами высотой до двух метров, затем складывали в ящики и прессовали.

Л.С. Вяткина вспоминала: «Первое время подсочка живицы соседствовала со смолокурными заводами, которые перерабатывали древесные отходы после валки леса. В среднем рабочая бригада имела бригадира, 3-7 резчиков и около 10 сборщиков. Осенью на стволах сосен делали карры: очищали участок ствола от коры металлическими стру-

гами. Эта операция называлась «подрумянивание». Весной, с наступлением теплых дней, в середине карры желобковым хакем вырезали ус – вертикальный желоб. К нему под углом резали желобки, по которым текла живица. Под ус устанавливали направляющее устройство – крампон, а под ним приемник в виде воронки. Человек, нарезавший усы и желобки – вздымщик. Он все лето обходил свой участок и нарезал несколько пар желобков. Собирали живицу сборщицы. В 30-40 годы живицу собирали в глиняные горшочки, которые изготавливались на участках. В 40-е гг. XX в. в поселке Гончарная был гончарный круг».

Вот что рассказывала Т.И. Волкова: «На нем лепили не только горшки, но и всю необходимую утварь: чашки, кружки, колываночки (небольшие крынки). Готовые горшки сушили. Обсыпали специальным порошком и ставили в горно-печь для обжига». Горшочки под живицу были объемом 300-500 мл. Позднее появились этернитовые воронки из материала, напоминающего шифер. Приемники устанавливались на один или два держателя – костыльки с желобком вдоль верхней грани. В 1970-х – начале 1980-х гг. живицу собирали в металлические, а затем пластмассовые воронки [17]. Л.С. Вяткина добавила еще несколько воспоминаний: «Сборщицы сборочной лопаткой снимали наполненные воронки, выковыривали смолу, сливали ее в ведра, а затем в бочки. Боразкитом, похожим на небольшой нож, чистили бораз – засохшую живицу на усах и желобках. На каждом участке была землянка-приемник, где стояли бочки под живицу. Сборщицы ведрами носили живицу к приемнику, там по сливной доске сливали ее в бочки. До 70-х годов ведра были деревянными, с железной оковкой, очень тяжелыми. Бочки и ведра изготавливали в мастерских – «бондарках», расположенных тут же, на участках. Бревна распиливали на чурки, кололи

досточки для бочек – клепки. Позже появились металлические бочки объемом 200 литров. Их крышки закрывались специальными зажимами – обжимными кольцами».

Работа была очень тяжелая, особенно для женщин, которые работали сборщицами: «Коромысло на плечи. Два ведра по 10 литров, а живица тяжелая – 15-18 кг. У каждой свой участок, размером 1 на 2 км. Изнурительная работа. Лето. Духота в бору. Мошकारа. Комары» [4, с. 87]. Живицу отправляли в г. Барнаул на канифольно-терпентинный завод. Кроме смолокуренного промысла, население заимки занималось сбором грибов и ягод, охотой, рыболовством, выращивало на огородах овощи.

Заимка Ларетчиха просуществовала до 1977 г. Входила в состав Ларичихинского сельского Совета [18]. Установить состав жителей последнего десятилетия очень сложно, т.к. в подворных книгах население поселка отдельно не выделялось. В 1977 г. последние жители выехали в село Ларичиху.

Хутор Кривоногов, или Исток (1926), был образован у ручья Исток (рис. 2). Состоял из одного домохозяйства, где проживали трое мужчин и одна женщина [8]. В 1927 г. в с. Курочкино появились переселенцы из центральных областей России. Они ходатайствовали о выделении им земли на берегу ручья, вытекающего из озера Крючное. Разрешение было получено и в 1927 г. началось строительство. Поселение назвали Исток (от слова «источник», так жители называли ручей). Построившись, жили единоличными хозяйствами: выращивали хлеб, держали скот, собирали грибы и ягоды, заготавливали дрова, которые продавали в Черепаново. В 1932 г. в поселке образовался колхоз имени Ворошилова, который вскоре был переименован в промартель. Было налажено кустарное промышленное производство: смолоку-

ренный завод, бондарный цех, пиломатериал. Наряду с этим было и сельхозпроизводство: выращивали рожь, овес, горох, держали лошадей, коров и быков. Имелась пасека. В 1968 г. поселок прекратил существование, в первую очередь из-за нерентабельности производства. Жители переехали в Курочкино, Тальменку, пос. Рассвет, Барнаул, Кемеровскую область [19].

Таким образом, население перечисленных выше поселков активно занималось смолокурением и выгонкой дегтя, сбором живицы, выжиганием древесного угля, сбором грибов и ягод, рыболовством, охотой и огородничеством. В отдельных поселках заготавливали лес и сплавляли его по р. Иня до Оби. Все лесные поселки, кроме заимки Сандаловская, были ликвидированы во второй половине XX в. Это было связано с появлением в крупных селах мощных лесозаготовительных и лесоперерабатывающих предприятий, а также перемещением лесопроизводственных площадок на новые места. Население в основном переехало в села Ларичиха и Сандалово.

Для первого этапа развития населенных пунктов на западе и северо-западе Тальменского района характерна свобода в выборе типа поселения при организации населенных пунктов: заимки, хутора, поселки, кордоны. На данном этапе развивались населенные пункты, осуществляющие обслуживание лесного хозяйства. Часть из них сохранилась с дореволюционных времен (например, Сандалово). Доля населения от общей численности жителей Тальменского района составляла всего 0,21 %.

Второй этап (1930-1940)

Период 1930-1940-х гг. в Алтайском крае характеризуется ростом числа специализированных населенных пунктов несельскохозяйственного назначения

(транспортных, промышленных и лесохозяйственных). Этот процесс характерен и для Тальменского района. В 1936 г. был образован Западно-Сибирский транспортный лесной трест. На северо-западе Тальменского района был сформирован Курочанский лесотрансхоз. Возникли населенные пункты – участки Инской, 2-й и Круглое. К этому же этапу можно отнести и формирование поселка Алтайского (Кайгородово) Шелаболихинского района, хотя точная дата его появления противоречива.

Участок Инской (рис. 2) располагался в 11 км западнее с. Курочкино. Это один из производственных участков Курочанского лесотрансхоза, находившегося в ведении Запсибтрансlesa. Трест занимался заготовкой леса и его обработкой для нужд железнодорожного транспорта, переведен в 1937 г. из Новосибирской области [20]. Участок Инской находился к западу от с. Курочкино. С.И. Ушаков отмечал: «*Инской участок получил свое название из-за того, что был ближе других к реке Иня*». В.А. Березин предположил: «*Неподалеку находилось озеро Инское*». Административно поселки относились к Новоеловскому сельскому Совету Тальменского района Алтайского края.



Рис. 2. Фрагмент топографической карты (м-б 1: 100 000), 1987 г. [14]

С.И. Ушаков отмечал: «Курочанский лестрансхоз занимался заготовкой и распиловкой леса, необходимого для ремонта железнодорожных путей. Помимо рабочих лестрансхоза, на работу привлекались мобилизованные на лесозаготовки колхозники. Лес вывозился по узкоколейной железной дороге, проложенной на месте лесозаготовок. Вдоль узкоколейной железной дороги, которая вела на запад, к реке Иня, создавались поселки для проживания рабочих: 1-й участок, 2-й участок, Инской (рис. 2). Вглубь леса, к реке Иня, вела узкоколейная дорога, по которой спиленный лес вывозился на 13 разъезд, известный сейчас как станция Красный Боец. По железной дороге ходил паровоз, называемый «кукушка» за громкий свисток, напоминающий кукование птицы».

Н.А. Фролов рассказывал: «Жилье строилось временное, рассчитанное только на период валки и распиловки леса, поэтому было много бараков. Население работало на заготовке леса и распиловке на шпалы. В поселке была пиломорама, на которой круглый лес распиливали на шпалу. Была дизельная электростанция, которая вырабатывала энергию. Для строительства печей и погребов использовался кирпич местного производства. Неподалеку, в поселке Рассвет, находился кирпичный завод».

С.И. Ушаков вспоминал: «Выкопает яму в земле... размером с дом, навезут туда глины, а глина там, на Рассвете, хорошая была, нальют воды. А потом дышло такое делали, лошади по кругу «ходят и ходют», а глина месится. Уж потом машину такую сделали. На ночь оставляли. А дальше глину в форму накладывали, сверху плитой придавят. А на ней буквы – ЛТХ (лестрансхоз). Потом кирпичи в сараи, сушить, а то их на открытом месте разорвет, а уж после обжигали. Среди населения поселка преобладали депортированные немцы, поляки и калмыки. Русских было мало. Калмыки копали землянки и жили в них. Почему-то они больше по землянкам жили».

На участках леса, предназначенных под вырубку, велась заготовка живицы.

В условиях военного времени была строжайшая дисциплина и строгий контроль за выполнением нормы. За прогулы, невыполнение нормы рабочие привлекались к уголовной ответственности. Кроме сбора живицы, на участке кололи клепку, из которой изготавливали тару под живицу. Для этих целей существовала бондарка, которая упоминается в приказе по Тальменскому лесхозу за 1946 г. Горшочки для сбора живицы, изготавливались на одном из соседних участков, Примовском, и развозились по местам сбора [12].

Лестрансхоз ликвидирован в 1950 г. в связи с переводом треста в г. Тайшет (Иркутская область). Узкоколейная железная дорога разобрана. На месте участка Инской еще некоторое время работали смолокурные заводы, затем территория была занята лесными посадками. Жители переехали в пос. Лесной и с. Курочкино.

Поселок Алтайский (Кайгородово). Ему уделено отдельное внимание в исследовании, образование которого можно отнести как к первому, так и второму этапу. Постановлением Сибревкома от 27 мая 1924 г. был образован Шелаболихинский район с незначительными изменениями границ Сибирской волости со следующими сельскими Советами и населенными пунктами:

- Батуровский (с. Батурово; поселки Воскресенский (Вознесенский), Иванов лог; хутор Пономаревский; коммуна «Беднота вперед»);

- Инской (с. Иня; мельницы Кайгородовых, Медведева, Нефедова; заимки Золотарева, Щучья; контора Меретской медали);

- Кучукский (с. Кучук; деревня Сибирка; коммуна «Свет»);

- Новообинцевский (с. Новообинцево; деревня Самодуровка; поселки Махаев лог (коммуна «Венера-2»), Панавский, Покровский);

- Старообинцевский (с. Старообинцево, поселки Аврора, Богатский, Ирба);

- Шелаболихинский (с. Шелаболиха, поселки Веселенький, Заталица, Луговской (Плахинский), Тихий исток).

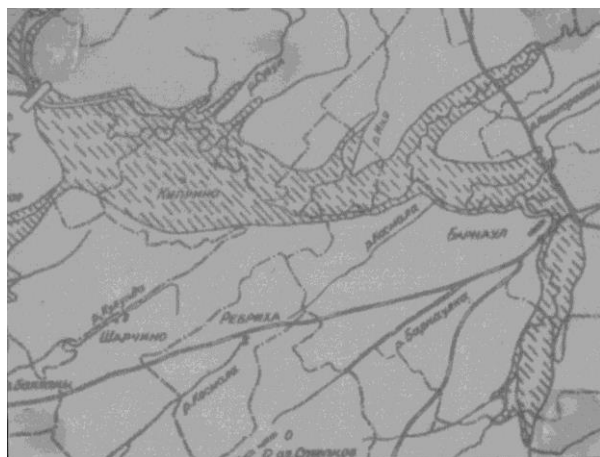


Рис. 6. Схема водохранилища Каменской ГЭС [26]

Упоминание о возведении Каменской ГЭС имелось даже в директивах XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1956-1960 гг.: «*Приступить к строительству ...Каменской гидроэлектростанции на Оби мощностью 500 тысяч киловатт...*» [26]. Объем воды Каменского водохранилища должен был составлять свыше 50 млрд. м³ воды (рис. 6).

На схеме будущего Каменского водохранилища видно, что в зоне затопления оказались бы значительные территории современных Каменского, Шелаболихинского, Тальменского, Заринского, Павловского, Первомайского, Троицкого и даже Усть-Пристанского районов Алтайского края и Сузунского района Новосибирской области. В конце 1940-х – начале 1950-х гг. в пос. Кайгородово было много завербованных на лесозаготовки освобожденных заключенных. Многие колхозники окрестных сел также устраивались в лесхоз, так как они не имели паспортов, и свобода их передвижения была ограничена. Тем, кто работал на лесозаготовках, паспорта выдавали. Оставались эвакуированные из европейской части страны, привезенные сюда в войну. Когда обозначили зону затопления Каменской ГЭС, то приезжали из Казахстана,

Киргизии на лесозаготовки. Население поселка тогда увеличилось [27].

После решения об отмене строительства ГЭС и прекращении сплошной вырубке леса население стало разъезжаться. Небольшие поселки, в которых размещались производственные участки Меретского лесхоза (Лукияново, Северный, Гавриловичи, Сплавной), ликвидировались, люди переезжали в более крупные села: Сандазово, Ларичиху, Иню, Тальменку.

Таким образом, население названных поселков занималось заготовкой леса для нужд железнодорожного транспорта, сбором живицы, изготовлением клепки (тары для живицы), смолокурением, а позже подготовкой территории для Каменского водохранилища (вырубка леса в местах проектируемой зоны затопления).

Для второго этапа развития населенных пунктов на западе и северо-западе Тальменского района и приграничной территории с Шелаболихинским районом, характерно формирование лесных поселков в результате целенаправленной деятельности советской власти: создание лесхозов, проектирование Каменской ГЭС. Все поселения, которые сформировались во время указанного этапа, были ликвидированы из-за изменения экономической политики государства: перевода Запсибтранслеса в Иркутскую область и отмены строительства гидросооружения.

Третий этап (1950-1980)

Село Ларичиха (ранее Шелепово) возникло в 1962 г. в результате строительства Среднесибирской магистрали Западно-Сибирской железной дороги и перевода Шипицинского леспромхоза на новую производственную площадку (рис. 7). На административной карте Алтайского края 1955 г. этого населенного пункта нет. Среднесибирская железная дорога (ст. Среднесибирская – Сузун – Камень-на-Оби – Карасук – Омск) также отсутствует.

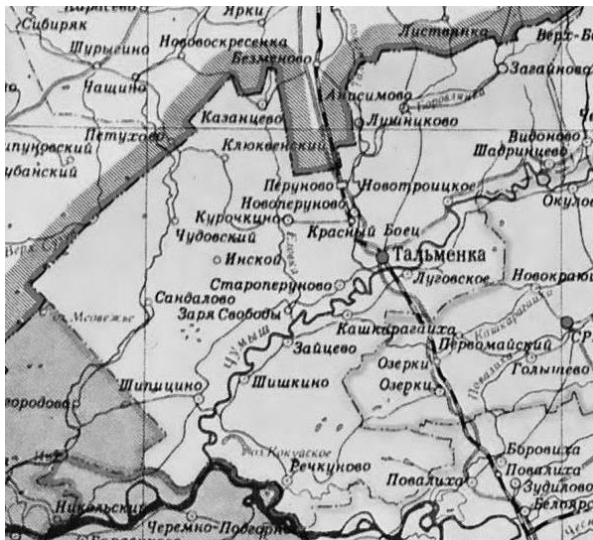


Рис. 7. Фрагмент административной карты Алтайского края, 1955 г. [22]

Шипицинский леспромхоз, располагавшийся на 30 км южнее, в с. Шипицыно, вел заготовку столь необходимого после окончания войны леса. Транспортировка леса осуществлялась в основном по рекам. Затем сплав по рекам был запрещен. Шипицинскому леспромхозу предстояло перебазироваться на станцию Шелепово, названную по Шелеповскому кордону. По названию станции был назван и новый населенный пункт. Но один из «доброжелателей» написал письмо в вышестоящие инстанции, что человек, носивший фамилию Шелепов, был, по его мнению, репрессированным. По просьбе начальника управления лесного хозяйства края [28], село переименовано по названию близлежащей лесной заимки Ларетчиха (рис. 8). На представленном фрагменте карты обозначены оба варианта названия железнодорожной станции.

Первые улицы села – Строительная и Промышленная. Затем построены Клубная, Зеленая и Советская. Для ускорения строительства жилье возводилось в виде двух- и четырехквартирных домов. Дома улиц Лесная, Дачная, Алтайская перевезены из Шипицыно, поэтому были одноквартирными. Шипичане перевозили домашний скот, возводили подсобные помещения. А.Н. Костицын отмечал: «Эта часть села получила название – Кулацкий».

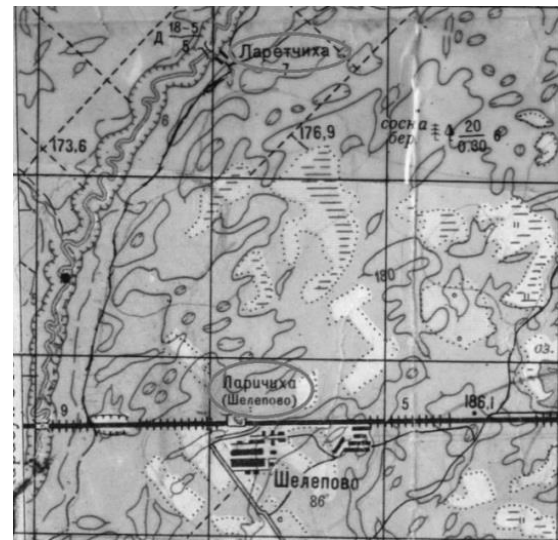


Рис. 8. Фрагмент топографической карты (м-б 1: 100 000), 1987 г. [14]

Население села образовалось за счет работников Шипицинского леспромхоза, а также жителей лесных поселков: Ларетчиха, Клюквинка, Романовские бараки, Примовское, Шелеповский кордон, Черненькое, Инской, Алтайский (Кайгородово) и других. Часть поселков ликвидировали, поэтому жители переезжали сами. Из воспоминаний Т.И. Волковой «В Ларичихе была средняя школа, дети могли учиться дома, их не нужно было отправлять в интернат, или размещать на частных квартирах в Тальменке, Черепаново».

В.И. Казанцев, обращаясь к истории расселения крестьян в Алтайском крае отмечал, что «в 50-е годы прошлого века по мере преодоления послевоенной разрухи все более возрастали материальные и духовные запросы сельских жителей. Люди стремились к индустриализации труда, им по-человечески хотелось иметь под рукой среднюю школу, больницу, учреждения культуры, предприятия бытового обслуживания и т.п. Создавать же технически оснащенные производства и соответствующие времени культурно-бытовые учреждения экономически целесообразно было не в десятках мелких поселений, а в единицах крупных. Отсюда – укрупнение сельских населенных пунктов, прежде

всего за счет сселения мелких, явно неперспективных» [3, с.71].

Население нового села Ларичиха на первом этапе своего становления состояло из жителей села Шипицыно и лесных поселков Тальменского, Шелаболихинского районов Алтайского края, а также Сузунского района Новосибирской области. Жизнь нового населенного пункта до сих пор тесно связана с этапами развития Ларичихинского леспромхоза. Расширялось предприятие, росло количество работников, крупнее становилось село. В 1990-е гг. многие предприятия лесной отрасли находились в кризисном состоянии и были реформированы. В 1993 г. произошла реорганизация Ларичихинского леспромхоза, из его состава выделились три предприятия – Ларичихинский и Инской лесхозы и АООТ «Ларичихинский леспромхоз» [29]. В настоящее время в селе работают два промышленных предприятия – ЗАО «Ларичихинский леспромхоз» и ООО «Алтай-Форест». Село Ларичиха является одним из крупнейших сел Тальменского района. Будущее села связано не столько с заготовкой леса, сколько с организацией его переработки. Именно эта задача успешно решается в ООО «Алтай-Форест», основными видами деятельности которого является лесохозяйственная деятельность и деревообработка. Сегодня это одно из ведущих деревоперерабатывающих предприятий в Сибирском регионе, представляющее крупный комплекс по переработке древесины. Параллельно с организацией предприятия реализован инвестиционный проект «Утилизация отходов от лесопиления и рубок ухода за лесом. Строительство завода ДСП» общей стоимостью более 800 млн. руб. [30].

Таким образом, село Ларичиха стало достаточно большим населенным пунктом, сформировавшимся за счет ликвидации лесных поселков (заимка Ларетчиха, хутор Кривоногов (Исток), пос. Алтайский, или Кайгородово), от-

тока населения из других сел Тальменского и соседних районов, а также перевода Шипицынского леспромхоза на новый участок. На его формирование и развитие повлияло строительство Среднесибирской магистрали Западно-Сибирской железной дороги. Население села Ларичиха до сих пор занято в лесном хозяйстве (лесозаготовка и деревообработка).

Для третьего этапа развития населенных пунктов лесопромышленного назначения на западе и северо-западе Тальменского района характерно, как и для всего Алтая, преобразование системы сельского расселения, в ходе процесса модернизации государственного устройства. Почти все лесные поселки были ликвидированы, а жители переехали в более крупные населенные пункты.

В ходе исследования рассмотрен процесс формирования населенных пунктов лесопромышленного назначения в пределах Чумышской лесной дачи (в западной и северо-западной части Тальменского района и приграничной с ним территории). Процесс формирования, развития и в ряде случаев ликвидации лесных поселков был связан с:

- изменением зоны лесных промыслов из-за наличия разнообразных лесных ресурсов (древесина, живица, береста, грибы, плоды, ягоды, лекарственные растения, охотничье-промысловые ресурсы) или истощения природно-ресурсной базы (сокращение площади лесов в результате лесозаготовки);

- появлением предприятий, занимающихся лесозаготовкой и лесопереработкой, или перемещением лесопроизводственных площадок на новые места, что способствовало возникновению новых населенных пунктов и ликвидации ранее образованных, переходом от кустарных лесных промыслов к современным методам ведения лесного хозяйства;

- механическим движением населения (притоком и оттоком населения),

что влияло на изменение численности населения в лесных поселках;

– наличием узкоколейной железной дороги и ее ликвидацией, а позже строительством Среднесибирской магистрали Западно-Сибирской железной дороги;

– проектированием Каменской ГЭС и территории под водохранилище, что привело к массовому притоку населе-

ния, сплошной вырубке леса, а затем к обратным процессам.

В XX в. происходило активное заселение и освоение земель лесного фонда на территории западной и северо-западной части Тальменского района, что определило не только специализацию промышленности, но и характер природопользования на исследуемой территории.

Список литературы

1. Булыгин Ю.С. К истории населенных пунктов на территории Тальменского района (20-40 гг. XVIII в.) // Нижнее Причумышье: Очерки истории и культуры: матер. краевой научно-практ. и метод. конф. – Тальменка, 1997. – С. 59-66.
2. Казанцев В.И. Социально-экономическая история Нижнего Чумыша в XVIII в. // Нижнее Причумышье: Очерки истории и культуры: матер. краевой научно-практ. и метод. конф. – Тальменка, 1997. – С. 66-73.
3. Казанцев В.И. К истории расселения крестьян на территории Алтайского края. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://new.hist.asu.ru/biblio/bsb/69-74.pdf>.
4. Щеглова Т.К. Особенности развития населенных пунктов Нижнего Причумышья в XX в. (материалы к картотеке сел) // Нижнее Причумышье: Очерки истории и культуры: матер. краевой научно-практ. и метод. конф. – Тальменка, 1997. – С. 84-89.
5. Баландин А.Г. Развитие системы сельских населенных пунктов на территории Алтайского края в советский период [Электронный ресурс]. – URL: http://www.asu.ru/structure/upravlenie_uni/journals/izv_agu/2008/4_1/hist/documents/606.
6. Даль В.И. Толковый словарь русского языка. – М., 2002. – 640 с.
7. Ожегов С.И. Словарь русского языка. – М., 2004. – 1198 с.
8. Список населенных мест Сибирского края. – Том 1. Округа Юго-Западной Сибири. – Новосибирск, 1928 [Электронный ресурс]. – URL: <http://sun.tsu.ru/mminfo/000245182/>.
9. Щеглова Т.К. Деревня и крестьянство Алтайского края в XX в. Устная история. – Барнаул: БГПУ, 2008. – 528 с.
10. Паспорт Ларичихинского сельсовета за 2016 г. [Электронный ресурс]. – URL: <http://larichiha.ru/card/pasportmo.html>.
11. Парамонов Е.Г., Саета В.А. Становление и развитие лесного хозяйства Алтайского края. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2014. – 248 с.
12. Объединенный архивный фонд Ларичихинского леспромхоза. Приказы по личному составу Тальменского химлесхоза. Дело № 9.
13. Белькова Е.Ю., Лукьянова Н.Н. Языковой анализ топонимов села Ларичиха // Актуальные вопросы педагогики и психологии образования: матер. всерос. научно-практ. конф. – Барнаул, 2011. – 272 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.twirpx.com/file/756561/>.
14. Топографическая карта Алтайского края. Лист № 44-83, 1987.
15. Похозяйственные книги Курочкинского сельского Совета 1952-1954 гг.
16. Похозяйственные книги Курочкинского сельского Совета 1958-1976 гг.
17. Трейнис А.М. Биологические основы и технология подсочки. – М., 1968. – 252 с.
18. Алтайский край. Административно-территориальное деление на 1 января 1973 г. – Барнаул, 1973.
19. Бубенчикова А., Фелер С. История поселка Исток // Нижнее Причумышье: Очерки истории и культуры: матер. краевой научно-практ. и метод. конф. – Тальменка, 1997. – С. 256-257.

20. ЦХАФ АК Ф. Р-1662 Дело фонда Историческая справка Л. 4 [Электронный ресурс]. – URL: <http://guides.rusarchives.ru/browse/guidebook.html?bid=56&sid=370622>.
21. Историческая справка Шелаболихинского района [Электронный ресурс]. – URL: <http://xn--80aacorpсx9dwa.xn--p1ai/city/history.php>.
22. Административная карта Алтайского края 1955 г. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.etomesto.ru/map-barnaul_administrativnaya-1955/?find=1&z=1&x=83.
23. Топографическая карта Алтайского края. 1973 г. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.retromap.ru/forum/viewtopic.php?f=72&t=5331&sid=f5bfc661ce73386ccdd31bd412c728e19>.
24. Карты основания населенных пунктов Шелаболихинского района Алтайского края в XVIII-XX вв. [Электронный ресурс]. – URL: <http://new.hist.asu.ru/mapping/shel.php>.
25. Архивная справка о реабилитации (выдана на основании Ф. 5 Ар. № Ф-8 Р-98117 ЦХАФ АК).
26. Муравлев А. Каменская ГЭС // Алтайская правда. – № 75. – 2006. – 22 марта.
27. Лихачева Н. Восемь причин посетить Иню // Знамя Советов. – № 6. – 2018. – 10 февраля.
28. Колесников Ю.И. Им уступила тайга // Сорок пять славных лет. Очерки о Ларичихинском леспромхозе. – Барнаул, 2008.
29. Щелчкова А.В. История развития Ларичихинского леспромхоза // Нижнее Причумышье: Очерки истории и культуры: матер. краевой научно-практ. и метод. конф. – Тальменка, 1997. – С. 228-230.
30. Сайт ООО «Алтай-Форест» История развития [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.altaiforest.ru/company/history/>.

Дата поступления 20.05.2018

УСЛОВИЯ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ ♦ PUBLICATION TERMS

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

Статья оформляется следующим образом:

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

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

Статью необходимо печатать:

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

Образец оформления статей

УДК 910 + 332.1

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

Александр Николаевич Донцов¹, Алексей Викторович Звонцов²

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

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

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

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

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

*Журнал
Известия Алтайского отделения
Русского географического общества*

№ 3 (50)

Свидетельство о регистрации СМИ

ПИ № ТУ22-00534

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

Подписано в печать 13.09.2018. Дата выхода в свет 15.09.2018

Формат 60x84 1/8. Печать – цифровая. П.л. 12,75

Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии ООО «Пять плюс»

656049, г. Барнаул, ул. Крупской, 97,

Тел.: +7(385-2) 62-32-07,

e-mail: fiveplus07@mail.ru

www.five-plus.ru

Цена свободная

Возрастная категория – 12+