

ГЕОСФЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

GEOSPHERE RESEARCH

Научный журнал

2019

№ 4

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
(свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-66443 от 14 июля 2016 г.)

Журнал индексируется в базе данных Web of Science Core Collection's Emerging Sources Citation Index.

The Journal is indexed in the Web of Science Core Collection's Emerging Sources Citation Index.

Томский государственный университет
2019

Учредитель – Томский государственный университет

Адрес редакции и издателя: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, Национальный исследовательский Томский государственный университет, геолого-географический факультет, ауд. 242. Сайт: <http://journals.tsu.ru/geo/>

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор: **Врублевский В.В.**, д-р геол.-минерал. наук, профессор Томского государственного университета, Томск, Россия

E-mail: vasvt@yandex.ru

Ответственный секретарь: **Асочакова Е.М.**, канд. геол.-минерал. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия

E-mail: ev.asochakova@gmail.com

Гордиенко И.В., д-р геол.-минерал. наук, чл.-кор. РАН, Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Россия

Гутак Я.М., д-р геол.-минерал. наук, профессор Сибирского государственного индустриального университета, Новокузнецк, Россия

Евсеева Н.С., д-р геогр. наук, профессор Томского государственного университета, Томск, Россия

Земцов В.А., д-р геогр. наук, профессор Томского государственного университета, Томск, Россия

Изох А.Э., д-р геол.-минерал. наук, Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия

Конторович А.Э., д-р геол.-минерал. наук, академик РАН, Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск, Россия

Коротеев В.А., д-р геол.-минерал. наук, академик РАН, Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Кузьмин М.И., д-р геол.-минерал. наук, академик РАН, Институт геохимии СО РАН, Иркутск, Россия

Парначев В.П., д-р геол.-минерал. наук, профессор Томского государственного университета, Томск, Россия

Поздняков А.В., д-р геогр. наук, Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия

Поляков Г.В., д-р геол.-минерал. наук, чл.-кор. РАН, Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия

Ревдлатто В.В., д-р геол.-минерал. наук, академик РАН, Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия

Рихванов Л.П., д-р геол.-минерал. наук, профессор Томского политехнического университета, Томск, Россия

Савичев О.Г., д-р геогр. наук, профессор Томского политехнического университета, Томск, Россия

Сазонов А.М., д-р геол.-минерал. наук, профессор Сибирского федерального университета, Красноярск, Россия

Скляр Е.В., д-р геол.-минерал. наук, чл.-кор. РАН, Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

Соломина О.Н., д-р геогр. наук, чл.-кор. РАН, директор Института географии РАН, Москва, Россия

Худoley А.К., д-р геол.-минерал. наук, профессор Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, Россия

Цыганков А.А., д-р геол.-минерал. наук, Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Россия

Чернышов А.И., д-р геол.-минерал. наук, профессор Томского государственного университета, Томск, Россия

Ярмолук В.В., д-р геол.-минерал. наук, академик РАН, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия

Бэнкс Давид, CGeol, компания Holymoore Consultancy, Честерфилд, Университета Глазго, Великобритания

Гутierrez-Алонсо Г., профессор Университета Саламанки, Саламанка, Испания

Покровский О.С., ведущий научный сотрудник обсерватории Миди-Пиренейз Национального центра научных исследований, Тулуза, Франция

Чамберлейн К.Р., профессор, Университет Вайоминг, Ларамии, США

Чан Чонг Хоа, Геологический институт Вьетнамской Академии наук и технологий, Ханой, Вьетнам

Эрнст А.А., профессор, Гамбургский университет, Гамбург, Германия

Эрнст Р.Э., профессор Карлетонского университета, Оттава, Канада

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Гертнер И.Ф., канд. геол.-минерал. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Горбатенко В.П.**, д-р геогр. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Гринев О.М.**, канд. геол.-минерал. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Катунин Д.А.**, канд. филол. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Краснова Т.С.**, канд. геол.-минерал. наук, начальник научного управления, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Лещинский С.В.**, д-р геол.-минерал. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Лычагин Д.В.**, д-р физ.-мат. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Подобина В.М.**, д-р геол.-минерал. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Ромашова Т.В.**, канд. геогр. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Севастьянов В.В.**, д-р геогр. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Татьянин Г.М.**, канд. геол.-минерал. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Тишин П.А.**, канд. геол.-минерал. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Хромых О.В.**, канд. геогр. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия

Founder – Tomsk State University

“Geosphere Research”

International standard serial edition number: 2542-1379

Languages: Russian, English

Publication are non-commercial basis (FREE)

Open access

Contacts: 36 Lenin Avenue, Tomsk, Russia, 634050. Tomsk State University. Faculty of Geology and Geography;
<http://journals.tsu.ru/geo>

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief: **Vassily V. Vrublevskii**, Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Professor of the Tomsk State University, Tomsk, Russia

E-mail: vasvr@yandex.ru

Executive Editor: **Evgeniya M. Asochakova**, Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Assistant Professor, Tomsk State University, Tomsk, Russia

E-mail: ev.asochakova@gmail.com

Gordienko I.V., Corresponding Member of RAS, Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia

Gutak Ya.M., Professor of the Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

Evseeva N.S., Professor of the Tomsk State University, Tomsk, Russia

Zemtsov V.A., Professor of the Tomsk State University, Tomsk, Russia

Izokh A.E., Professor, Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia

Kuzmin M.I., Member of RAS, A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia

Parnachov V.P., Professor of the Tomsk State University, Tomsk, Russia

Pozdnyakov A.V., Professor, Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia

Polyakov G.V., Corresponding Member of RAS, Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia

Reverdatto V.V., Member of RAS, Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia

Rikhvanov L.P., Professor of the Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Savichev O.G., Professor of the Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Sazonov A.M., Professor of the Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Sklyarov E.V., Corresponding Member of RAS, Institute of the Earth Crust SB RAS, Irkutsk, Russia

Solomina O.N., Corresponding Member of RAS, Director of the Geography Institute RAS, Moscow, Russia

Khudoley A.K., Professor of the St. Petersburg University, St. Petersburg, Russia

Tsygankov A.A., Director of the Geological Institute of SB RAS, Ulan-Ude, Russia

Chernyshov A.I., Professor of the Tomsk State University, Tomsk, Russia

Yarmolyuk V.V., Member of RAS, Institute of the Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS, Moscow, Russia

David Banks, CGeol, Holymoore Consultancy, Chesterfield, UK

Gabriel Gutierrez-Alonso, Professor of the Salamanca University, Salamanca, Spain

Pokrovsky O.S., Leading Scientist, the Observatory Midi-Pyrénées of CNRS, Toulouse, France

Tran Trong Hoa, Chief Scientist, Geological Institute of the Vietnam Academy of Sciences and Technologies, Hanoi, Vietnam

Chamberlain K.R., Research Professor, Department of Geology & Geophysics, University of Wyoming, Laramie, USA

Ernst A.A., Professor of the Hamburg University, Hamburg, Germany

Richard E. Ernst, Professor of the Carleton University, Ottawa, Canada

EDITORIAL COUNCIL

Gertner I.F., Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Gorbatenko V.P.**, Dr. Sci. (Geogr.), Professor of the Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Grinev O.M.**, Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Tomsk State University, Tomsk, Russia;

Katunin D.A., Cand. Sci. (Philol.), Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Krasnova T.S.**, Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Leshchinskiy S.V.**, Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Professor of the Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Lychagin D.V.**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor of the Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Podobina V.M.**, Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Professor of the Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Romashova T.V.**, Cand. Sci. (Geogr.), Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Sevast'yanov V.V.**, Dr. Sci. (Geogr.), Professor of the Tomsk State University, Tomsk, Russia;

Tat'yanin G.M., Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Tishin P.A.**, Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Khromykh O.V.**, Cand. Sci. (Geogr.), Tomsk State University, Tomsk, Russia

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Безгодова О. В. Природные и антропогенные факторы формирования русел малых рек Тункинской котловины (Республика Бурятия)	6
Решетова С.А., Сумарокова И.Е. Пыльца растений урбанизированных территорий как биоиндикатор условий техногенного загрязнения (Забайкалье)	15
Солодухина М.А., Дорошкевич С.Г. Почвы степных ландшафтов Шерловгорского рудного района (Восточное Забайкалье)	24

ГИДРОЛОГИЯ

Маргарян В.Г. Прогноз максимального стока реки Мармарик и оценка его реакции на глобальное изменение климата (Армения)	35
---	----

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ, СТРАТИГРАФИЯ

Подобина В.М. Биостратиграфия Славгородского горизонта (Сантон – нижний Кампан) Западной Сибири (на основании фораминифер)	46
---	----

ГЕОХИМИЯ

Харанжевская Ю.А., Синюткина А.А., Гашкова Л.П. Интегральная оценка пирогенной нагрузки по содержанию Cu, Pb, Zn и Cd в компонентах Васюганского болота (Западная Сибирь)	62
Звягинцева Е.В., Борозновская Н.Н. Геохимическая характеристика агатоносных базальтов Центрального Кузбасса (Кемеровская область)	74

ПЕРСОНАЛИИ

Мананков А.В. К теории формирования и прогноза месторождений полезных ископаемых	83
Родыгин С.А., Синюкова Е.А., Гринев О.М. Александр Иванович Родыгин. К 100-летию со дня рождения	95
Свешникова В.Л., Летувнинкас А.И. Памяти учителя – Бориса Марковича Тюлюпо	101

CONTENTS

PHYSICAL GEOGRAPHY

Bezgodova O.V. Natural and anthropogenic factors of small riverbed's formation of the Tunka depression (Republic of Buryatia)	6
Reshetova S.A., Sumarokova I.E. Pollen of plants in urban areas as a bioindicator of industrial pollution (Transbaikalia)	15
Solodukhina M.A., Doroshkevich S.G. Soils of steppe landscapes of the Sherlovogorsky ore area (Eastern Transbaikalia)	24

HIDROLOGY

Margaryan V.G. Forecast of the maximum flow Marmarik River and reactions of the global climate change (Armenia)	35
--	----

PALEONTOLOGY, STRATIGRAPHY

Podobina V.M. Biostratigraphy of Slavgorodskian Horizon (Santonian, Lower Campanian) of Western Siberia (based on Foraminifera)	46
--	----

GEOCHEMISTRY

Kharanzhevskaya Yu.A., Sinyutkina A.A., Gashkova L.P. Integral estimation of pyrogenic loads on the contents of Cu, Pb, Zn and Cd in the components of the Great Vasyugan Mire (Western Siberia).....	62
Zvyaginceva E.V., Boroznovskaya N.N. Geochemical characteristics of agate bearing basalts of the Central Kuzbass (Kemerovo region)	74

GREAT PERSONS

Manankov A.V. To the theory of formation and forecast of mineral deposits	84
Rodygin S.A., Siniukova E.A., Grinev O.M. Alexander Ivanovich Rodygin. To the 100th Birthday	95
Sveshnikova V.L., Letuvninkas A.I. In memory of Professor – Boris Markovich Tyulyupo	101

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

УДК 551.4.042

ПРИРОДНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ РУСЕЛ МАЛЫХ РЕК ТУНКИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)

О.В. Безгодова

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия



С применением геоморфологических и геоинформационных методов исследования оценено влияние природных и антропогенных факторов на формирование русел малых рек на примере бассейна реки Тунка, расположенного в пределах Тункинской котловины. Среди основных факторов природного происхождения выделяются: тектоническое строение территории и климат; среди антропогенных факторов – мелиоративные работы. Выявлены основные морфодинамические типы русел малых рек: врезанные и адаптированные прямолинейные.

Ключевые слова: малые реки, морфодинамические типы русел, Тункинская котловина, факторы формирования.

Введение

Актуальность работы состоит в том, что в настоящее время малые реки относятся к наименее изученным в русловедении, хотя они требуют повышенного внимания вследствие высокой чувствительности на различные внешние воздействия как со стороны природных, так и антропогенных факторов. Это связано с их относительно малой водоносностью и стоком наносов, соизмеримостью глубины и ширины русел [Чалов, 2008]. Чаще всего к малым рекам относят реки, расположенные в единой географической зоне и имеющие длину не более 100 км и площадь бассейна в пределах 1–2 тыс. км². В данное понятие могут включать расход воды, где одни исследователи к малым относят реки с расходом до 50 м³/с, другие – до 100 м³/с и менее [Ротмистров, 2004]. Высокая экологическая напряженность на малых реках возникает в освоенных районах, особенно в пределах крупных городов, сельскохозяйственных районов и в местах сведения лесов. Любое механическое воздействие на малую реку со стороны человека равняется или даже превышает по своей эффективности естественную работу водного потока [Варенов, 2015]. То, что можно не принимать во внимание на средней или большой реке, на малой реке становится важным фактором формирования русла или его трансформации. Нарушение целостности малых рек может привести к нарушению всей речной системы, т.е. сказывается влияние на средние и большие реки, которые получают питание от малых. В связи с увеличением интенсивности хозяйственной деятельности человека в пределах территории Тункинской котловины появилась необходимость оценки условий и факторов формирования

русел малых рек для разработки критериев устойчивости речных русел.

Цель данной работы – оценка влияния природных и антропогенных факторов на формирование русел малых рек на примере бассейна реки Тунка. Были поставлены следующие задачи: выявить характер влияния и значимость различных природных и антропогенных воздействий, их динамику и соотношение с естественными факторами русловых процессов, определить основные морфодинамические типы русел малых рек в пределах бассейна р. Тунка.

Объект и методы исследования

Река Тунка берет начало со склонов хребта Тункинские Гольцы (Тункинский район, Республика Бурятия) и является левым притоком р. Иркут. Протяженность реки 48 км, площадь бассейна 811 км², средний расход воды составляет 6,7 м³/с [Тунка... 2019], модуль стока равен 8,26 л/с*км². Основными притоками Тунки являются реки Булу, Кынгарга, Барун-Хандагай, Талая, Талта, Угутэрэ, Харангин-Гол (см. рис. 3; таблицу).

При исследовании автором применялись следующие методы: математический, описательный, полевой, картографический, геоморфологический, дистанционного зондирования и геоинформационного картографирования. Методической основой работы являются труды отечественных исследователей в области русловедения Р.С. Чалова [Чалов, 2008], А.Л. Варенова [Варенов и др., 2015], А.В. Чернова [Беркович и др., 2000]; а также зарубежных – К.Д. Грегори [Gregory, 2006], Т. Нагата [Nagata T. et al., 2014] и др. При описании природных условий использовались данные по тектонике и геоморфоло-

гии В.Б. Выркина [Выркин, 1991], Г.Ф. Уфимцева и др. [Уфимцева и др., 2006]. Статистическая информация получена по данным гидрологических постов на реках Кынгарга и Тунка [Автоматизированная... 2019; Tunka... 2019].

Полевые исследования проведены автором в 2018–2019 гг. Анализ данных дистанционного зондирования, литературных источников, а также полевого и картографического материала позволили определить условия формирования русел малых рек бассейна р. Тунки.

Для создания карты-схемы морфодинамических типов русел малых рек (см. рис. 3) использовались разновременные космические снимки Landsat (MSS, ETM+), топографические карты (М 1:100 000), данные полевых исследований. Привязка, оцифровка и анализ космических снимков проводились с помощью ГИС-пакета ArcGIS 10.

Геологическое и геоморфологическое строение территории отличается разнообразием и сложностью факторов развития руслоформирующих процессов. Бассейн Тунки расположен в пределах горного обрамления и равнинной части Тункинской котловины. Центральную часть котловины занимает сильно опущенная озерно-аллювиальная равнина, которая к югу-юго-востоку сменяется пологой наклонной аллювиальной равниной. К северу озерно-аллювиальная

равнина переходит в предгорную наклонную равнину и затем верховья рек бассейна приурочены к склонам Тункинских Гольцов (рис. 1). Абсолютные высоты бассейна варьируют от 712 (в месте впадения Тунки в Иркут) до 2 010 м (верховья Талты), таким образом, общий перепад высот составляет 1 298 м. При этом бассейн расположен в пределах различных геоморфологических элементов, осложняющихся разным классом экзогенных процессов. Среди крупных геоморфологических элементов выделяются: песчаный массив Бадар, ограничивающий бассейн с запада, а также склоны Еловского отрога, который представляет собой межвпадинную горную перемычку (см. рис. 1).

Тектоническая нестабильность территории исследования выражается в наличии сейсмической активности: здесь землетрясения могут достигать 9–10 баллов. Так, 5 апреля 1950 г. при девятибалльном землетрясении высокие террасы на левобережье р. Иркут были осложнены трещинами общей протяженностью до 2,5 км, а участок ущелья реки засыпан обвально-оползневыми отложениями горных пород [Солоненко и др., 1977]. Тектонический разлом в Тункинских Гольцах преобразовал террасы рек Кынгарги, Толты, Бугатая и Бухоты, по бортам которых образовались скальные стенки отрыва и осыпи [Уфимцев и др., 2006].

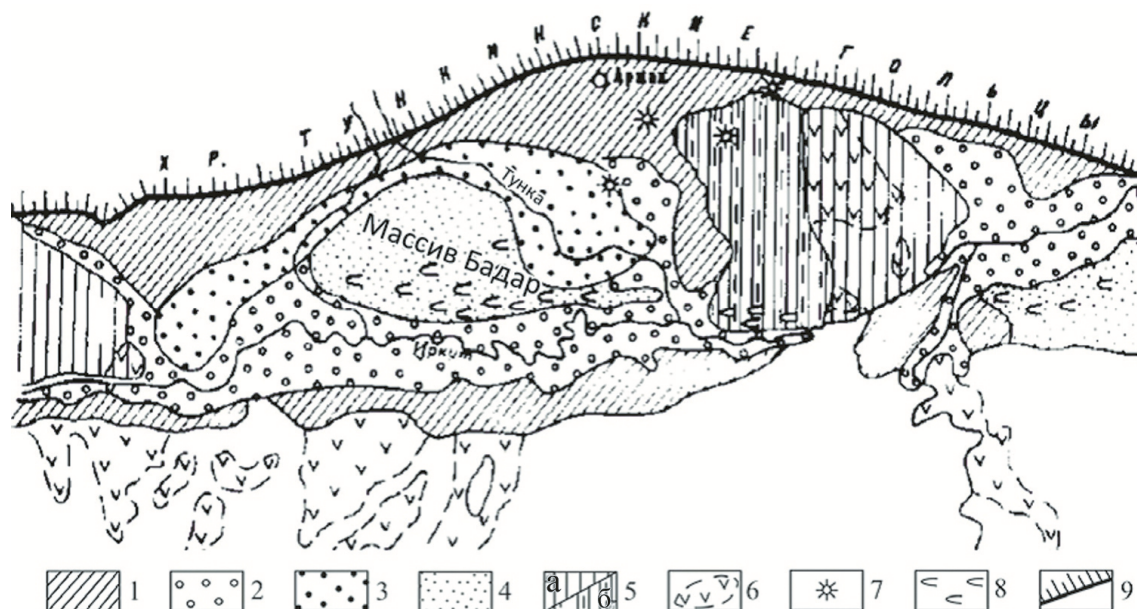


Рис. 1. Геоморфологические элементы Тункинской котловины [Нагорья..., 1974]

Цифрами обозначены: 1 – предгорная наклонная равнина; 2 – аллювиальная равнина; 3 – озерно-аллювиальная равнина зоны новейшего погружения; 4 – песчаные массивы-увалы; 5 – межвпадинные горные перемычки (а – сложенные докембрийскими отложениями; б – сложенные комплексом неоген-четвертичных пород); 6 – фрагменты базальтовых плато; 7 – вулканические конусы; 8 – котловины выдувания; 9 – линия разлома Тункинских Гольцов

Fig. 1. The geomorphological elements of the Tunka depression

The numbers denote: 1 – piedmont sloping plain; 2 – alluvial plain; 3 – lake-alluvial plain of the zone of latest immersion; 4 – sand massifs; 5 – inter-valley mountain lintsels (a – folded by Precambrian rocks; b – folded by a complex of Neogene-Quaternary rocks); 6 – fragments of basalt plateau; 7 – volcanic cones; 8 – deflation hollows; 9 – fault line of Tunkinsky Goltzy

В геологическом строении территории бассейна р. Тунка выделяются следующие комплексы пород [Белоусов и др., 2000]: 1) архейские и верхнепалеозойские интрузии гранитного, пегматитового и гнейсо-гранитного состава; 2) аллювиальные и озерно-аллювиальные отложения, представленные песками, супесями и илами; делювиально-пролювиальные песчано-галечные отложения. Высокая водопроницаемость рыхлых грунтов и резкое уменьшение уклонов поверхности приводят к тому, что некоторые небольшие ручьи после выхода со склонов хр. Тункинские Гольцы теряют выраженные очертания русла. Вода уходит в грунт, и потоки теряются в лесном массиве (см. рис. 3).

Климат бассейна резко континентальный с холодной зимой и умеренно-теплым летом. Годовое количество осадков варьирует от 365 до 511 мм, наибольшее их количество выпадает на склонах Гольцов [Выркин и др., 1991]. Осадки в течение года распределяются неравномерно, их максимум приходится на теплый период (июль-август) – около 70% годовой суммы осадков, что составляет 260 мм [Картушин, 1969]. Выпадение сильных ливневых дождей и большая крутизна склонов способствуют развитию овражной эрозии и увеличению поступления наносов в русла рек из овражно-балочной сети, а также являются фактором формирования селей. Снежный покров незначительный, так как на зиму приходится всего 30–35 мм осадков. Средние даты схода снега приходятся на середину апреля. Безмо-

розный период длится от 93 дней в с. Тунка до 105 дней в пос. Аршан [Белоусов и др., 2000].

Неравномерное выпадение осадков в течение года определяет средние расходы воды в р. Тунка: максимум расхода приходится на август, минимум расхода воды – на март (см. рис. 2). При этом в течение года выделяются три месяца – июль, август и сентябрь, когда расходы воды превышают 11 м³/с, что связано с максимумом атмосферных осадков в теплый период.

Реки бассейна Тунки по режиму питания характеризуются весенне-летним половодьем и паводками, систематически превышающими половодье. При этом весеннее половодье незначительное по сравнению с летними паводками, вызванными ливневыми дождями. Уровень воды в верховьях рек при таких паводках поднимается на 1,5 м, а в нижнем течении – на 0,5–0,7 м над меженным (в течение 3–7 дней). На крутых склонах Тункинских Гольцов встречаются сухие русла и ручьи, по которым в отдельные годы проходят сели. С июля по сентябрь водоносность рек бассейна повышается, паводки могут чередоваться друг за другом, образуя многовершинные паводки [Катастрофические... 2014].

Из этого следует вывод о том, что гидрологический режим бассейна Тунки определяется следующим рядом факторов: отрицательная среднегодовая температура воздуха, повышенная испаряемость в начале лета и умеренная в июле-августе, максимум атмосферных осадков в теплый период года, а также малые запасы снежного покрова.

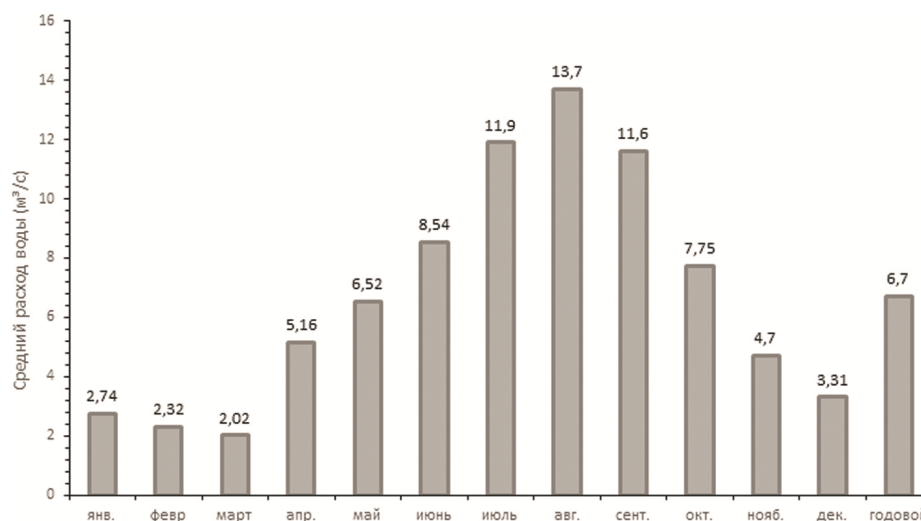


Рис. 2. Средний расход воды (м³/с) реки Тунка по месяцам и за год с 1978 по 1990 гг. [Tunka... 2019]

Fig. 2. The average water discharge (m³/s) of the Tunka River by months and per year from 1978 to 1990 [Tunka... 2019]

Результаты и обсуждение

Природные факторы морфодинамики речных русел. Тектоническое строение террито-

рии оказывает влияние на плановый рисунок малых рек бассейна (см. рис. 3). Бассейн р. Тунки отличается широким разнообразием типов рисунка речной сети: древовидный (р. Тунка), радиальный центростремитель-

ный (верховья р. Кынгарги), перистый (реки Талта, Зун-Хандагай, Угугэрэ, Улунтуй), параллельный (Малая Харимта и Харимта). Река Тунка с востока огибает песчаный массив Бадар и протекает по периферии озерно-аллювиальной равнины, тогда как русла рек Зун-Хандагай, Малый Бугатай, Бугатай и Талта тяготеют к участку опускающегося блока земной коры и сливаются в виде озер Большая Ангара и Большая Талта. Озера связаны протоками, которые затем образуют р. Талая (впадает в р. Тунка) (см. таблицу).

Заметнее всего проявляется изменение рисунка речной сети у р. Кынгарга. Течение реки как бы отклоняется к западу, в сторону понижения и затем снова выпрямляется ниже по течению. Такое смещение направления течения характерно не только для Кынгарги, но и для ручьев (Безымянные, Первая и Вторая Шихтолайка), в районе п. Аршан (рис. 3). Отклонение рек к западу опасно для населения, так как сток названных ручьев ориентирован по направлению к пос. Аршан с населением 2 553 человека (на 2017 г.) В настоящее время этот населенный пункт периодически подвержен последствиям схода селей по ручьям Безымянный, Первая и Вторая Шихтолайка, Артемьева.

В верхнем течении рек бассейна Тунки в пределах Гольцов наблюдаются узкие ущелья, где скорость течения приобретает наибольшие значения. Далее, выходя на предгорную равнину, реки имеют

озерообразные расширения русел (р. Талта), что указывает на наличие здесь зон молодых погружений. Именно для северной части котловины характерны наибольшие амплитуды прогибания фундамента Тункинского рифта, что сказывается на динамике русловых процессов малых рек. Поэтому для данного участка характерно развитие разветвленно-извилистых русел, мелких пойменных озер и озерообразных расширений.

Отсутствие правых притоков реки Тунка связано с особенностями геолого-геоморфологического строения территории, в частности с наличием в центральной части котловины песчаного массива Бадар, который возвышается над озерно-аллювиальной равниной на 150 м. Массив Бадар относится к молодым структурным геоморфологическим единицам и является крупным водоразделом в центральной части впадины (см. рис. 1, 3).

Анализ карты-схемы морфодинамических типов русел малых рек бассейна р. Тунка показал, что доминирующим типом являются врезанные относительно прямолинейные русла. Это связано с тем, что в настоящий момент Тункинские Гольцы испытывают поднятие на 1,9 мм в год [Карта... 2003], которое усиливает процессы вреза рек. Адаптированные извилистые и разветвленно-извилистые типы приурочены к областям опускания блоков земной коры, а также к участкам селевых долин.

Гидрографическая характеристика рек бассейна Тунки

Hydrographic rivers characteristics of the Tunka basin

№ п/п	Название реки	Общая длина, км	Куда впадает	Площадь водосбора, км ²	Порядок реки по [Хортон, 1948], N
1	Тунка	48	Иркут	811	4
2	Кынгарга	26	Тунка	231	3
3	Талая	3,8	Тунка	3,7	3
4	Талта	16,9	Оз. Бол. Ангара	55	3
5	Зун-Хандагай	19,5	Оз. Бол. Ангара	26	2
6	Барун-Хандагай	14,4	Тунка	27	2
7	Булу	9,1	Тунка	9	2
8	Угугэрэ	12,7	Тунка	8,6	2
9	Малый Бугатай	13,3	Оз. Бол. Ангара	5	1
10	Бугатай	13,7	Талта	15	2
11	Хасурта	9,3	Талта	1,8	2
12	Шара-Холой	5,9	Кынгарга	7	1
13	Хобок	18,9	Кынгарга	18,5	2
14	Хурай-Хобок	12,5	—	12,2	2
15	Харангин-Гол	4,3	Тунка	6	2
16	Улунтуй	7,9	Хобок	12,1	1
17	Булук	4,4	Хурай-Хобок	2	1
18	Харимта	14,6	Кынгарга	10,1	2
19	Малая Харимта	12,9	Кынгарга	8,3	1
20	Артемьева	5,9	Харимта	5	1

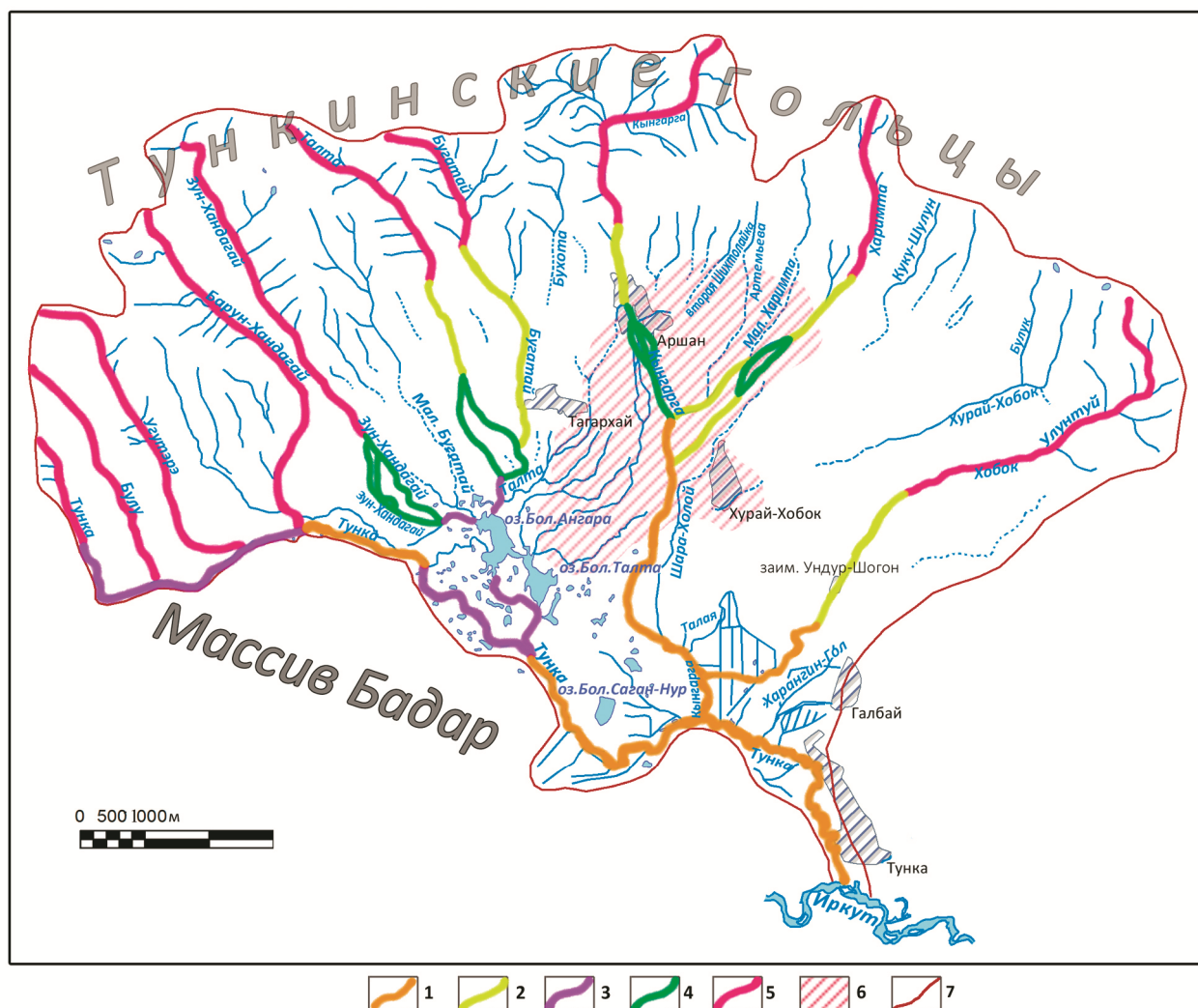


Рис. 3. Карта-схема морфодинамических типов русел малых рек бассейна р. Тунка

Цифрами обозначены морфодинамические типы русел: 1 – широкопойменные извилистые, 2 – адаптированные прямолинейные, 3 – адаптированные извилистые, 4 – адаптированные разветвленно-извилистые, 5 – врезанные относительно прямолинейные, 6 – область смещения направлений течения, 7 – граница бассейна

Fig. 3. A schematic map of morphodynamic types of small rivers channels of the Tunka river basin

The numbers denote morphodynamic types of channels: 1 – wide-flood meandering, 2 – adapted rectilinear, 3 – adapted meandering, 4 – adapted branched-meandering, 5 – embedded rectilinear, 6 – area of displacement of flow directions, 7 – basin boundary

Широкопойменный извилистый тип характерен для рек Тунка и Кынгарга в местах с малой тектонической активностью, с плавным переходом абсолютных высот. Все указанные типы русел могут изменяться под воздействием различных факторов, например, поступающими в реки рыхлыми отложениями со склонов гор.

Крупными поставщиками наносов в русла рек являются склоновые процессы, среди которых выделяются ручейковая и овражная эрозии, а также осыпи, особенно в пределах русел, выходящих из каров (Талта, Зун-Хандагай, Барун-Хандагай и др.). Активной деформации русел притоков р. Кынгарга в районе п. Аршан способствуют сели. Селепроявление

на исследуемом участке наблюдаются в высотном диапазоне от 800 до 2 600 м в пределах хребта Тункинские Гольцы. Основная часть селей зарождается на абсолютных высотах более 1 600 м в субнивальном и альпийском поясах. При этом селеопасный период в Тункинских Гольцах длится с июня по сентябрь (таяние снега и льда в карах). Так, 28 июня 2014 г. в окрестностях п. Аршан сошли водокаменный сель и грязекаменные потоки, которые вызвали частичное разрушение построек и инфраструктуры поселка, а также привели к гибели человека.

Влияние селей выражается в том, что они способствуют углублению дна речных долин, разгрузке накопленного рыхлого материала, а также пере-

стройке речной сети. Ярким примером углубления долины является русло р. Кынгарга. Анализ морфометрических данных русла р. Кынгарга показал, что после схода селя в 2014 г. общие показатели глубины дна русла (максимальная, минимальная и средняя) увеличились в среднем в 2–3 раза (рис. 4), а скорость течения и расход воды увеличились незначительно.

Примером перестройки русла является и ситуация на реках Малая Харимта и Харимта. После прохождения селя в 2014 г. произошел резкий взрез русла р. Харимта на глубину более 1 м, при этом вход воды в русло р. Малая Харимта был прегражден селевыми отложениями. Русло Харимты также было закупорено селевыми отложениями выше развилки двух рек. Все это привело к смещению русла Харим-

ты, и река продолжила свое движение по сухой ложбине, врезааясь в валунные отложения [Катастрофические... 2014].

Процессы заболачивания в пределах озерно-аллювиальной равнины (среднее течение Тунки) снижают интенсивность русловых процессов, здесь отмечается наиболее низкая динамика формирования наносов и деформации русел рек. В целом на этом отрезке реки типы русел стабильны, кроме участков наиболее сильного погружения фундамента, где продолжают расти озерные расширения, глубина которых достигает 2 м [Иванов, 1978]. При этом генезис котловин озер является гетерогенным по происхождению. Скопление дождевых и снеговых вод, стекающих в теплый период с Гольцов, а также грунтовых вод – все это способствует образованию озер.

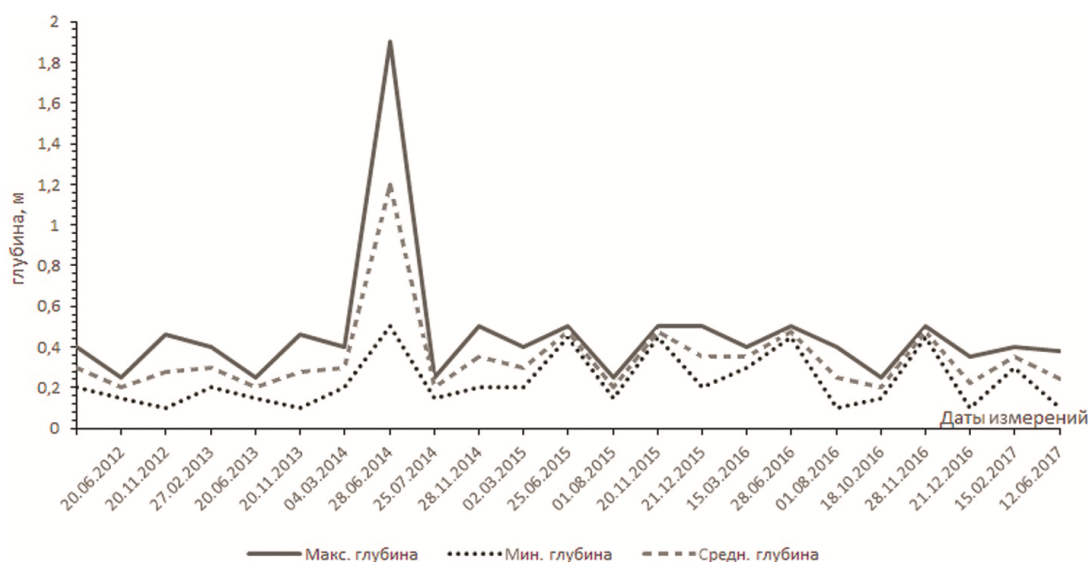


Рис. 4. График динамики глубины дна русла р. Кынгарга за 2012–2017 гг. по данным АИС ГМВО [Автоматизированная... 2019]

Fig. 4. The dynamics graph of bottom depth of the Kyngarga river channel for 2012–2017 according to the AIS GMWO [Avtomatizirovannaya... 2019]

Антропогенные факторы морфодинамики речных русел. Степень залесенности водосбора является одним из важнейших факторов, влияющих на регулирование стока, поступление наносов в реку и сохранение протяженности речной сети [Чалов, 2008]. Общая лесистость бассейна Тунки составляет 31,7%. Большая часть ее бассейна характеризуется редкими лесами с кустарником, часто перемежающимися с сельскохозяйственными угодьями и сенокосами. Наибольшая площадь лесов приурочена к верховьям рек в пределах склонов Тункинских Гольцов, а также на склонах Еловского отрога. Древостой снижает процессы эрозии, закрепляет борта речных долин.

Антропогенное воздействие на бассейн Тунки представлено распашкой земель, вырубкой леса, выпасом скота и осушительными мелиорациями. На конец XX в. общая площадь сельскохозяйственных угодий на территории котловины составляла 109,3 тыс. га земли, из которых 57,9 тыс. га отводились под пастбища, 37,1 тыс. га – под пашни, 14,1 тыс. га – под сенокосы [Комплексная... 1995]. Суммарно эти комплексы составляют примерно 53% от общей площади днища котловины. Около 27% площади сельскохозяйственных угодий приходится на бассейн р. Тунка.

Выпас скота, распашка земель и вырубки лесов косвенно влияют на реки бассейна в виде изменения

условий формирования стока воды и наносов на водосборе. Осушительная мелиорация проводилась в конце 60-х гг. XX в. и была направлена на получение высокопродуктивных сенокосов и пастбищ. Преобразованию подверглись днища долин и реки Кынгарга, Харангин-Гол, Хобок и Талая, русла которых были осложнены мелиоративными каналами. В районе с. Галбай антропогенная нагрузка на русла рек и прилегающие ландшафты становится наиболее интенсивной. На спрямленном участке р. Шара-Холой (левый приток Кынгарги) в районе с. Хурай-Хобок наблюдаются процессы врезания русла.

В местах перегибов русел каналов происходит размыв берегов с образованием песчаных отмелей и изгибов русла. Изменение формы русла на данных участках произошло вследствие резкого снижения напора воды при вхождении русла в поворот, т.е. наблюдаются торможение потока воды и деформация береговой линии. Старые русла рек Шара-Холой и Кынгарга зарастают, и процессы эрозии на них полностью прекратились (рис. 5). В низовьях р. Хобок после мелиоративных работ происходят процессы иссушения и зарастания озер, следы которых хорошо видны на космических снимках.



Рис. 5. Изменение русла р. Кынгарга после строительства мелиоративного канала

Fig. 5. The Kyngarga's riverbed change after the construction of reclamation canal

Антропогенный пресс на реки сказывается на качестве воды. В 2013 г., по данным АИС ГМВО [Автоматизированная... 2019], в районе с. Тунка было обнаружено загрязнение водных объектов – источников хозяйственно-питьевого водоснабжения. Две пробы воды из скважины показали ее загрязнение железом (включая хлорное железо), средняя его концентрация составила $1,2 \text{ мг/дм}^3$, в том числе до 1 ПДК 50% и более 5,1 ПДК 50%.

Выводы

Из анализа условий формирования территории бассейна Тунки можно сделать вывод о том, что основными факторами морфодинамики русел малых рек являются: тектонический, климатический, селепроявления и антропогенное воздействие, наиболее выраженное проведением мелиоративных работ.

Тектонический фактор, а именно преобладание опускания блоков земной коры в центральной части котловины, является причиной развития извилистости и русловой многоруканности; геолого-геоморфологические и климатические условия оказывают влияние на врезание рек в горной части исследуемой территории; сели приводят к закупорке долин селевыми отложениями и перестройке речной сети, а также усиливают процессы врезания русла; антропогенное воздействие привело к спрямлению участков русел малых рек широкопойменного типа, тем самым снизив интенсивность процессов, приводящих к извилистости русел.

Многообразие условий формирования русел малых рек, их влияние на сток больших рек, а также малая изученность, вызывают необходимость дальнейшего их изучения. К тому же необходима оценка антропогенного воздействия, так как нарушение це-

лостности системы малых рек может негативно отразиться на реках большего порядка. Тем не менее, согласно районированию территории России по осо-

бенностям антропогенного воздействия на малые реки [Беркович и др., 2000], бассейн р. Тунка относится к территориям с минимальной напряженностью.

ЛИТЕРАТУРА

Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов: Сведения о загрязнении водных объектов – источников хозяйственно-питьевого водоснабжения: Инф. сист. 2019. URL: <https://gmvo.skniivh.ru/index.php?id=329> (дата обращения: 18.05.2019).

Белоусов В.М., Будэ И.Ю., Радзиминович Я.Б. Физико-географическая характеристика и проблемы экологии юго-западной ветви Байкальской рифтовой зоны : учеб. пособие. Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 2000. 160 с.

Беркович К.М., Чалов Р.С., Чернов А.В. Экологическое русловедение. М. : ГЕОС, 2000. 322 с.

Варенов А.Л., Ботавин Д.В., Завадский А.С., Тарбеева А.М., Чалов Р.С. Русловые процессы на малых реках староосвоенной территории (на примере рек бассейна р. Кудьмы, Приволжская возвышенность) // Эрозионные и русловые процессы. М., 2015. Вып. 6. С. 131–160.

Выркин В.Б., Кузьмин В.А., Снытко В.А. Общность и различия некоторых черт природы Тункинской ветви котловин // География и природные ресурсы. 1991. № 4. С. 61–68.

Иванов Г.М. Биогеохимия марганца и меди в ландшафтах Тункинского Прибайкалья. Новосибирск : Наука, 1978. 142 с.

Каргушин В.А. Агроклиматические ресурсы юга Восточной Сибири. Иркутск : Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1969. 100 с.

Катастрофические селовые потоки, произошедшие в поселке Аршан Тункинского района Республики Бурятия 28 июня 2014 г. / С.А. Макаров, А.А. Черкашина, Ж.В. Атутова и др. Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2014. 111 с.

Карта современной динамики рельефа Северной Евразии (в пределах России и сопредельных стран). Масштаб 1 : 5000000 / гл. ред. В.М. Котляков ; зам. гл. редактора С.К. Горелов. М. : ИГ РАН, 2003. 4 п.л.

Комплексная оценка территории Тункинского национального парка / ред. А.А. Атутов. Улан-Удэ : Изд-во Бурят. НЦ СО РАН, 1995. 84 с.

Нагорья Прибайкалья и Забайкалья. М. : Наука, 1974. 359 с.

Ротмистров В.Л. Малые реки Ярославского Поволжья. Ярославль : Издание ВВО РЭА, 2004. С. 8–9.

Солоненко В.П., Хилько С.Д., Хромовских В.С. и др. Сейсмическое районирование Восточной Сибири и его геолого-геофизические основы / отв. ред. В.П. Солоненко. Новосибирск : Наука, 1977. 151 с.

Уфимцев Г.Ф., Шетников А.А., Филинов И.А. Новейшая геодинамика Тункинского рифта (Прибайкалье) // Литосфера, 2006. № 2. С. 95–102.

Хортон Р. Е. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. Гидрофизический подход к количественной морфологии / пер. с англ. М. ; Л. : Изд-во иностр. лит., 1948. 158 с.

Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 1: Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М. : Изд-во ЛКИ, 2008. 610 с.

Gregory K.J. The Human Role in Changing River Channels // *Geomorphology*. 2006. № 79 (3). P. 172–191. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.06.018>.

Nagata T. et al. Development of a meandering channel caused by the planform shape of the river bank // *Earth Surf. Dynam.* 2014. № 2. P. 255–270. <https://doi.org/10.5194/esurf-2-255-2014>.

Tunka at Tokuren Yenisei: A Regional, Electronic, Hydrographic Data Network For the Arctic Region: Инф. сист. 2019. URL: <http://www.r-arcticnet.sr.unh.edu/v4.0/ViewPoint.pl?View=ALL&Unit=ms&Point=6531> (дата обращения: 19.05.2019).

Автор:

Безгодова Ольга Витальевна, магистрант 2-го курса кафедры географии, геолого-географического факультета Национального исследовательского Томского государственного университета, Томск, Россия.

E-mail: ola.bezgodova.23@yandex.ru

Geosphere Research, 2019, 4, 6–14. DOI: 10.17223/25421379/13/1

O.V. Bezgodova

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS OF SMALL RIVERS BEDS FORMATION OF THE TUNKA DEPRESSION (REPUBLIC OF BURYATIA)

This article discusses the influence of natural and anthropogenic factors on the formation of small riverbeds using the example of the Tunka River Basin located within the Tunka depression in the western part of the Baikal rift (51°45'27.1"N; 102°30'05.6"E). At present, the factors of small riverbeds formation haven't been practically studied in mountain depression conditions. Analysis of field, hydrological, cartographic, geomorphological data, as well as remote sensing data showed that, among the main factors of natural origin, the greatest influence on riverbeds are geological structure of the territory, relief and climatic conditions. The tectonic conditions of the territory, namely, sections presence of lowering the blocks of the earth's crust in the central part of the basin, are the cause of development of tortuosity and multi-channel riversbed (Fig. 3). Relief and climatic conditions affect the incision of rivers in mountainous part of the study area, while the maximum precipitation that falls in July-August causes summer floods (Fig. 2). Short-term floods contribute to development of dangerous geomorphological processes, for example, mudflows. Mudflows lead to blockage of valleys by mudflow deposits and restructuring of the river network, and also intensify the processes of riverbed incision (Fig. 4). The shift of small riverbed on the slopes of Tunkinsky Goltsy to the west, as well as the presence of mudflow valleys, pose a great danger to Arshan, which was

already exposed to negative consequences of the mudflow in 2014. The morphostructural plan of the territory determined variety of morphodynamic riverbed types: a wide-floodplain meandering multi-channel type within lowering of the blocks of the earth's crust, relatively rectilinear and incised types when crossing faults. The map-scheme of the river Tunka (Fig. 3) was created as a result of field data analysis, cartographic material and remote sensing data. The map shows the main morphodynamic types of small riverbed. The most common type is incised relatively straight riverbed I which indicate the rise of individual blocks of the earth's crust in the basin. Of all the types of economic activity, the most significant factor of direct impact on the morphodynamics of small riverbeds is land reclamation by draining. Land reclamation led to straightening of riverbeds sections of wide-floodplain type of small rivers (Fig. 5), thereby reducing the intensity of the processes leading to meandering of the riverbeds.

Keywords: morphodynamic types of riverbed, small rivers, Tunka depression, formation factors.

References

- Avtomatizirovannaya informacionnaya sistema gosudarstvennogo monitoring vodnyh ob"ektov* [Automated information system of state monitoring of water objects] [Electronic resource]: Information on the pollution of water objects– sources of drinking water supply: Inf. syst. 2019. URL: <https://gmvo.skniivh.ru/index.php?id=329> (accessed 18.05.2019). In Russian
- Belousov V.M. *Fiziko-geograficheskaya karakteristika i problem ekologii yugo-zapadnoj vetvi Bajkal'skoj riftovoj zony: uchebnoe posobie* [Physical-geographical characteristics and environmental problems of the south-western branch of the Baikal rift zone: a tutorial] / V.M. Belousov, I.Yu. Bude, Ya.B. Radziminovich. Irkutsk: Izd-vo of Irkutsk State University, 2000. 160 p. In Russian
- Berkovich K.M., Chalov R.S., Chernov A.V. *Ekologicheskoe ruslovedenie* [Ecological riverbed study]. Moscow: GEOS, 2000. 322 p. In Russian
- Varenov A.L., Botavin D.V., Zavadskiy A.S. Tarbeeva A.M., Chalov R.S. *Ruslovyie process namalyh rekah staroosvoennoj territorii (naprimere rek bassejna r. Kud'my, Privolzhskaya vozvysheennost')* [Riverbed processes on small rivers of the old developed territory (on the example of the rivers of the Kudma River basin, Privolzhskaya upland)] // Erosion and channel processes. Moscow. Geographic faculty of Moscow State University. Iss. 6, 2015. pp. 131–160. In Russian
- Vyrkin V.B., Kuzmin V.A., Snytko V.A. *Obshchnost' i razlichiya nekotoryh chert prirody Tunkinskoj vetvi kotlovin* [The commonality and differences of some features of the nature of the Tunka depressions branch] // *Geografiya i prirodnye resursy*, 1991. № 4. pp. 61–68. In Russian
- Ivanov, G.M. *Biogeochemiya marganca i medi v landshaftah Tunkinskogo Pribajkal'ya* [Biogeochemistry of manganese and copper in landscapes of the Tunkinsky Baikal region] / G.M. Ivanov. Novosibirsk: Nauka, 1978. p. 142. In Russian
- Kartushin, V.A. *Agroklimaticheskie resursy uga Vostochnoi Sibiri* [Agroclimatic resources of the south of Eastern Siberia] / V.A. Kartushin. Irkutsk: Izd-vo Eastern Siberia, 1969. 100 p. In Russian
- Katastroficheskie selevyie potoki, proizoshedshie v poselke Arshan Tunkinskogo rajona Respubliki Buryatiya 28 Iyunya 2014 g.* [Catastrophic mudflows that occurred in the village of Arshan, Tunkinsky district of the Republic of Buryatia June 28, 2014] / S.A. Makarov, A.A. Cherkashina, J.V. Atutova et al. Irkutsk: Izd-vo The V.B. Sochava Institute of Geography, SB of RAS, 2014. 111 p. In Russian
- Karta sovremennoj dinamiki rel'efa Severnoj Evrazii (v predelakh Rossii i sopredel'nyh stran)* [Map of the modern dynamics of the relief of Northern Eurasia (within Russia and neighboring countries)] Scale 1: 5 000 000 / Ch. Editor V.M. Kotlyakov; Deputy ch. editors S.K. Gorelov. Moscow: IG RAS. 2003. In Russian
- Kompleksnaya ocenka territorii Tunkinskogo nacional'nogo parka* [Comprehensive assessment of territory of the Tunkinsky National Park] / Ed. A.A. Atutov. Ulan-Ude: Izd-vo of Buryat. SC SB RAS, 1995. 84 p. In Russian
- Nagor'ya Pribajkal'ya i Zabajkal'ya* [Highlands of Baikal and Transbaikalia] Moscow: Nauka, 1974. 359 p. In Russian
- Rotmistrov V.L. *Malye реки Yaroslavskogo Povolzh'ya* [Small rivers of the Yaroslavl Volga region]. Yaroslavl: Izd-vo of VVO REA, 2004. pp. 8–9. In Russian
- Solonenko V.P., Hil'ko S.D., Hromovskih V.S. *Seismicheskoe rajonirovanie Vostochnoj Sibiri i ego geologo-geofizicheskie osnovy* [Seismic zoning of Eastern Siberia and its geological and geophysical foundations] / Ans. ed. V.P. Solonenko. Novosibirsk: Nauka, 1977. 151 p. In Russian
- Ufimtsev G.F., Schetnikov A.A., Filinov I.A. *Novejshaya geodinamika Tunkinskogo rifta (Pribajkal'e)* [Newest geodynamics of the Tunkinsky rift (Baikal region)] // *Lithosphere*, 2006. No. 2. pp. 95–102. In Russian
- Horton R. E. *Eroзионное развитие рек и водосборных бассейнов. Гидрофизический подход к количественной морфологии* [Erosive development of rivers and watersheds. Hydrophysical approach to quantitative morphology] / Moscow-Leningrad., Izd-vo inostr. lit., 1948. p.158. In Russian
- Chalov R.S. *Ruslovedenie: teoriya, geografiya, praktika. T.1. Ruslovyie processy: faktory, mekhanizmy, formy proyavleniya i usloviya formirovaniya arechnykh rusel* [Riverbed study: theory, geography, practice. T.1. Riverbed processes: factors, mechanisms, forms of manifestation and conditions for the formation of river channels]. Moscow: Izd-vo LCI, 2008. p. 610. In Russian
- Gregory K.J.: The Human Role in Changing River Channels, *Geomorphology*, 79(3), 2006, pp. 172–191, <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.06.018>.
- Nagata T. et al.: Development of a meandering channel caused by the planform shape of the river bank, *Earth Surf. Dynam.*, 2, 2014, pp. 255–270 <https://doi.org/10.5194/esurf-2-255-2014>.
- Tunka At Tokuren Yenisei [Electronic resource]: A Regional, Electronic, Hydrographic Data Network For the Arctic Region: Inf. syst. 2019. URL: <http://www.r-arcticnet.sr.unh.edu/v4.0/ViewPoint.pl?View=ALL&Unit=ms&Point=6531> (accessed 19.05.2019).

Author:

Bezgodova Olga V., Second-year master student of the Department of Geography, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.
E-mail: ola.bezgodova.23@yandex.ru

УДК 574.2

ПЫЛЬЦА РАСТЕНИЙ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАК БИОИНДИКАТОР УСЛОВИЙ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ (ЗАБАЙКАЛЬЕ)



С.А. Решетова^{1,2}, И.Е. Сумарокова³

¹ Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия

² Забайкальский государственный университет, Чита, Россия

³ Многопрофильная гимназия № 12", Чита, Россия

С помощью светового микроскопа изучены морфологические особенности пыльцевых зерен древесных и кустарниковых растений (Забайкальский край, г. Чита), находящихся в зоне повышенной техногенной нагрузки в условиях загрязнения транспортными выхлопами. Установлено, что меньше всего пыльцы с отклонениями в развитии содержится в пыльниках растений семейств ирисовых, крестоцветных и розоцветных. Наиболее подвержена техногенному воздействию пыльца бобовых и сложноцветных.

Ключевые слова: палиноморфология, полиморфизм, техногенное воздействие, тератоморфизм, г. Чита.

Введение

На сегодняшний день мы до сих пор недостаточно хорошо знаем и понимаем природные процессы, в том числе и те, в которых участвует человек. Особенно сложными являются отношения человека и природы на урбанизированных территориях, и крайне важна здесь возможность давать объективные и достоверные оценки и прогнозы качества не только воздуха, воды и почв, но и биологической составляющей окружающей среды. Известно, что на условия экологической нестабильности растения реагируют морфозами листьев, некрозами корней, а также мутациями семенного потомства [Гладков, 2007; Позолотина и др., 2010; Антонова и др., 2013]. Кроме этого, в условиях экологического неблагополучия растения производят уродливые пыльцевые зерна [Дзюба, 1995; Глазунова, 1996; Третьякова, Носкова, 2004; Решетова и др., 2015], поэтому важное место в биологической оценке занимает палиноиндикация, т.е. изучение морфологических особенностей пыльцы растений и их реакции на экологическую дестабилизацию без применения дорогостоящего оборудования [Дзюба, 2006].

Пыльца – это клетки генеративной сферы растений, которые сравнимы с клетками животных, в том числе и человека. В связи с этим, изучение их с указанной точки зрения может приблизить человека к пониманию, а может быть, и к решению многих проблем, связанных с его здоровьем.

Известно, что большое количество тератоморфных (с патологиями в развитии) пыльцевых зерен – от 45 до 100% – зафиксировано на территориях с высоким уровнем загазованности транспортными выхлопами, наличием большого количества промышленных предприятий и превышением в почвах ПДК цинка, кадмия

и свинца. В то время как процент естественного полиморфизма пыльцевых зерен у растений в благоприятных экологических условиях обычно не превышает 5–10, реже 20% [Дзюба, 2006]. При этом, чем хуже экологическая обстановка, тем выше процент содержания патологически развитой пыльцы и наоборот.

Палиноморфологические исследования в Чите с целью биоиндикации окружающей среды в пределах города ранее не проводились. По оценке экологов, Чита входит в число самых грязных городов России по уровню загрязнения воздуха [Захаров, 2018; Баландина, 2019]. Три года подряд город попадает в антирейтинг. Краевой центр занимает второе место в стране после Владивостока по количеству автомобилей на душу населения, что является одним из источников загрязнения атмосферного воздуха в черте города. Веществами, определяющими очень высокий уровень загрязнения атмосферы города, являются: бенз(а)пирен, формальдегид, взвешенные вещества, диоксид азота и фенол [Отчет... 2011]. Основной «вклад» в загрязнение воздуха вносят предприятия топливно-энергетического комплекса и автотранспорт. В связи с этим объектом данного исследования послужила пыльца растений городской территории Читы в районе комплекса «Мегаполис Спорт» – месте пересечения и оживленного движения на автодорогах улиц Комсомольская и Генерала Белика.

Целью исследования являлось изучение пыльцы растений как биоиндикаторов условий техногенного воздействия.

Материалы и методы

Для проведения исследования была выбрана территория оживленного автотранспортного дви-

жения как одного из факторов техногенного воздействия на пересечении двух автодорог по улицам Комсомольская и Генерала Белика (рис. 1). Выбор территории обусловлен сосредоточением в

одном месте разнообразия одномоментно цветущих растений разной таксономической принадлежности, находящихся в зоне повышенной техногенной нагрузки.



Рис. 1. Точки отбора пыльцы растений в районе «Мегаполис Спорт», г. Чита
(по Google Earth Pro)

Fig. 1. Fact map with pollen sampling points in Megapolis Sport
(according to Google Earth Pro)

Изучена пыльца яблони ягодной *Malus baccata* (L.) Borkh. (см. рис. 2), одуванчика лекарственного *Taraxacum officinale* (L.) Webb ex F.H.Wigg. (см. рис. 3), клаусии солнцепечной *Clausia aprica* (Stephan ex Willd.) (см. рис. 4), остролодочника тысячелистного *Oxytropis miriophylla* (Pall.) DC. (см. рис. 5), касатика молочно-белого *Iris lactea* Pall. (см. рис. 6). Большинство растений располагалось предметно на распланированных газонах и клумбах, за исключением одуванчика, который рос повсеместно. Хаотичное местонахождение одуванчика позволило собрать образцы его пыльцы в трех точках: непосредственно у дороги, на расстоянии 20 и 70 м от нее – в глубине территории ближе к набережной р. Чита (см. рис. 1), в то время как остальные растения были собраны по одной пробе из представителей каждого семейства.

Перед микроскопированием пыльцу подготавливали с помощью методики обработки рецетной пыльцы [Пыльцевой анализ, 1950]. Пыльцевые зерна рассматривали с разных сторон с помощью биологического микроскопа Axiolab 2000 (Германия). Их размеры определяли при помощи окулярного микрометра. Просмотр и описание пыльцы осуществляли при увеличении в 400 и 630 раз.

Для исследования пыльцы и выявления морфологических отклонений в ее строении изучали не менее 150 зерен из 3–5 бутонов каждого растения. Фотографирование пыльцы производили на фотоаппарате Canon PC 1089 (Япония). Статистический расчет осуществляли путем подсчета процентного содержания тератоморфных и нормально развитых (типичных) пыльцевых зерен. Типичные пыльцевые зерна исследуемых растений предварительно изучены с помощью определителей [Пыльцевой анализ, 1950; Куприянова, Алешина, 1972, 1978; Дзюба, 2005].

Результаты и обсуждение

Яблоня ягодная. В поле зрения микроскопа преобладали типичные (нормально развитые) зерна (рис. 3, а, б) 3-бороздно-поровые бледно-желтого цвета. Преобладали зерна продолговатой формы, встречались продолговато-округлой и округлой. Замеры диаметра пыльцевых зерен произведены по полярной оси. Средний диаметр зерен составлял 28,6 мкм. Минимальный не превышал 17,6 мкм, максимальный – 33,0 мкм. Помимо типичных зерен в препарате установлены уплощенные зерна без

внутреннего содержимого (протоплазмы), которые отнесены к тератоморфным (рис. 3, *c*, *d*). Большин-

ство зерен имели симметричную форму, за исключением тератоморфных.



Рис. 2. Растения, пыльца которых послужила объектом исследования

a – яблоня ягодная, b – одуванчик лекарственный, c – клаусия солнцепечная, d – остролодочник тысячелистный, e – касатик молочно-белый

Fig. 2. Plants, the pollen of which was the object of study

a – *Malus baccata*, b – *Taraxacum officinale*, c – *Clausia aprica*, d – *Oxytropis miriophylla*, e – *Iris lactea*

Одуванчик лекарственный 1. В препарате преобладали типичные 3-поровидные зерна ярко-желтого цвета (см. рис. 4, *a*). Встречены бесцветные формы. Замеры размеров осуществлялись по экваториальному диаметру. Средний диаметр составил 30,2 мкм, минимальный – 13,8, максимальный – 42,2 мкм. Помимо типичных зерен выявлено значительное количество тератоморфных зерен с отклонениями: утолщенными верхними оболочками (рис. 4, *b*), с разрывами (рис. 4, *c*), со сросшимися и разорванными лакунами (рис. 4, *d*).

Все зерна, кроме зерен с отклонениями, симметричны. По форме зерна округлые и продолговатые.

Одуванчик лекарственный 2. В поле зрения микроскопа преобладали типичные 3-поровидные зерна ярко-желтого цвета. Средний экваториальный диаметр составил 30,0 мкм, минимальный – 13,2, максимальный – 44,0 мкм. Установлены зерна со сросшимися апертурами, утолщенными оболочками и зерна, заполненные воздухом (рис. 4, *e*). Все зерна, кроме зерен с отклонениями, симметричны. По форме все зерна округлые.

Одуванчик лекарственный 3. В препарате преобладали типичные 3-поровидные зерна ярко-желтого цвета. Средний диаметр составил 29,8 мкм, минимальный – 15,4, максимальный – 46,2 мкм. Были установлены редкие зерна со сросшимися лакунами и утолщенной верхней оболочкой. Все зерна, кроме зерен с отклонениями, симметричны. По форме все зерна округлые.

Клаусия солнцепечная. Под микроскопом все зерна с типичными признаками морфологии пыльцы (см. рис. 5, *a*). Зерна шаровидной, округлой формы мелких размеров от 11 (рис. 5, *b*) до 22 мкм со средним диаметром 15,6 мкм. Тератоморфных пыльцевых зерен в препарате не установлено.

Остролодочник тысячелистный. В препарате преобладали типичные 3-бороздно-оровые зерна светло-желтого цвета (см. рис. 6, *a*). Диаметр зерен измерен по полярной оси и экваториальному диаметру. Средняя длина полярной оси составила 23,6 мкм, минимальная – 19,8, максимальная – 30,8 мкм. Средний экваториальный диаметр составил 20,3 мкм, минимальный – 15,4, максимальный – 24,2 мкм. Помимо типичных

зерен установлено значительное количество уплощенных и смятых без внутреннего содержимого зерен, отнесенных к тератоморфным (см. рис. 6, *b*). Все зерна, кроме зерен с отклонениями, являлись симметричными. По форме зерна зафиксированы округлые, продолговатые и округло-продолговатые.

Касатик молочно-белый. Под микроскопом преобладали типичные зерна крупных размеров желто-

коричневого цвета (см. рис. 7, *a, b*). Размер зерен произведен по полярной оси. Средний диаметр составил 62,6 мкм, минимальный – 26,4, максимальный 88,0 мкм. Помимо типичных зерен установлены тератоморфные уплощенные зерна без внутреннего содержимого (рис. 7, *c*) и смятые (рис. 7, *d*). Все зерна симметричны. По форме зерна продолговатые, округлые и округло-продолговатые.

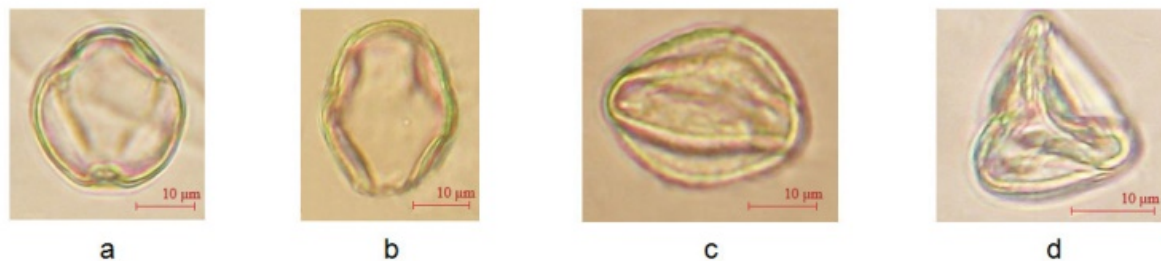


Рис. 3. Пыльцевые зерна яблони ягодной (*Malus baccata*) под световым микроскопом

a – типичное пыльцевое зерно, вид с полюса; *b* – типичное пыльцевое зерно, вид с экватора; *c* – тератоморфное уплощенное пыльцевое зерно; *d* – тератоморфное уплощенное и смятое пыльцевое зерно

Fig. 3. Pollen grains of a *Malus baccata* under a light microscope

a – a typical pollen grain of a *Malus baccata*, polar view; *b* – typical pollen grain of *Malus baccata*, equatorial view; *c* – teratomorphic flattened pollen grain of *Malus baccata*; *d* – teratomorphic flattened and crushed pollen grain of *Malus baccata*

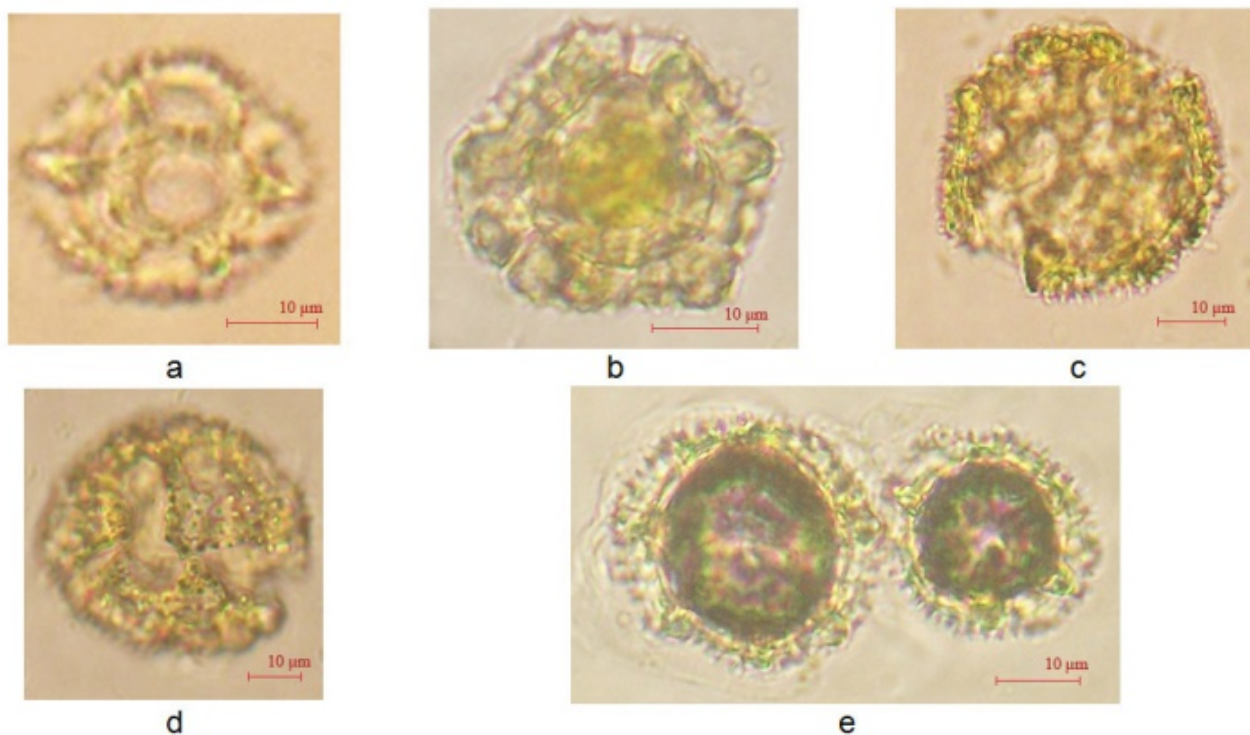


Рис. 4. Пыльцевые зерна одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*) под световым микроскопом

a – типичное пыльцевое зерно, вид с экватора; *b* – тератоморфное пыльцевое зерно с утолщенной оболочкой; *c, d* – тератоморфные пыльцевые зерна, сросшиеся и разорванные лакуны; *e* – тератоморфные пыльцевые зерна, заполненные воздухом

Fig. 4. Pollen grains of *Taraxacum officinale* under a light microscope

a – a typical pollen grain, equatorial view; *b* – teratomorphic pollen grain with a thickened shell; *c, d* – teratomorphic pollen grains. Fused and torn gaps; *e* – teratomorphic pollen grains filled with air

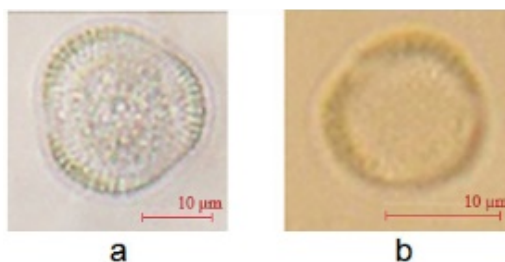


Рис. 5. Пыльцевые зерна клаусии солнцепечной (*Clausia aprica*) под световым микроскопом

a – типичное пыльцевое зерно, вид с полюса; b – мелкое пыльцевое зерно, вид с полюса

Fig. 5. Pollen grains of *Clausia aprica* under a light microscope

a – a typical pollen grain, polar view; b – small pollen grains, polar view

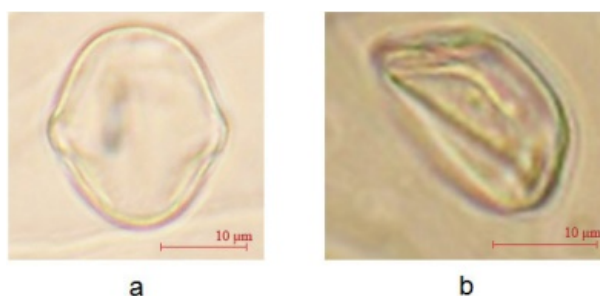


Рис. 6. Пыльцевые зерна остролодочника тысячелистного (*Oxytropis miriophylla*) под световым микроскопом

a – типичное пыльцевое зерно, вид с экватора; b – тератоморфное уплощенное пыльцевое зерно

Fig. 6. Pollen grains of the *Oxytropis miriophylla* under a light microscope

a – typical pollen grain, equatorial view; b – teratomorphic flattened pollen grain

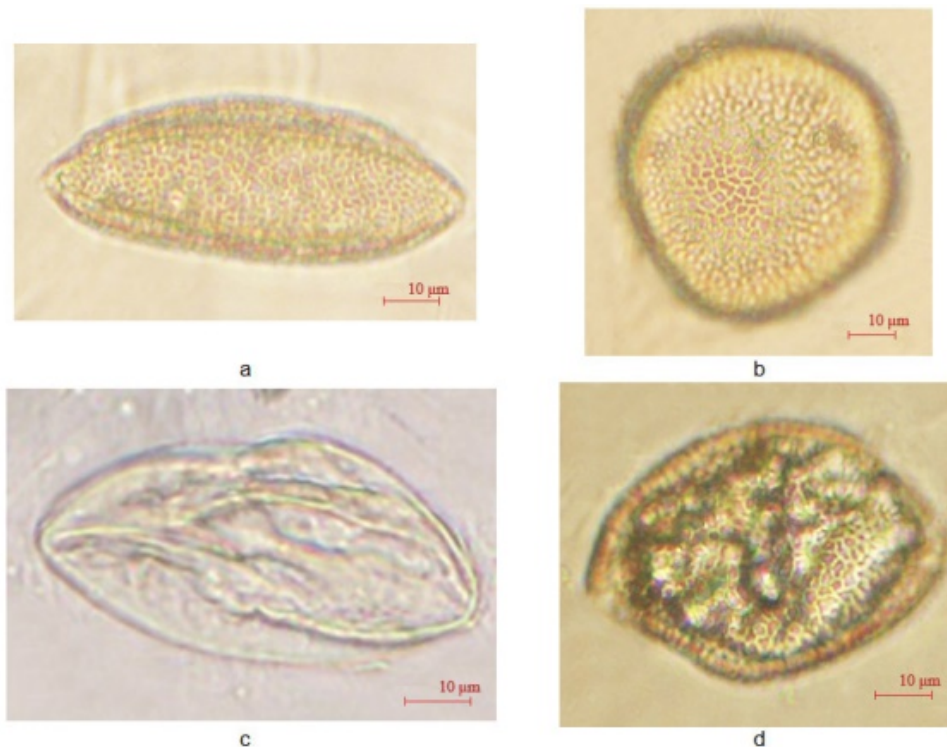


Рис. 7. Пыльцевые зерна касатика молочно-белого (*Iris lactea*) под световым микроскопом

a – типичное пыльцевое зерно, вид с экватора; b – типичное пыльцевое зерно, вид с полюса; c – тератоморфное уплощенное пыльцевое зерно; d – тератоморфное смятое пыльцевое зерно

Fig. 7. Pollen grains of *Iris lactea* under a light microscope

a – typical pollen grains, equatorial view; b – typical pollen grain, polar view; c – teratomorphic flattened pollen grain; d – teratomorphic crushed pollen grain

По итогам наблюдения морфологических особенностей 1 050 зерен пыльцы пяти растений: яблони ягодной, одуванчика лекарственного, клевера лугового и касатика молочно-белого, произрастающих на территории комплекса «Мегаполис Спорт» установлено, что в пыльниках всех растений, за исключением клевера, содержались тератоморфные зерна. Тератоморфные проявления касались в основном изменения скульптуры верхней оболочки пыльцы, которая в нормальных

естественных условиях является стабильным признаком, позволяя относить зерна к таксонам определенного семейства, рода или вида. Выделенные отклонения в развитии пыльцы объединены в шесть групп:

- уплощенные;
- смятые;
- разорванные;
- со сросшимися апертурами;
- с утолщенной оболочкой;
- заполненные воздухом (таблица).

Результаты тестирования пыльцевых зерен растений в условиях загрязнения транспортными выхлопами в районе «Мегаполис Спорт» (г. Чита)

Test results of pollen grains of plants under pollution by transport exhaust in the area of Megapolis Sport (Chita)

№ п/п	Таксон	Доля пыльцевых зерен, %						
		Нормально развитая (типичная) пыльца	Пыльца с отклонениями					
			уплощенная	смятая	разорванная	сросшиеся апертуры	утолщенная оболочка	заполненная воздухом
1	Яблоня ягодная	94	6	–	–	–	–	–
2	Одуванчик лекарственный 1	59	–	–	7	27	7	–
3	Одуванчик лекарственный 2	81	–	–	–	15	3	1
4	Одуванчик лекарственный 3	91	–	–	–	6	3	–
5	Клевер луговой	100	–	–	–	–	–	–
6	Остролодочник тысячелистный	67	28	5	–	–	–	–
7	Касатик молочно-белый	96	–	3	1	–	–	–

Размеры пыльцевых зерен (наличие очень мелкой и очень крупной пыльцы) в число признаков тератоморфоза не включены, так как часто уровень естественного полиморфизма растений достаточно высок. Особенно это касается пыльцы одуванчика, для которого даже в условиях экологического благополучия характерны значительные вариации в размерах пыльцевых зерен и количестве апертур [Дзюба, 2005].

Особенных отклонений в изменении формы пыльцевых зерен изученных растений не выявлено. В пыльниках преобладали зерна с формами, присущими типичным зернам.

Наибольшим разнообразием выделенных тератоморфных отклонений, касающихся нарушений скульптуры оболочки пыльцевого зерна, характеризовались выборки пыльцы одуванчика и полным отсутствием таковых – пыльцы клевера.

Полученные данные о морфологических особенностях пыльцевых зерен растений, произрастающих на территории комплекса «Мегаполис Спорт», обра-

ботанные в программе Excel, показали, что в пыльниках яблони преобладает до 94% нормально развитых зерен. Обилие тератоморфных зерен составляет 6%, которые представлены уплощенными разновидностями.

Проба одуванчик 1 характеризуется преобладанием до 59% нормально развитых зерен. Процент тератоморфоза в его пыльниках составляет 41. Среди таких зерен – разорванные, зерна со сросшимися апертурами и зерна с утолщенной оболочкой.

В пыльниках одуванчика 2 преобладают нормально развитые зерна до 81%. Процент тератоморфоза небольшой и не превышает 19.

Проба одуванчик 3 характеризуется преобладанием нормально развитых зерен до 91%. Процент тератоморфоза составляет лишь 9.

По результатам исследования пыльцевых зерен трех проб одуванчика установлена прямая зависимость содержания в его пыльниках тератоморфной пыльцы от расстояния до автомагистрали (рис. 8).

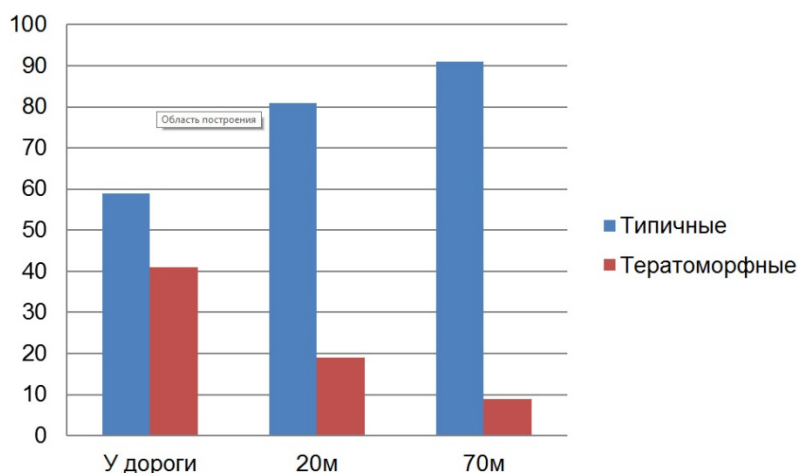


Рис. 8. Содержание нормально развитых пыльцевых зерен и зерен с отклонениями в пыльниках одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*) в зависимости от местонахождения на территории комплекса «Мегapolis Спорт»

Fig. 8. The content of normally developed pollen grains and grains with deviations in the anthers of *Taraxacum officinale*, depending on the location in the territory of the Megapolis Sport complex

В пыльниках остролодочника тысячелистного установлено 67% нормально развитых зерен. Процент тератоморфоза довольно велик и составляет 33.

Пыльцевые зерна касатика характеризуются преобладанием до 96% нормально развитых зерен. Процент тератоморфоза не превышает 4.

Статистическая обработка полученных данных показала, что наибольшее количество отклонений в морфологических особенностях пыльцы изученных растений установлено в пыльцевых зернах одуванчика (41%) и остролодочника (33%). Среди нарушенной пыльцы одуванчика преобладают зерна со сросшимися апертурами. Кроме того, выявлено, что по мере удаления от автомобильной дороги в пыльниках одуванчика прямо пропорционально уменьшается обилие нарушенной пыльцы, свидетельствуя о том, что чем меньше растение испытывает техногенную нагрузку, тем лучше себя чувствует.

Среди тератоморфной пыльцы остролодочника преобладают уплощенные пыльцевые зерна без внутреннего содержимого (протоплазмы), не обеспечивая растению возможность оплодотворения и размножения. Клаусия, яблоня и касатик чувствуют себя вполне комфортно в месте пересечения автодорог с интенсивным движением.

Заклучение

В результате проведенных исследований выполнено тестирование морфологических особенностей пыльцы яблони, одуванчика, клаусии, остролодочника и касатика. Тестирование показало различную реакцию растений на уровне генеративной сферы на условия загазованности транспортными выхлопами. Ярче реагируют одуванчик и остролодочник. Многочисленные отклонения в морфологии пыльцевых зерен одуванчика и повсеместное его распространение на урбанизированной территории позволяет использовать его пыльцу в качестве биоиндикатора для дальнейшего мониторинга окружающей среды в пределах города. Известно, что в почвах г. Читы, в том числе на пришкольных участках и больничных парках, обнаружен бенз(а)пирен, превышающий предельно-допустимые концентрации и относящийся к токсичным веществам 1-го класса опасности [Отчет... 2011], что может создавать угрозу здоровью населения. Биоиндикация с помощью пыльцы одуванчика в комплексе с геохимическим опробованием на территориях дошкольных учреждений, средних школ и учреждений здравоохранения могут послужить составной частью недорогого мониторинга состояния почв и растений, а по его результатам – разработке мероприятий по снижению уровня загрязнения.

ЛИТЕРАТУРА

- Антонова Е.В., Каримуллина Э.М., Позолотина В.Н. Внутривидовая изменчивость дремы белой в градиенте радионуклидного загрязнения ВУРСа // Экология. 2013. № 1. С. 20–29. DOI: 10.7868/S0367059713010022
- Баландина А. Жить тут невозможно: самые загрязненные города России // Газета.ru. URL: <https://www.gazeta.ru/social/2019/07/19/12509503.shtml> (дата обращения: 20.08.2019).

- Гладков Е.А. Влияние комплексного взаимодействия тяжелых металлов на растения мегаполисов // Экология. 2007. № 1. С. 71–74.
- Глазунова К.П. Нарушения типичного строения пыльцевых зерен *Tussilago farfara* L. (Compositae) // Палинология в биостратиграфии, палеоэкологии и палеогеографии. 1996. С. 35–36.
- Дзюба О.Ф. Палиноиндикация состояния окружающей среды и индикация глобальных экологических процессов в историческом прошлом Земли // Палинология в России. 1995. С. 104–112.
- Дзюба О.Ф. Атлас пыльцевых зерен (неацетоллизированных и ацетоллизированных), наиболее часто встречающихся в воздушном бассейне восточной Европы. М., 2005. 68 с.
- Дзюба О.Ф. Палиноиндикация качества окружающей среды. СПб.: Недра, 2006. 197 с.
- Захаров И. 10 самых грязных городов России 2018 по экологии, список Минприроды. URL: <https://basetop.ru/10-samyih-gryaznyih-gorodov-rossii-2018-po-ekologii-spisok/> (дата обращения: 20.08.2019).
- Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука, 1972. Т. 1. 170 с.
- Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР Lamiaceae-Zygophyllaceae. Л.: Наука, 1978. 184 с.
- Отчет по объекту «Геолого-экологическое исследование на территории г. Читы с целью оценки антропогенного воздействия на окружающую среду» / отв. исп. Е.В. Белякова. Чита, 2011. Кн. 1. 300 с.
- Позолотина В.Н., Антонова Е.В., Каримуллина Э.М. Оценка радиационного воздействия на ценопопуляции звездчатки злаковой в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа // Экология, 2010. № 6. С. 403–413.
- Пыльцевой анализ / ред. И.М. Покровская. М.: Госгеолитиздат, 1950. 571 с.
- Решетова С.А., Солодухина М.А., Юргенсон Г.А. О связи полиморфизма и аномалий пыльцы тарана узколистного и мака голостебельного с повышенным содержанием в цветках и бутонах токсичных элементов // Экология. 2015. № 1. С. 33–39.
- Третьякова И.Н., Носкова Н.Е. Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса // Экология. 2004. № 1. С. 20–3.

Авторы:

Решетова Светлана Александровна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории геохимии и рудогенеза, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, доцент кафедры географии, безопасности жизнедеятельности и технологии Забайкальского государственного университета, Чита, Россия.

E-mail: srescht@mail.ru

Сумарокова Ирина Евгеньевна, ученица 9-го класса, Многопрофильная гимназия № 12, Чита, Россия.

E-mail: sumarokova_04@mail.ru

Geosphere Research, 2019, 4, 15–23. DOI: 10.17223/25421379/13/2

S.A. Reshetova^{1,2}, I.E. Sumarokova³

¹ Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, SB RAS, Chita, Russia

² Transbaikal State University, Chita, Russia

³ Multidisciplinary gymnasium No. 12, Chita, Russia

POLLEN OF PLANTS IN URBAN AREAS AS A BIOINDICATOR OF INDUSTRIAL POLLUTION

Using a light microscope, the morphological features of pollen grains of woody and shrubby plants (Trans Baikal Territory, Chita), located in the zone of increased technogenic load in the conditions of pollution by transport exhausts, were studied. The pollen of *Malus baccata* (L.) Borkh., *Taraxacum officinale* (L.) Webb ex F.H. Wigg., *Clausia aprica* (Stephan ex Willd.), *Oxytropis miriophylla* (Pall.) DC., *Iris lactea* Pall. According to the results of the morphological features of 1050 pollen grains of five plants, it was found that the anthers of all plants, with the exception of *Clausia*, contained teratomorphic (with developmental deviations) grains. Teratomorphic manifestations related mainly to changes in the sculpture of the upper shell of pollen - exina, the structure of which under normal natural conditions is a stable sign, allowing grains to be classified as taxa of a specific family, genus or species. The identified deviations in the development of pollen are grouped into 6 groups: - flattened; - crumpled; - with a thickened shell; - with fused apertures; - torn; - filled with air. Statistical processing of the obtained data showed that the largest number of deviations in the morphological features of the pollen of the studied plants was found in the pollen grains of *Taraxacum officinale* (41%) and *Oxytropis miriophylla* (33%). Among teratomorphic pollen of *Oxytropis*, flattened pollen grains predominated without internal contents (protoplasm), not providing the plant with the possibility of fertilization and reproduction. An *Malus baccata* and a *Iris lactea* were characterized by the smallest amount of disturbed pollen, while *Clausia aprica* was characterized by its complete absence. The sizes of pollen grains (the presence of very fine and very large pollen) are not included in the number of signs of teratomorphosis, because often the level of natural polymorphism of the studied plants is quite high. This is especially true for *Taraxacum officinale* pollen, which even in conditions of ecological well-being is characterized by significant variations in the size of pollen grains and the number of apertures. The greatest variety of identified teratomorphic deviations regarding violations of shell sculptures was characterized by *Taraxacum* pollen samples and the complete absence of those, *Clausia* pollen. Among the disturbed *Taraxacum* pollen, grains with fused apertures predominated. The results of a study of its pollen grains showed a direct correlation of the content of pollen in its anthers with deviations, the volumes of which increase as we approach the source of pollution - the road. Since *Taraxacum officinale* is usually widespread in urban areas and is characterized by the greatest variety of identified teratomorphic deviations, bioindication with the help of its pollen in combination with geochemical testing could serve as an integral part of monitoring the state of soils and plants in Chita, and, based on its results, the development of measures to reduce pollution.

Keywords: palynomorphology, polymorphism, technogenic impact, teratomorphism, Chita.

References

- Antonova E.V., Karimullina E.M., Pozolotina V.N. Intraspecific variation in *Melandrium album* along a radioactive contamination gradient at the Eastern Ural radioactive trace // Russian journal of Ecology. 2013. V. 44(1). pp. 18–27. DOI: 10.1134/S1067413613010025
- Balandina A. *Zhit' tut nevozmozhno»: samye zagryaznennye goroda Rossii* [It's impossible to live here”: the most polluted cities in Russia] // Gazeta.ru. <https://www.gazeta.ru/social/2019/07/19/12509503.shtml> (accessed 20.08.2019 g.). In Russian.
- Gladkov, E. A. Effect of complex interaction between heavy metals on plants in a megalopolis // Russian journal of Ecology. 2007. V. 38 (1). pp. 68–71. DOI: 10.1134/S1067413607010110
- Glazunova K.P. *Narusheniya tipichnogo stroeniya pyl'tsevykh zeren Tussilago farfara L. (Compositae)* [Violations of the typical structure of pollen grains of *Tussilago farfara* L. (Compositae)] // Palinologiya v biostratigrafii, paleoekologii i paleogeografii. 1996. pp. 35–36. In Russian.
- Dzyuba O.F. *Atlas pyl'tsevykh zoren (neatsetolizirovannykh i atsetolizirovannykh), naibolee chasto vstrechayushchikhsya v vozdukhnom bassejne vostochnoy Yevropy* [Atlas of pollen grains (non-acetolized and acetolized), most commonly found in the air basin of eastern Europe]. M., 2005. 68 p. In Russian.
- Dzyuba O.F. *Palinoindikatsiya kachestva okruzhayushchey sredy* [Palinoindication of environmental quality]. St-Petersburg: Nedra, 2006. 197 p. In Russian.
- Zakharov I. *10 samykh gryaznykh gorodov Rossii 2018 po ekologii, spisok Minprirody* [The 10 most dirty cities of Russia in 2018 in ecology, the list of the Ministry of Natural Resources] // <https://basetop.ru/10-samykh-gryaznykh-gorodov-rossii-2018-po-ekologii-spisok/> (accessed 20.08.2019). In Russian.
- Kupriyanova L.A., Aleshina L.A. *Pyl'tsa i spory rasteniy flory yevropeyskoy chasti SSSR* [Pollen and spores of plants of the flora of the European part of the USSR]. T. 1. Leningrad: Nauka, 1972. 170 p. In Russian.
- Kupriyanova L.A., Aleshina L.A. *Pyl'tsa dvudol'nykh rasteniy flory yevropeyskoy chasti SSSR Lamiaceae-Zygophyllaceae* [Pollen of dicotyledonous plants of the flora of the European part of the USSR Lamiaceae-Zygophyllaceae]. Leningrad : Nauka, 1978. 184 p. In Russian.
- Otchet po ob'yektu «Geologo-ekologicheskoye issledovaniye na territorii g. Chity s tsel'yu otsenki antropogennogo vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu»* [Report on the object "Geological and ecological research in the city of Chita with the aim of assessing the anthropogenic impact on the environment"] / otv. isp. Belyakova Ye.V. Chita. 2011. Kniga 1. 300 p. In Russian.
- Pozolotina, V.N., Antonova, E.V., Karimullina, E.M. Assessment of radiation impact on *Stellaria graminea* cenopopulations in the zone of the Eastern Ural Radioactive Trace // Russian journal of Ecology. 2010. V. 41(6). pp. 459–468. DOI: 10.1134/S1067413610060019
- Pyl'tsevoy analiz* [Pollen analysis] / red. I.M. Pokrovskaya. Moscow: Gosgeolizdat, 1950. 571 p. In Russian.
- Reshetova, S.A., Solodukhina, M.A., Yurgenson, G.A. The Interrelation between Pollen Abnormalities and Polymorphism and the Increased Contents of Toxic Elements in Flowers and Flower Buds in *Aconogonon angustifolium* (Pall.) Hara. and *Papaver nudicaule* L. // Russian journal of Ecology. 2015. V. 46 (1). pp. 36–42.
- Tret'yakova I.N., Noskova N.Ye. *Pyl'tsa sosny obyknovennoy v usloviyakh ekologicheskogo stressa* [Pollen of common pine under environmental stress] // Ekologiya. 2004. V. 1. pp. 20–33. In Russian.

Author's:

Reshetova Svetlana A., Cand. Sci. (Geographical), Senior Researcher, Laboratory of Geochemistry and Ore Genesis, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Associate Professor, Department of Geography, Theory and Methods of Teaching Geography, Trans-Baikal State University, Chita, Russia.

E-mail: srescht@mail.ru

Sumarokova Irina E., Grade 9 student, Multidisciplinary Gymnasium No. 12", Chita, Russia.

E-mail: sumarokova_04@mail.ru

УДК 631.4

ПОЧВЫ СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ ШЕРЛОВГОРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

М.А. Солодухина¹, С.Г. Дорошкевич²

¹ Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия

² Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Россия



Представлены данные по изучению пространственного распределения почв на примере Шерловогорского рудного района. Ранее почвенных исследований в этом районе не было. В основу статьи положены исследования, проведенные авторами в 2011–2012 гг. Использовались сравнительно-географические, картографические и морфологические методы изучения почв. На изученной территории выделено 4 типа (6 подтипов) почв: чернозем (бескарбонатный и мучнисто-карбонатный), каштановая мучнисто-карбонатная почва, щебнистая маломощная и мерзлотная лугово-лесная почва. Почвы имеют легко- и среднесуглинистый гранулометрический состав, слабощелочную, близкую к нейтральной и нейтральную реакцию среды, высокое содержание гумуса (за исключением каштановой почвы), среднюю степень насыщенности почв основаниями. Разработка месторождений полезных ископаемых оказывает влияние на почвы, выражающееся в нарушении естественного сложения и плотности природных почв, а также в формировании новых почвенных образований – техноземов.

Ключевые слова: почвы, сухостепная зона, рудный район, Забайкалье.

Введение

Шерловогорский рудный район находится на юго-востоке Забайкальского края в пределах Онон-Аргунской степи, в бассейне р. Борзя. Согласно схеме физико-географического районирования принадлежит к Центрально-Азиатской пустынно-степной области, Монгольской степной провинции высоких равнин и гор [Атлас... 1967]. В природном отношении объект расположен в пределах природного Борзинского степного округа [Типы местности... 1961].

Шерловогорская рудно-магматическая система приурочена к гранитной интрузии мезозойского возраста [Барабанов, 1975; Гайворонский, 1995]. По Б.А. Гайворонскому абсолютный возраст онгонитов – 136–153 млн лет, что соответствует поздней юре – раннему мелу [Гайворонский, 1995].

Интрузия эта локализована в зоне сочленения нескольких разломов, развитых в зоне изгиба контакта герцинских габбро-диоритов с песчанико-сланцевой толщей нижнего карбона. Каменноугольные толщи являются вмещающими горными породами Шерловогорских интрузий [Онтеев, 1974; Барабанов, 1975; Гайворонский, 1995].

По данным [Аристов и др., 1961], геологическое строение Шерловогорского гранитного интрузива представляется следующим образом. Наиболее изученная южная часть Шерловогорской интрузии сложена крупнозернистыми порфировидными гранитами, гранит-порфирами и аплитовидными гранит-порфирами (рис. 1).

Эти горные породы рассечены трещинами, разломами, зонами дробления и во многих местах интенсивно грейзенизированы. Метапесчаники и сланцы нижнекаменноугольной толщи в зоне контакта с гранитоидной интрузией превращены в ороговикоподобные песчаники и сланцы, а также роговики. Здесь же, в зоне экзоконтакта гранитного массива вскрыта эруптивная брекчия, в которой обломки ороговикоподобных металевролитов и метапесчаников сцементированы гранит-порфиром. Глубина эрозионного среза Шерловогорского гранитного массива не превышает 200 м (рис. 1) [Барабанов, 1975].

Формирование гранитного массива было длительным. Завершение собственно магматической деятельности сопровождалось проявлением тектонических подвижек, в результате чего подновились более древние разломы. Эти разрывные нарушения вскрыли более глубокие очаги еще не застывшей магмы, насыщенной летучими и рудными компонентами, продуктами эволюции которой стали грейзеновые тела и кварцево-жильные образования, сложенные кварцем, топазом, бериллом, вольфрамитом, касситеритом, висмутином, молибденитом и другими рудными минералами. Заключительный этап истории развития структуры Шерловогорского интрузива выразился в возобновлении тектонических напряжений, приведших к образованию жил безрудного халцедоновидного кварца [Барабанов, 1975].

Многочисленные рудопроявления, приуроченные к Шерловогорскому гранитному массиву, генетически связаны с его становлением.

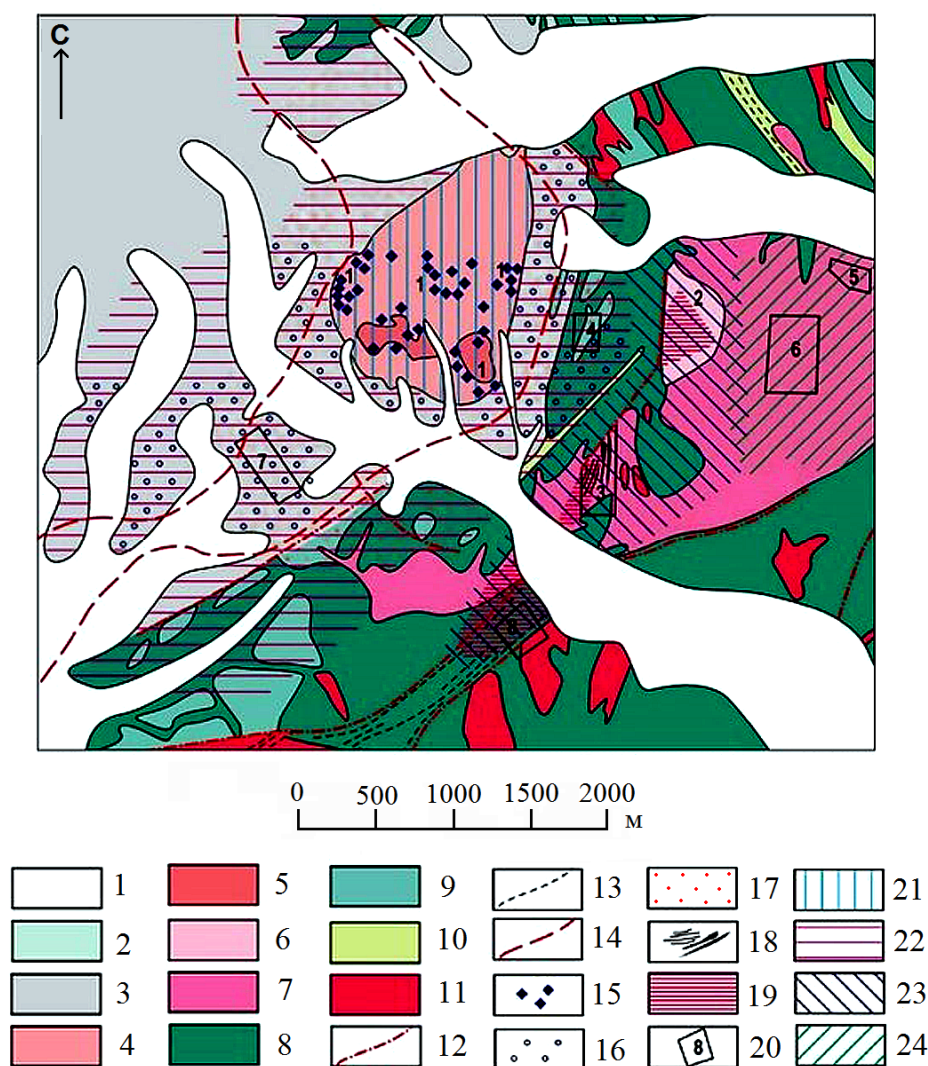


Рис. 1. Геологическая карта Шерловогорской рудно-магматической системы [Онтоев, 1974]

Схематическая геологическая карта Шерловогорского рудного поля: 1) четвертичные отложения; 2) отложения нижнего мела, тургинский ярус: песчаники, аргиллиты, конгломераты; 3) нижний карбон: сланцево-песчаниковая толща с прослоями эффузивных пород и реже известняков с фауной турне-визейского возраста; 4) гранит-порфир и порфировидный гранит (Mz); 5) равномерно среднезернистый гранит; 6) эруптивная брекчия кварцевых порфиров II фазы (Mz); 7) субинтрузивные кварцевые порфиры I фазы; 8) диоритовые порфиры и порфиры, реже габбродиорит-порфиры, габбродиориты и диориты (Pz); 9) флюидальные порфиры, их туфы и туфобрекчии (Pz); 10) серпентиниты (по ультрабазитам); 11) плагиограниты и граниты палеозоя; 12) разрывные нарушения; 13) зона смятия, расланцевания и дробления; 14) предполагаемое подземное продолжение Шерловогорского массива гранитов; 15) грейзеновые тела; 16) участки грейзенизации во вмещающих граниты породах; 17) зона контактового метаморфизма; 18) кварц-турмалиновые жилы с оловом; 19) зоны турмалинизации; 20) рудные участки и их номера: 1 – Шерловогорский грейзеново-вольфрамовый, 2 – Сопка Большая, 3 – Кварц-турмалиновый отрог, 4 – Аплитовый отрог, 5 – Северо-восточный, 6 – Восточный, 7 – верховье пади Заводской, 8 – Высокий; 21–24 – зоны минерализации: 21 – вольфрамитовая-грейзеновая в гранитах; 22 – кварц-полевошпат-вольфрамит-касситеритовая; 23 – турмалино-сульфидно-касситеритовая; 24 – сфалерит-галенитовая со слабым сульфидно-касситеритовым оруденением

Fig. 1. The geological map of the Sherlovogorsk ore-magmatic system [Ontoev, 1974]

Schematic geological map of the Sherlovogorsk ore area: 1) Quaternary deposits; 2) Lower Cretaceous deposits, Turginsky layer: sandstones, mudstones, conglomerates; 3) Lower Carboniferous: shale-sandstone stratum with interbeds of effusive rocks and less commonly limestones with fauna of the Tournaisian age; 4) porphyry granite and porphyry granite (Mz); 5) uniformly medium-grained granite; 6) eruptive breccia of quartz porphyry phase II (Mz); 7) subintrusive quartz porphyry phase I; 8) diorite porphyrites and porphyrites, less commonly gabbrodiorite-porphyrites, gabbrodiorites and diorites (Pz); 9) fluid porphyrites, their tuffs and tuff breccias (Pz); 10) serpentinites (according to ultrabasic rocks); 11) plagiogranites and Paleozoic granites; 12) explosive violations; 13) zone of crushing, shattering and crushing; 14) the alleged underground continuation of the Sherlovogorsk massif of granites; 15) greisen bodies; 16) areas of greisenization in rocks containing granite; 17) a zone of contact metamorphism; 18) quartz-tourmaline veins with tin; 19) tourmaline zones; 20) ore sites and their numbers: 1 – Sherlovogorsk greisen-tungsten, 2 – Sopka Bolshaya, 3 – Quartz-tourmaline spur, 4 – Aplite spur, 5 – North-East, 6 – East, 7 – the upper reaches of the Zavodskaya paddy, 8 – Tall; 21–24 – mineralization zones: 21 – tungsten-greisen in granites; 22 – quartz-feldspar-tungsten-cassiterite; 23 – tourmaline-sulfide-cassiterite; 24 – sphalerite-galena with weak sulfide-cassiterite mineralization

Более сложной является геологическая история той части Шерловгорского массива, с которой связано олово-полиметаллическое оруденение, с мышьяком в арсенопирите. Здесь, в районе сопки Большой в киммерийский магматический цикл на месте пересечения двух крупных тектонических нарушений, расположенных восточнее выхода гранитной интрузии, возник вулкан, который дал субинтрузии, покровы и дайки кварцевых порфиров и фельзитов их туфы и туфобрекчии [Барабанов, 1975], с которым генетически связано оруденение.

Важной особенностью полиметаллического Шерловгорского месторождения в целом является формирование его в два этапа, на протяжении которых рудообразование пространственно приурочено к различным участкам месторождения. Для первого, раннего, этапа характерно образование редкометального оруденения жильного и грейзенового типов с ферберитом, касситеритом, бериллом, топазом,

сидерофиллитом в гранитном массиве и зонах экзоконтакта. На заключительных стадиях этого этапа произошло приоткрывание кварц-топазовых жил в эндоконтактной зоне гранитной интрузии и образование в гранитах слабой трещиноватости северо-восточного простирания, заполненных топаз-сульфидной минерализацией с касситеритом и минералами висмута. Во второй этап происходит формирование олово-полиметаллического оруденения, локализуемого в разломах и в интенсивно трещиноватой зоне штокверкового типа в кварцевых порфирах [Солодухина, Юргенсон, 2018]. Шерловгорское олово-полиметаллическое месторождение представлено штокверком сопки Большой, Восточным полем, зоной Северо-Восточного разлома, Аплитовым отрогом, Северо-Восточным участком и Кварц-турмалиновым отрогом (рис. 1). Руды месторождений характеризуются сложным минеральным составом (табл. 1).

Таблица 1

Перечень первичных эндогенных минералов Шерловгорского рудного поля по материалам Е.И. Доломановой [Отноев, 1974]

Table 1

The list of primary endogenous minerals of the Sherlovogorsky ore district based on the materials of E.I. Dolomanova [Otnoev, 1974]

Относительная распространенность минералов	Гипогенные минералы	
	Нерудные	Рудные
Главные	Кварц, топаз, мусковит (серицит), сидерофиллит, турмалин	Арсенопирит, сфалерит, ферберит, касситерит, галенит
Второстепенные	Микроклин, альбит и альбит-олигоклаз, флюорит, актинолит, лепидомелан, тремолит, хлорит, сидерит, анкерит, кальцит	Пирротин, пирит, бисмутинит, самородный висмут
В малом количестве	Аксинит, эпидот, цидозит, серпентинит, тальк, адуляр, олигонит, гидробитит, гидромусковит, шабазит, стильбит, натролит, стеллерит	Молибденит, халькопирит, лёллингит, пирит тонкодисперсный, марказит, гематит, магнетит, станнин, блеклая руда, самородное серебро
Редкие и крайне редкие	Циркон, монацит, ортит, апатит, сфен, данбурит (?), корунд, шпинель, пренит, бавенит, гранат, берилл (аксессуарный)	Валлериит, ильменит, анатаз, рутил, колумбит, даналит, никелин, хромит, кобальтин, саффорит, глаукот (?), шеелит, галеновисмутин, пекоит, падераит, хаммарит, антимонит

Почвы Шерловгорского рудного района относятся к формации нейтральных и щелочных почв суббореального умеренно теплого климата, выделены в фацию резко континентального климата [Природа мира, 1983]. Расположены в степной зоне обыкновенных и южных черноземов Забайкальской равнинной провинции в пределах Агинско-Аргунского котловинного округа [Атлас Забайкалья, 1967].

Изучение почвенного покрова сухих степей Забайкалья было проведено рядом авторов [Ногина, 1964; Ишигенов, 1972; Волковинцер, 1978; Цыбжитов и др., 1999; Убугунов и др., 2000; Меркушева и др., 2006 и др.]. Наиболее распространены каштано-

вые и темно каштановые почвы, черноземы. Верхняя граница распространения каштановых почв достигает 800 м над уровнем моря, а черноземов – 1 000 м. В.И. Волковинцер [Волковинцер, 1978] выделил особый тип почв – степные криоаридные среднегумусные почвы, формирующиеся в условиях холодных аридных ландшафтов на высотах, не превышающих 600–800 м над уровнем моря. Данные почвенные исследования, большей своей частью, касаются западной части Забайкалья, а именно территории, приуроченной к Бурятии. Исследования же почвенного покрова сухих степей Забайкальского края ограничены.

Разработка месторождений оказывает влияние на окружающую среду, в частности на почвенный покров. В ряде рудных районов проведены изыскания почв, сформировавшихся на отвальных породах известковых и глиняных месторождений [Абакумов и др., 2011], угольных месторождений [Андроханов, 2005; Дымов и др., 2013; Костенков и др., 2013; Брагина, Герасимова, 2017]. Большая часть исследований представлена изучением химического загрязнения почв районов добычи полезных ископаемых [Бачурин, 2008; Uzarowicz, Skiba, 2011; Гаськова и др., 2012; Рихванов и др., 2017; Опекунова и др., 2017; Bortnikova et al., 2018 и т.п.].

Цель настоящей работы – установление пространственного распределения почв в районах разработки месторождений сухостепной зоны Забайкалья на примере Шерловгорского рудного района.

Объекты и методы

В основу статьи положены исследования, проведенные авторами в 2011–2012 гг. Объект исследования – почвенный покров Шерловгорского рудного района. Полевые почвенные исследования проведены путем маршрутных ходов. Закладка почвенных шурфов (разрезов, полуям и прикопок) выполнена с учетом ландшафтных условий изучаемой террито-

рии (рельеф, растительность). Определение типов почв и их классификация даны по Классификации и диагностике почв СССР [Классификация... 1977]. При закладке основных разрезов по генетическим горизонтам были отобраны почвенные образцы на анализ для определения их физических и химических свойств. Определение содержания физической глины в образцах почвы проведено в Аккредитованной испытательной лаборатории ФГБУ ГСАС «Бурятская» (Улан-Удэ, Россия) с использованием ускоренного пирофосфатного метода анализа [Практикум по почвоведению, 1980]. Изучение химических свойств почвы сделано в Аналитическом центре минералогических, геохимических и изотопных исследований при Геологическом институте СО РАН (Улан-Удэ, Россия) с применением общепринятых методов исследований [Аринушкина, 1970]: pH водной вытяжки (потенциометрическим методом), содержание гумуса (по Тюрину в модификации Никитина), обменные кальций и магний – трилометрическим методом (после вытеснения 1 н NaCl).

Результаты и обсуждение

На изученной территории нами выделено 4 типа (6 подтипов) почв (рис. 2).

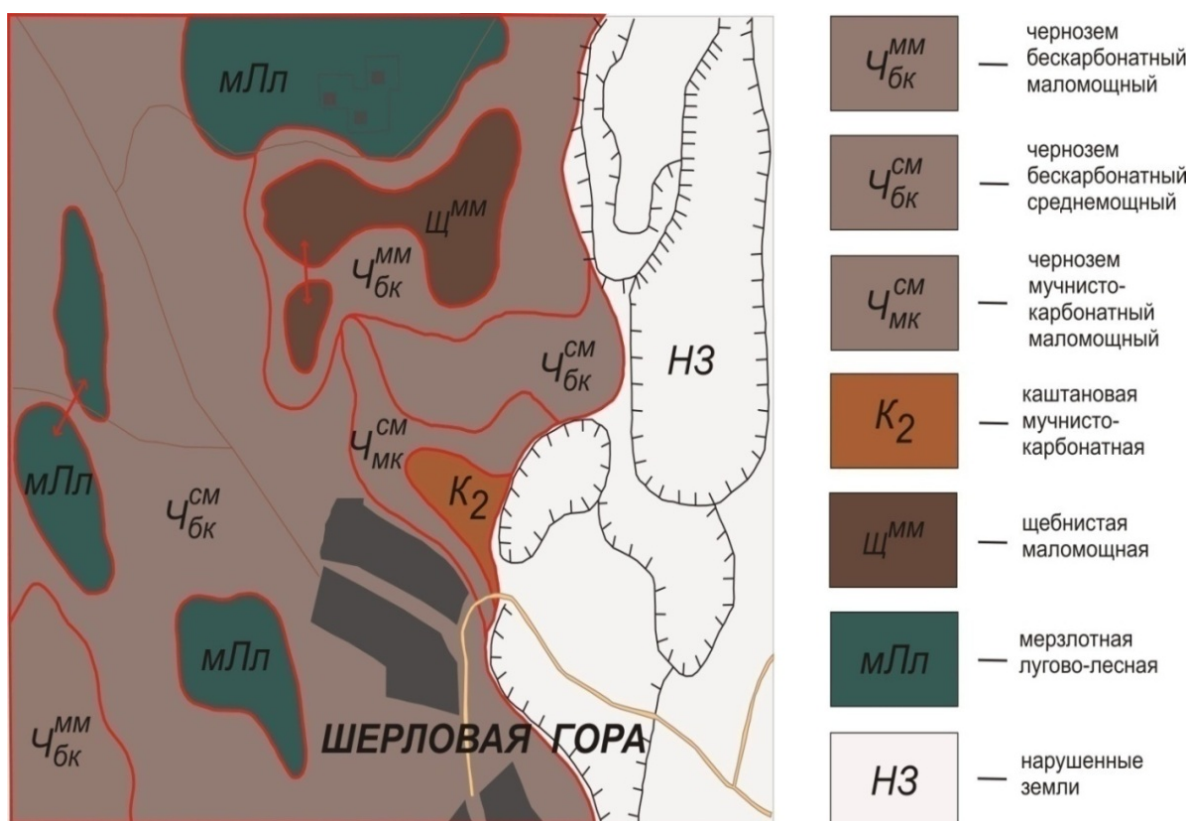


Рис. 2. Картограмма почв Шерловгорского рудного района

Fig. 2. Map of the soils of the Sherlovogorsky ore district



Рис. 3. Черноземы бескарбонатные

а – профиль чернозема бескарбонатного маломощного, б – характерный ландшафт, с – профиль чернозема бескарбонатного среднемощного

Fig. 3. Non-carbonate tchernozems

а – profile of chernozem of carbonate-free low-power, б – characteristic landscape, с – profile of chernozem of carbonate-free low-power

Черноземы бескарбонатные (рис. 3) приурочены к высотам около 950 м БС, формируются под лугово-степной растительностью на наносах делювиально-элювиального происхождения. Их отличительной особенностью является отсутствие сплошного карбонатного горизонта, в большинстве случаев по профилю почвы не наблюдается вскипания от HCl. Для них характерен следующий морфологический профиль: Адер-А1-А1В-В-С.

Гумусово-аккумулятивный горизонт черноземов бескарбонатных имеет мощность 12–31 см (см. рис. 2), характеризуется черной окраской с хорошо выраженной комковато-зернистой структурой. Переходный гумусовый горизонт (А1В) темно-серый или серый с коричневым оттенком. Далее до глубины 40–55 см переходный горизонт коричнево- или охристо-бурого цвета. Почвообразующая порода желтовато-бурого цвета. По профилю наблюдаются включения в виде щебня и камня разного размера: в гумусовом слое – 10–20%, в нижележащих горизонтах – до 80–90% от объема. На исследуемой территории по мощности гумусового слоя выделено 2 подтипа чернозема бескарбонатного: среднемощный (А1+В – 40–80 см) и маломощный (А1+В < 40 см).

Реакция почв: нейтральная в верхней части профиля, слабокислая и близкая к нейтральной – в нижней. Содержание гумуса в гумусовом горизонте находится в пределах 5,0–6,0%. Поглощающий комплекс насыщен основаниями. В составе поглощенных оснований преобладает кальций (табл. 2).

Черноземы мучнистокарбонатные (рис. 4) приурочены к высотам 900 м БС, формируются под лугово-степной растительностью на делювиальных

отложениях. Их отличительной особенностью является наличие сплошного карбонатного горизонта, бурно вскипающего от HCl, находящегося в средней части почвенного профиля. Для них характерен следующий морфологический профиль: Адер-А1-А1В-Вк-С.

Гумусово-аккумулятивный горизонт черноземов мучнистокарбонатных (до 33 см) характеризуется черной окраской с хорошо выраженной комковато-зернистой структурой. Переходный гумусовый горизонт (А1В) серого цвета с бурым оттенком до глубины 56 см; переходный элювиальный горизонт желтовато-коричневого цвета – до 85 см. Карбонатный горизонт имеет мощность 45 см; карбонаты представлены мучнистой присыпкой. Почвообразующая порода красновато-коричневого цвета. По профилю наблюдаются включения в виде щебня и камня разного размера: в гумусовом слое – 5–10%, в нижележащих горизонтах – до 50–60% от объема.

Реакция почв нейтральная в верхней части профиля и щелочная – в нижней (см. табл. 2). Содержание гумуса в гумусовом горизонте находится в пределах 5,0–6,0%. Поглощающий комплекс насыщен основаниями. В составе поглощенных оснований преобладает кальций.

Каштановые мучнистокарбонатные почвы (см. рис. 5) приурочены к высотам 850 м БС, формируются под степной растительностью на делювиальных отложениях. Для них характерен следующий морфологический профиль: Адер-А1-В-Вск-С. Гумусово-аккумулятивный горизонт каштановых мучнистокарбонатных почв имеет мощность до 23 см и характеризуется серо-коричневой окраской.

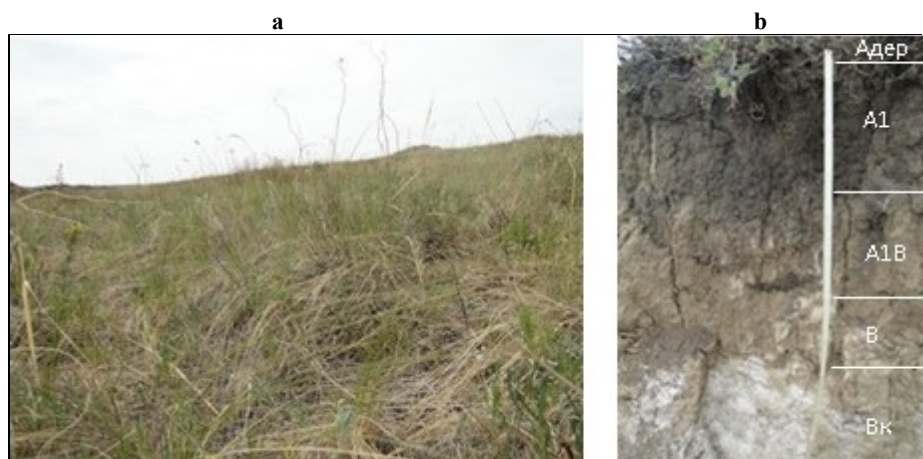


Рис. 4. Чернозем мучнистокарбонатный
a – характерный ландшафт; b – морфологический профиль

Fig. 4. Flour chernozem
a – characteristic landscape; b – morphological profile

Таблица 2

Физико-химические свойства почв Шерловгорского рудного района

Table 2

Physico-chemical properties of soils of the Sherlovogorsky ore district

Горизонт (глубина, см)	< 0,01 мм, %	рН водный	Гумус, %	Обменные основания, мг-экв./100г почвы		
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сумма
Чернозем бескарбонатный маломощный						
A1 (1–22)	26,4	6,20	5,87	19,7	7,0	26,7
A1B (22–33)	21,8	5,95	1,91	20,8	6,4	27,2
B (33–56)	35,9	5,56	0,28	20,0	6,8	26,8
C (56–80)	31,1	5,60	0,12	19,9	6,3	26,2
Каштановая мучнистокарбонатная						
A1 (1–23)	35,7	7,26	1,51	35,8	7,7	43,5
B (23–62)	32,1	7,04	0,87	37,6	7,2	44,8
BCк (62–95)	27,7	8,29	1,09	–	–	20,3*
C (95–122)	40,5	7,98	0,73	22,0	6,0	28,0
Щебнистая маломощная						
A1 (0–10)	24,8	5,81	5,24	18,1	3,9	22,0
C (10–60)	–	–	–	–	–	–
Щебнистая маломощная						
A1 (0–15)	22,9	6,42	5,95	19,2	5,3	24,5
C (15–56)	32,0	4,80	0,80	18,5	4,6	23,1
Щебнистая маломощная						
A1 (0–15)	24,2	7,20	5,21	17,6	6,0	23,6
C (15–62)	32,4	5,50	0,46	17,0	5,9	22,9
Мерзлотная лугово-лесная						
A1 (7–32)	27,5	5,87	8,57	17,9	5,7	23,6
B (32–60)	38,9	6,48	1,33	16,7	6,2	22,9
C (60 и далее)	–	–	–	–	–	–
Нарушенные земли						
A1 (1–23)	26,4	6,30	1,84	17,5	6,7	24,2

Примечания: «–» – не определялось; * – емкость поглощения, мг-экв./100 г почвы.

Note: «–» – not determined; * – absorption capacity, mEq / 100 g of soil.

Переходный элювиальный горизонт до 85 см коричнево-бурого цвета, далее до 95 см залегает карбонатный горизонт (карбонаты представлены мучнистой присыпкой). Почвообразующая порода красновато-бурого цвета. По профилю наблюдаются включения в виде щебня и камня разного размера до 20–40% от объема.

Реакция почв слабощелочная в верхней части профиля и щелочная в нижней. Содержание гумуса в гумусовом горизонте низкое (1,5–2,0%). Поглощающий комплекс насыщен основаниями. В составе поглощенных оснований преобладает кальций (см. табл. 2).

Щебнистые маломощные почвы (рис. 6) приурочены к наиболее высоким отметкам исследованной территории (1 010–1 028 м). Формируются под степной растительностью на элювиальных отложениях. Для щебнистых маломощных почв характерна значительная скелетность и укороченность почвенного профиля. Морфологический профиль слабодифференцирован: Адер–А1–С. Гумусовый горизонт залегает непосредственно на почвообразующей породе – грубообломочных элювиальных отложениях (хрящ, щебень, камни). Мощность гумусового горизонта находится в пределах 10–15, реже 22 см. Переходный горизонт отсутствует.

Реакция почв нейтральная или слабощелочная в верхней части профиля и слабо- и среднекислая в нижней. Содержание гумуса в гумусовом горизонте находится в пределах 5,0–6,0%. Поглощающий комплекс насыщен основаниями. В составе погло-

щенных оснований преобладает кальций (см. табл. 2).

Мерзлотные лугово-лесные почвы (рис. 7) не имеют широкого распространения на изучаемой территории (небольшие площади на севере и западе).

Они формируются под березовыми лесами с хорошо развитым кустарниковым ярусом и травянистым покровом на делювиальных отложениях; приурочены к склонам северо-восточной экспозиции с высотными отметками 900–940 м БС. Для них характерен следующий морфологический профиль: А0–А1–В–С. В профиле выделяется хорошо выраженный гумусовый горизонт мощностью около 30 см, залегающий под лесной подстилкой мощностью 7–10 см. Далее до глубины 60–70 см – горизонт желтовато-коричневого цвета. В нижней части профиля присутствуют признаки оглеения, отмечающиеся в виде мелких Mn-Fe-конкреций и пленок оглеения на гранях структурных отдельностей.

Реакция почв близкая к нейтральной в верхней части профиля и нейтральная в нижней. Содержание гумуса в гумусовом горизонте высокое и находится в пределах 8,0–9,0%. Поглощающий комплекс насыщен основаниями. В составе поглощенных оснований преобладает кальций (см. табл. 2).

Нарушенные земли представляют собой местами полностью перемешанные, местами пересыпанные каменисто-щебнистым материалом почвенные слои, расположенные, в свою очередь, в разнообразной последовательности (рис. 8). На территории района широко развиты техноземы (рис. 9).

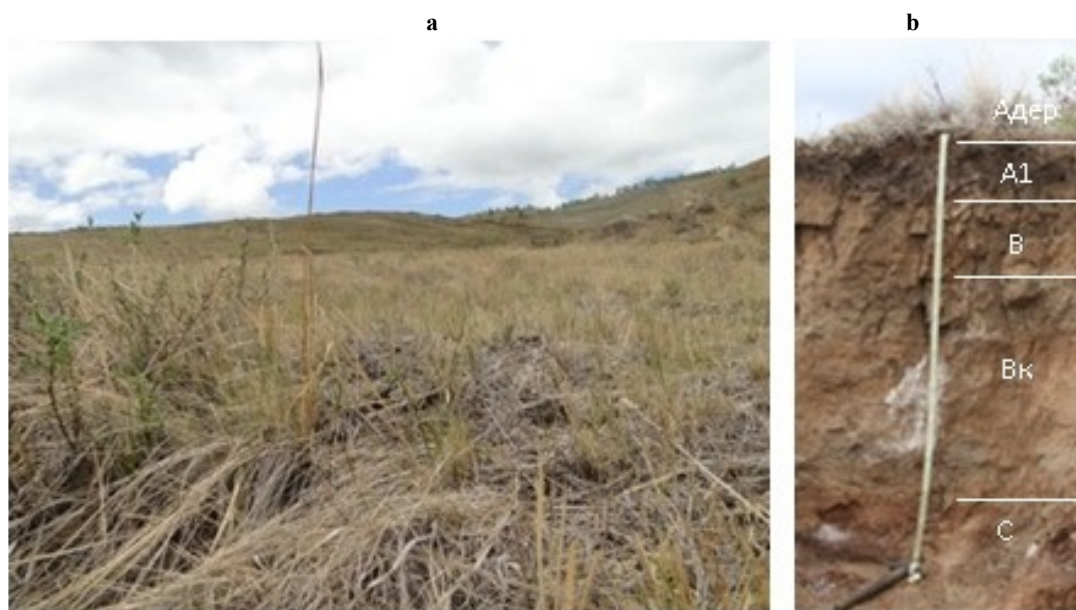


Рис. 5. Каштановая мучностокарбонатная почва
а – характерный ландшафт, б – морфологический профиль

Fig. 5. Chestnut powdery carbonate soil
а – characteristic landscape, б – morphological profile

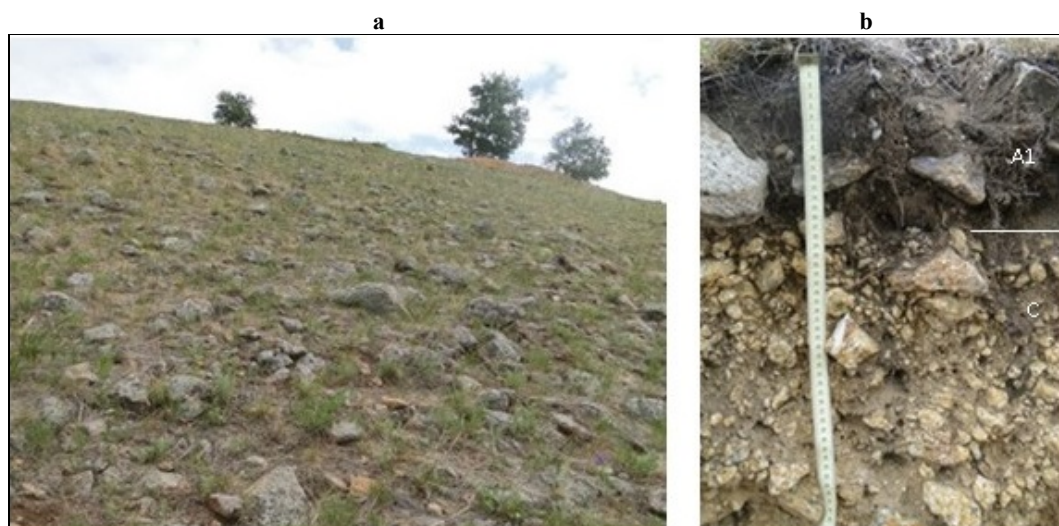


Рис. 6. Щебнистая маломощная почва
a – характерный ландшафт, *b* – морфологический профиль

Fig. 6. Crushed, thin soil
a – characteristic landscape, *b* – morphological profile

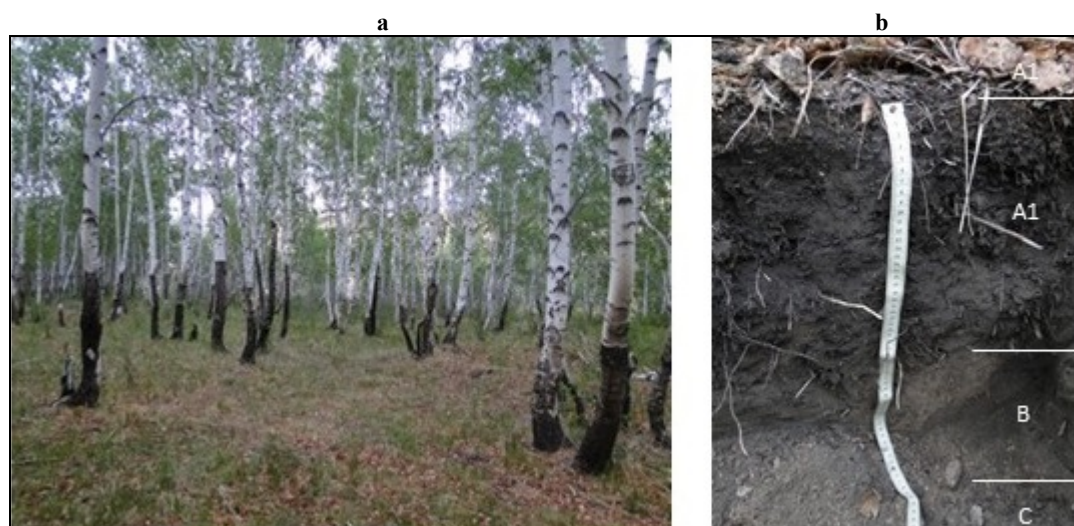


Рис. 7. Мерзлотная лугово-лесная почва
a – характерный ландшафт, *b* – морфологический профиль

Fig. 7. Permafrost meadow-forest soil
a – characteristic landscape, *b* – morphological profile

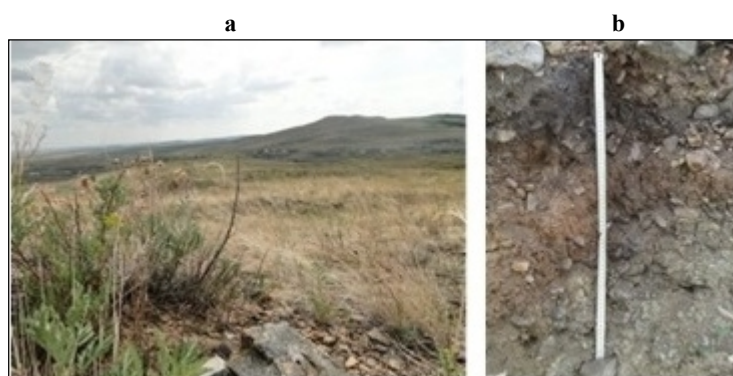


Рис. 8. Почвенный покров техногенных ландшафтов (нарушенные земли)
a – характерный ландшафт, *b* – морфологический профиль

Fig. 8. The soil cover of technogenic landscapes (disturbed lands)
a – characteristic landscape, *b* – morphological profile

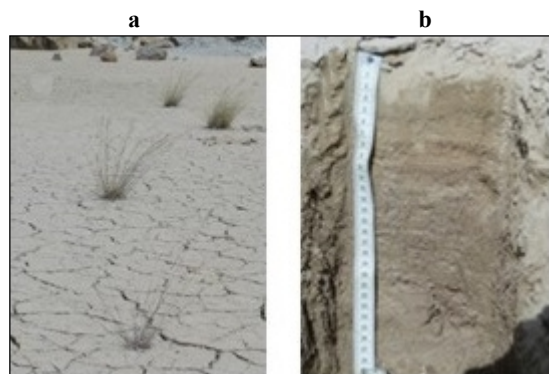


Рис. 9. Почвенный покров техногенных ландшафтов (технозем)

а – характерный ландшафт, б – морфологический профиль

Fig. 9. The soil cover of technogenic landscapes (technozem)

a – characteristic landscape, b – morphological profile

Техноземы представляют собой насыпные минеральные грунты отвалов вскрышных и вмещающих пород Шерловогорского олово-полиметаллического месторождения, отходы бывшего Шерловогорского горно-обогатительного комбината, грунтовые насыпи и выровненные грунтовые площадки, созданные при разработке месторождения.

Заключение

Для природных почв Шерловогорского рудного района характерно вертикально-поясное распределение. Под лугово-степной растительностью на более повышенных участках рельефа (более 1 000 м) формируются щебнистые маломощные почвы, на менее повышенных (900–950 м) – черноземы бескарбонатные и мучнистокарбонатные. Выявлено

также проявление аридно-теневой зональности, что подтверждается формированием среди почв степного ряда мерзлотных лугово-лесных почв.

Почвы в большинстве своем легко- и среднесуглинистые, имеют слабощелочную, близкую к нейтральной и нейтральную реакцию среды, высокое содержание гумуса (за исключением каштановой почвы), среднюю степень насыщенности почв основаниями; в составе обменных оснований преобладает кальций.

Разработка месторождений полезных ископаемых оказывает некоторое влияние на почвы. С одной стороны, происходит нарушение естественного сложения и плотности природных почв. С другой стороны, формируются новые почвенные образования – техноземы.

ЛИТЕРАТУРА

- Абакумов Е.В., Максимова Е.И., Лагода А.В., Копцева Е.М. Почвообразование на отвалах карьеров по добыче известняка и глин в районе г. Ухта // Почвоведение. 2011. № 4. С. 417–423.
- Андроханов В.А. Специфика и генезис почвенного покрова техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2005. № 5. С. 795–800.
- Ариниушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М. : Изд-во МГУ, 1970. 87 с.
- Аристов В.В., Петрова М.Г., Королев Б.Н. Структура рудопроявления и условия образования Шерловогорского гранитного интрузива // Геология рудных месторождений. 1961. № 6. С. 41–53.
- Атлас Забайкалья (Бурятская АССР и Читинская область) / гл. ред. В.Б. Сочава. Москва ; Иркутск : Изд-во ГУГК, 1967. 176 с.
- Барабанов В.Ф. Минералогия вольфрамитовых месторождений Забайкалья. Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1975. Т. 2. 360 с.
- Бачурин Б.А. Эколого-геохимические аспекты загрязнения природных геосистем в районах нефтедобычи // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2008. № 8. С. 111–115.
- Брагина П.С., Герасимова М.И. Техногенные поверхностные образования на отвалах и хвостохранилищах в Кемеровской области: опыт классификации // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2017. Вып. 89. С. 90–103. DOI: 10.19047/0136-1694-2017-89-90-103
- Волковинцер В.И. Степные криоаридные почвы. Новосибирск : Наука, 1978. 208 с.
- Гайворонский Б.А. Шерловогорское месторождение // Месторождения Забайкалья : в 2 кн. / гл. ред. академик РАН Н.П. Лавров. Чита ; Москва, 1995. Т. 1, кн. 1. С. 130–133.
- Гаськова О.Л., Бортникова С.Б., Кабанник В.Г., Новикова С.П. Особенности загрязнения почв в районе хвостохранилища отходов пиromеталлургического извлечения цинка на Беловском цинковом заводе // Химия в интересах устойчивого развития. 2012. № 20. С. 419–429.
- Дымов А.А., Каверин Д.А., Габов Д.Н. Свойства почв и почвоподобных тел г. Воркута // Почвоведение. 2013. № 2. С. 240–248. DOI: 10.7868/S0032180X13020032
- Ишигенов И.А. Агрохимическая характеристика почв Бурятии. Улан-Удэ : Бурят. кн. изд-во, 1972. 211 с.
- Классификация и диагностика почв СССР. М. : Колос, 1977. 224 с.

Костенков Н.М., Комачкова И.В., Пуртова Л.Н. Почвы техногенных ландшафтов Приморья (Лучегорский и Павловский угольные разрезы // Почвоведение. 2013. № 11. С. 1283–1293. DOI: 10.7868/S0032180X13110075

Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л., Корсунов В.М. Биопродуктивность почв сенокосов и пастбищ сухостепной зоны Забайкалья. Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2006. 515 с.

Ногина Н.А. Почвы Забайкалья. М. : Наука, 1964. 314 с.

Онтоев О.Д. Стадийность минерализации и зональность месторождений Забайкалья. М. : Наука, 1974. 224 с.

Опекунова М.Г., Сомов В.В., Папян Э.Э. Загрязнение почв в районе воздействия горнорудных предприятий Башкирского Зауралья // Почвоведение. 2017. № 6. С. 744–758. DOI: 10.7868/80032180X17060089

Практикум по почвоведению / ред. И.С. Кауричев. М. : Колос, 1980. 273 с.

Природа мира (серия): Почва / Е.В. Лобова, А.В. Хабаров. М. : Мысль, 1983. 303 с.

Рихванов Л.П. и др. Биогеохимический мониторинг в районах хвостохранилищ горнодобывающих предприятий с учетом микробиологических факторов трансформации минеральных компонентов. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2017. 437 с.

Солодухина М.А., Юргенсон Г.А. Мышьяк в ландшафтах Шерловогорского рудного района (Восточное Забайкалье). Чита : ЗаБГУ, 2018. 176 с.

Типы местности и природное районирование Читинской области. М. : Изд-во АН СССР, 1961. 158 с.

Убугунов Л.Л., Лаврентьева И.Н., Убугунова В.И. Разнообразие почв Иволгинской котловины: эколого-агрохимические аспекты. Улан-Удэ : БГСХА, 2000. 208 с.

Цыбжитов Ц.Х., Цыбикдоржиев Ц.Ц., Цыбжитов А.Ц. Почвы бассейна озера Байкал. Т. 1: Генезис, география и классификация каштановых почв. Новосибирск : Наука, 1999. 128 с.

Bortnikova S.B., Yurkevich N.V., Abrosimova N.A., Devyatova A.Yu., Makas A.L., Troshkov M.L., Edelev A.V. Assessment of emissions of trace elements and sulfur gases from sulfide tailings // Journal of Geochemical Exploration. 2018. № 186. P. 256–269.

Uzarowicz L., Skiba S. Technogenic soils developed on mine spoils containing iron sulphides: Mineral transformations as an indicator of pedogenesis // Geoderma. 2011. V. 163, is. 1–2. P. 95–108.

Авторы:

Солодухина Мария Анатольевна, кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории геохимии и рудогенеза Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия.

E-mail: mabn@ya.ru

Дорошкевич Светлана Геннадьевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории гидрогеологии и геоэкологии Геологического института СО РАН, Улан-Удэ, Россия.

E-mail: sv-dorosh@mail.ru

Geosphere Research, 2019, 4, 24–34. DOI: 10.17223/25421379/123/3

M.A. Solodukhina¹, S.G. Doroshkevich²

¹ *Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, Russia*

² *Geological Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, Russia*

SOILS OF STEPPE LANDSCAPES OF THE SHERLOVOGORSKY ORE AREA (EASTERN TRANSBAIKALIA)

The article presents data on the study of the spatial distribution of soils on the example of Sherlovogorskoe ore district. Previously, soil studies in this area were not carried out. The article is based on the research conducted by the authors in 2011–2012. comparative geographical, cartographic and morphological methods of soil study were used.

For natural soils Sherlovogorsky ore district is typical of vertical-belt distribution. Under meadow-steppe vegetation on more elevated terrain areas (more than 1000 m) are formed gravelly low-power soils, on less elevated (900–950 m) - black soil carbonate-free and powdery carbonate.

On the studied territory 4 types (6 subtypes) of soils are allocated-Chernozem (carbonate-free and powdery-carbonate), chestnut powdery-carbonate soil, gravelly low-power and permafrost meadow-forest soil. Soils are mostly light and medium loamy, have a slightly alkaline, close to neutral and neutral reaction of the medium, high humus content (except for chestnut soil), an average degree of saturation of soils with bases; calcium predominates in the composition of exchange bases. Carbonate-free chernozem is confined to altitudes of about 950 m BS, formed under meadow-steppe vegetation on sediments of deluvial-eluvial origin. Their distinctive feature is the absence of a continuous carbonate horizon, in most cases, the soil profile is not observed boiling from HCl. Powdery carbonate chernozem are confined to the heights of 900 m BS, formed under meadow-steppe vegetation on deluvial deposits. Their distinctive feature is the presence of a continuous carbonate horizon, rapidly boiling from HCl, located in the middle part of the soil profile. Chestnut powdery carbonate soils are confined to heights of 850 m BS, formed under steppe vegetation on deluvial deposits. They are characterized by the following morphological profile: Ader-A1-B-VSK-C. Humus-accumulative horizon of chestnut powdery carbonate soils has a capacity of up to 23 cm and is characterized by gray-brown color. Transitional eluvial horizon up to 85 cm brown-brown, then up to 95 cm lies carbonate horizon (carbonates are powdery powder). Soil-forming rock of red-dish-brown color. On a profile inclusions in the form of crushed stone and a stone of the different size to 20–40% from volume are observed. Gravelly low-power soils are confined to the highest marks of the studied territory (1010–1028 m). They are formed under steppe vegetation on eluvial deposits. For gravelly low-power soils characterized by significant skeletal and shortening of the soil profile. Permafrost meadow-forest soils are not widespread in the study area (small areas in the North and West), formed under birch forests with a well-developed shrub layer and grassy cover on deluvial deposits; confined to the slopes of the North-Eastern exposure with elevations of 900–940 m BS. The disturbed lands are in places completely mixed, in places interspersed with stony-gravelly material soil layers, located, in turn, in a diverse sequence. The district is widely developed technozema. Technozems are bulk mineral soils of overburden and host rock dumps of Sherlovogorsky tin-polymetallic Deposit, waste of the former Sherlovogorsky mining and processing plant, soil embankments and leveled soil sites created during the development of the Deposit.

The development of mineral deposits has an impact on the soil, expressed in the violation of the natural composition and density of natural soils, as well as in the formation of new soil formations – technozems.

Key words: soils, dry-steppe zone, ore region, disturbed lands, Transbaikalia.

References

- Abakumov E.V., Maksimova E.I., Lagoda A.V., Koptseva E.M. Soil formation in the quarries for limestone and clay production in the Ukhta region // *Eurasian Soil Science*. 2011. V. 44. № 4. pp. 380–385.
- Androkhov V.A. *Spetsifika i genezis pochvennogo pokrova tekhnogennykh landshaftov* [The specificity and the Genesis of the soil cover of man-made landscapes] // *Siberian Journal of Ecology*, 2005. № 5. pp. 795–800. In Russian
- Arinushkina E.V. *Rukovodstvo po himicheskemu analizu pochv* [Chemical Soil Analysis Guide]. Moscow: Izd-vo MGU, 1970. 487 p. In Russian
- Aristov V.V., Petrova M.G., Korolev B.N. *Struktura rudoproyavleniya i usloviya obrazovaniya Sherlovogorskogo granitnogo intruziva* [The structure of deposits and conditions of formation Sherlovogorskoe granite intrusion] // *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 1961. №6. pp. 41–53. In Russian
- Atlas Zabajkal'ya (Buryatskaya ASSR i Chitinskaya oblast')* [Atlas of Transbaikalia (Buryat Autonomous Soviet Socialist Republic and the Chita Region)] /ch.red. V.B. Sochava. Moscow–Irkutsk: Izd-vo GUGK, 1967. 176 p. In Russian
- Barabanov V.F. *Mineralogiya volframitovykh mestorozhdeniy Zabaykalya* [Mineralogy of wolframite deposits of Transbaikalia] Tom 2. Leningrad: Izd-vo Leningr. universiteta, 1975. 360 p. In Russian
- Bachurin B.A. *Ehkologo-geokhimicheskie aspekty zagryazneniya prirodnnykh geosistem v rayonakh nefte dobychi* [Ecological and geochemical aspects of pollution of natural geosystems in oil production areas] // *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, 2008. № 8. pp. 111–115 In Russian
- Bragina P.S., Gerasimova M.I. *Tekhnogennye poverkhnostnye obrazovaniya na otvalakh i khvostokhranilishchakh v Kemerovskoy oblasti: opyt klassifikatsii* [Technogenic surface formations on dumps and tailings dumps in Kemerovo region: classification experience] // *Dokuchayev Soil Bulletin*, 2017. V. 89. pp. 90–103. DOI 10.19047/0136-1694-2017-89-90-103. In Russian
- Volkovintser V.I. *Stepnye krioaridnye pochvy* [Steppe cryoarid soils]. Novosibirsk: Nauka, 1978. 208 p. In Russian
- Gayvoronskiy B.A. *Sherlovogorskoe mestorozhdenie* [Sherlovogorsky deposit] // *Mestorozhdeniya Zabaykalya v 2 kn.*; ed. red. akademik RAN N.P. Laverov. Chita – Moscow, 1995. V.1, kn. 1. pp. 130–133. In Russian
- Gaskova O.L., Bortnikova S.B., Kabannik V.G., Novikova S.P. Features of soil pollution in the area of tailings waste pyrometallurgical extraction of zinc at the Belovsky zinc plant // *Chemistry for Sustainable Development*, 2012. № 20. pp. 419–429.
- Dymov A.A., Kaverin D.A., Gabov D.N. Properties of soils and soil-like bodies of Vorkuta // *Eurasian Soil Science*, 2013. № 2. pp. 217–224. DOI: 10.1134/S1064229313020038
- Ishigenov I.A. *Agrokhimicheskaya kharakteristika pochv Buryatii* [Agrochemical characteristics of soils of Buryatia]. Ulan-Udeh: Buryat. kn. izd-vo, 1972. 211 p. In Russian
- Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR* [Classification and diagnostics of soils of the USSR]. Moscow: Kolos, 1977. 224 p. In Russian
- Kostenkov N.M., Komachkova I.V., Purtova L.N. Soils of technogenic landscapes in the Far East: The Luchegorsk and Pavlovsk coal strip mines // *Eurasian Soil Science*. 2013. T. 46. № 11. pp. 1049–1058. DOI: 10.1134/S1064229313110057
- Merkusheva M.G., Ubugunov L.L., Korsunov V.M. *Bioproduktivnost' pochv senokosov i pastbishch sukhostepnoy zony Zabaykal'ya* [Bioproductivity of soils hayfields and pastures of dry steppe zone of Transbaikalia]. Ulan-Udeh: Izd-vo BNTS SO RAN, 2006. 515 p. In Russian
- Nogina N.A. *Pochvy Zabaykal'ya* [Soils Of Transbaikalia]. Moscow: Nauka, 1964. 314 p. In Russian
- Ontoev O.D. *Stadiynost' mineralizatsii i zonal'nost' mestorozhdeniy Zabaykal'ya* [Stages of mineralization and zonation of deposits of Transbaikalia]. Moscow : Nauka, 1974. 224 p. In Russian
- Opekunova M.G., Somov V.V., Papyan E.E. Soil contamination in the impact zone of mining enterprises in the Bashkir Transural region // *Eurasian Soil Science*. 2017. T. 50. № 6. pp. 732–745. DOI: 10.1134/S1064229317060084
- Praktikum po pochvovedeniyu* [Workshop on soil science] (red. Kaurichev I.S.). Moscow: Kolos, 1980. 273 p. In Russian
- Priroda mira (seriya): Pochva* [Nature of the world (series): Soil] / E.V. Lobova, A.V. Khabarov. Moscow: Mysl', 1983. 303 p. In Russian
- Rikhvanov L.P. i dr. *Biogeokhimicheskiy monitoring v rayonakh khvostokhranilishch gornodobyvayushchikh predpriyatiy s uchetom mikrobiologicheskikh faktorov transformatsii mineral'nykh komponentov* [Biogeochemical monitoring in the areas of tailings dumps of mining enterprises taking into account microbiological factors of transformation of mineral components]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2017. 437 p. In Russian
- Solodukhina M.A., Yurgenson G.A. *Mysh' yak v landshaftakh Sherlovogorskogo rudnogo rayona (Vostochnoe Zabaykal'e)* [Arsenic in landscapes Sherlovogorskoe ore district (Eastern Transbaikalia)]. Chita: ZabGU, 2018. 176 p. In Russian
- Tipy mestnosti i prirodnoe rayonirovanie Chitinskoy oblasti* [Types of terrain and natural zoning of the Chita region]. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1961. 158 p. In Russian
- Ubugunov L.L., Lavrent'eva I.N., Ubugunova V.I. *Raznoobrazie pochv Ivolginskoy kotloviny: ehkologo-agrokhimicheskie aspekty* [The diversity of the soils of the Ivolginsk depression: ecological-agrochemical aspects]. Ulan-Udeh: BGSKHA, 2000. 208 p. In Russian
- Tsybzhitov Ts.Kh., Tsybikdorzhiev Ts.Ts., Tsybzhitov A.Ts. *Pochvy basseyna ozera Baykal. T.1. Genezis, geografiya i klassifikatsiya kashtanovykh pochv* [The soils of the lake Baikal basin. Vol. Genesis, geography and classification of chestnut soils]. Novosibirsk: Nauka, 1999. 128 p. In Russian
- Bortnikova S.B., Yurkevich N.V., Abrosimova N.A., Devyatova A.Yu., Makas A.L., Troshkov M.L., Edelev A.V. Assessment of emissions of trace elements and sulfur gases from sulfide tailings // *Journal of Geochemical Exploration*, 2018. № 186. pp. 256–269. DOI: 10.1016/j.gexplo.2017.12.008
- Uzarowicz L., Skiba S. Technogenic soils developed on mine spoils containing iron sulphides: Mineral transformations as an indicator of pedogenesis // *Geoderma*, 2011. V.163. Iss. 1–2. pp. 95–108. DOI: 10.1016/j.geoderma.2011.04.008

Authors:

Solodukhina Maria Anatolievna, Cand. Sci. (Geography), Researcher, Laboratory of Geochemistry and Ore Genesis, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, Russia. E-mail: mabn@ya.ru

Doroshkevich Svetlana Gennadiyevna, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Laboratory of hydrogeology and geoecology Geological Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, Russia. E-mail: sv-dorosh@mail.ru

ГИДРОЛОГИЯ

УДК 911.2:556.5

ПРОГНОЗ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА РЕКИ МАРМАРИК И ОЦЕНКА ЕГО РЕАКЦИИ НА ГЛОБАЛЬНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА (АРМЕНИЯ)

В.Г. Маргарян

Ереванский государственный университет, Ереван, Армения



В работе рассматриваются особенности формирования максимальных расходов р. Мармарик, оценены закономерности многолетних колебаний максимальных расходов в разных речных створах в контексте глобального изменения климата, сделан сравнительный анализ, дан прогноз максимального расхода для замыкающего речного створа. В качестве исходного материала использованы фактические данные наблюдений Армгидромета. Проанализированы и использованы литературные источники, применены математико-статистический, географический, а также методы сравнения и анализа.

Ключевые слова: максимальный расход, многолетние колебания, прогноз, многофакторная корреляционная связь, река Мармарик.

Введение и постановка проблемы

Река Мармарик (рис. 1) является основным и самым многоводным притоком р. Раздан. Длина реки – 37 км, площадь водосборного бассейна – 427 км²,

средняя высота бассейна – 2 300 м, отметка истока – 2 520 м, устья – 1 699 м. Средний уклон речного бассейна – 22 ‰. Основные притоки р. Мармарик – Мисхана, Еркаргет, Улашик, Шумлар, Артаваз, Кабахлу, Гомур.



Рис. 1. Местоположение речного бассейна Мармарик на территории Республики Армения

Fig. 1. Location of the Marmarik river basin in the territory of Republic Armenia

Питание реки снегодождевое (74,8%) и подземное (25,2%) [Гидрография Армянской ССР, 1981], полово-

дье наблюдается весной и в начале лета, во время которого по реке проходит 65–80% годового стока.

Воды реки используются для орошения и водоснабжения промышленных предприятий. Речная долина имеет большие рекреационные возможности – здесь действует комплекс летних домов отдыха. В долине р. Мармарик находится месторождение минеральной воды «Анкаван».

Принимая во внимание роль и значение р. Мармарик, в работе была поставлена цель – исследовать, оценить и спрогнозировать ее максимальный сток при глобальном потеплении климата.

Для достижения цели в работе были поставлены и решены следующие задачи:

- исследовать основные физико-географические факторы, обуславливающие максимальный сток;
- собрать, обработать и оценить гидрологические и метеорологические элементы речного бассейна;
- выяснить особенности пространственно-временного распределения максимальных расходов рек речного бассейна;
- проанализировать особенности максимального стока рек бассейна;
- спрогнозировать максимальный сток при глобальном потеплении климата.

Разные отрасли хозяйства, и в первую очередь гидроэнергетика и сельское хозяйство, нуждаются в заблаговременных прогнозах водного режима, в том числе величин максимального стока, а также стока в период весенних половодий.

Методика исследования и фактический материал

Для решения этой задачи собраны, уточнены и проанализированы результаты фактических наблюдений, которые хранятся в фонде данных Службы по гидрометеорологии и активному воздействию на атмосферные явления МЧС Республики Армения. В процессе исследования использованы соответствующие литературные источники [Наставление... 1962; Аполлов и др., 1974; Попов, 1979; Георгиевский и Шаночкин, 2007; Гидрография... 1981].

С целью решения данной задачи были выполнены следующие работы:

1. Собраны и обработаны величины максимального стока и сроки их прохождения на гидрометрических наблюдательных постах Анкаван и Агавнадзор на р. Мармарик и на посту Меградзор на р. Гомур.

2. Собраны и проанализированы данные наблюдений температуры воздуха и осадков метеорологических станций Анкаван, Раздан и Апаран.

3. Разработана методика прогнозирования максимального стока.

Проанализированы изменения величин максимального стока в условиях современных изменений климата.

В процессе исследования проанализированы и использованы соответствующие литературные источники [Наставление... 1962; Аполлов, Калинин, Комаров, 1974; Попов, 1979; Гидрография... 1981; Гареев, Зайцев, 2016; Георгиевский, Шаночкин, 2007; Сафина, Голосов, 2018]. В качестве исходного материала в работе использованы результаты фактических наблюдений «Службы по гидрометеорологии и активному воздействию на атмосферные явления МЧС Республики Армения».

В бассейне р. Мармарик гидрологические и метеорологические исследования проводились начиная с 30-х гг. XX в. (табл. 1, 2), результаты которых в виде книжек наблюдений и рабочих таблиц хранятся в основном гидрометеорологическом фонде Армгидромета.

В бассейне р. Мармарик метеорологические наблюдения проводились начиная с ноября 1934 г. Однако необходимо отметить, что бассейн р. Мармарик с точки зрения метеорологических наблюдений является одной из плохо освоенных территорий. Здесь в разные годы действовали одна метеорологическая станция (Анкаван) и два наблюдательных поста (Агавнадзор и Меградзор). В настоящее время (2019 г.) в речном бассейне не действует ни одна метеорологическая станция. Единственная метеостанция Анкаван, расположенная на высоте 1957 м, в 2018 г. закрылась.

Таблица 1

Метеорологические станции и наблюдательные посты в бассейне р. Мармарик

Table 1

Meteorological stations of Marmarik River basin

Название	Географическая широта, φ^0	Географическая долгота, λ^0	Абсолютная высота, м	Станция, время работы	Наблюдательный пост, время работы
Анкаван	40°38'	44°29'	1 957	1934–1940 1957–04/1987 1998–02/2002 08/2002–01/2018	1941–1957 1988–199, 02/2002–08/2002
Меградзор	40°37'	44°40'	1 729		1953–1956, 1979–1997
Агавнадзор	40°34'	44°42'	1 739		1914; 1953–1997

Таблица 2

Основные гидрометрические и гидрологические характеристики бассейна р. Мармарик

Table 2

Main hydrometric and hydrological characteristics of the Marmarik River basin

Река – пост	Расстояние от устья, км	Водосбор		Период наблюдений, годы	Многолетние величины стока				
		Площадь, км ²	Средняя высота, м		средний годовой, м ³ /с	модуль, л/с км ²	слой стока, мм	максимальный, м ³ /с	минимальный, м ³ /с
Мармарик – Анкаван	30,0	93,5	2430	1956–2017	1,67	17,9	563	33,4	0,12
Мармарик – Артаваз	–	167	2420	1958–1960	2,76	16,5	521	29,8	0,34
	3,6	395		1936–1940,					
Мармарик – Агавнадзор	7,7	387	2350	1942–991,	4,79	12,1	382	86,7	0,14
	8,0	375		2000–2017					
Шумлар – Каракала	–	2,10	2260	1958–1960	0,016	7,62	240	0,28	0,00
Корогли – Артаваз	–	8,50	2470	1958–1960	0,12	14,1	445	1,67	0,00
Улашик – Артаваз	0,5	39,4	2560	1970–1988	0,80	20,3	640	12,2	0,050
	1,8	97,0		1936–1956,					
Гомур – Меградзор	2,9	101	2430	1958–1994,	1,52	15,7	494	50,6	0,010
	2,6	101		2000–2017					
Тежгет – в 4,7 км от устья	–	11,5	2740	1958	–	–	–	–	–
Без названия – близ устья	–	7,00	2720	1958	–	–	–	–	–

Метеорологическая станция Анкаван некоторое время имела статус наблюдательного поста (т.е. там проводились наблюдения только за осадками и снежным покровом), затем она снова выполняла роль метеорологической станции, следовательно, непрерывность ряда наблюдений здесь нарушена. Поэтому нами использованы данные наблюдений соседних метеорологических станций – Раздан и Апаран.

В период 1930–2019 гг. в бассейне р. Мармарик в общей сложности действовали 9 гидрометрических наблюдательных постов, из которых только один – до 1958 г., три – 3 года (1958–1960 гг.). Сравнительно длинный ряд наблюдений имеют 4 гидрометрических наблюдательных поста (р. Мармарик – п. Анкаван, р. Мармарик – п. Агавнадзор, р. Улашик – п. Артаваз, р. Гомур – п. Меградзор), а с 1 июня 1988 г. не действует также пост Артаваз на р. Улашик. В настоящее время (2019 г.) в бассейне действуют только 3 наблюдательных поста, данные которых и были использованы в исследованиях прогноза максимального стока.

Для исследования, анализа и оценки закономерностей пространственно-временных изменений максимального стока нами использована математико-статистическая модель, которая посредством корреляционных связей между отдельными элементами водных ресурсов и обуславливающими их метеорологическими элементами дает возможность оценить и прогнозировать водные ресурсы.

После исследования, анализа и оценки физико-географических условий бассейна, имеющихся литературных источников и исходных материалов нами получены зависимости прогноза, некоторые из них можно применить при составлении оперативных прогнозов.

Результаты и обсуждение

Известно, что именно физико-географические условия определяют возникновение стока и его изменение во времени, особенности формирования и этапы водного режима. В формировании максимального стока горных рек, каковой является р. Мармарик, основная роль принадлежит талым и дождевым водам, а также влияют также такие факторы, как геологическое и гидрогеологическое строение, морфометрические и морфологические элементы рельефа, средняя высота водосборного бассейна реки, запас воды в снеге, интенсивность снеготаяния, выпадения жидких осадков и инфильтрация, продолжительность осадков и их неравномерное распределение в пределах бассейна и во времени, испарение, озерность бассейна, почвенно-растительный покров и др. [Ресурсы... 1973; Шагинян, 1981].

Рельеф бассейна типично горный, сильно расчленен долинами, оврагами и водотоками. С орографической точки зрения бассейн р. Мармарик находится в области Северо-Восточных складчато-глыбовых гор [Физическая... 1971].

Гидрогеологические условия бассейна р. Мармарик неблагоприятны для инфильтрации поверхностных вод, и в нем нет большого накопления подземных вод. Воды атмосферных осадков с огромной скоростью стекают по имеющим значительный уклон горным склонам: здесь коэффициент стока намного больше, чем в вулканических областях.

Климат бассейна р. Мармарик континентальный – с холодными зимами и умеренно-теплым летом. Орографические особенности сильно влияют на распределение метеорологических элементов, а следовательно, и на формирование речного стока.

Важными метеорологическими элементами формирования максимального стока являются температура воздуха и атмосферные осадки, величины которых и были использованы в работе. Температура воздуха – одна из важнейших характеристик климата, а значит и стокообразования любой местности. Велико ее влияние на гидрографические процессы и в частности на испарение, формирование стока, циркуляцию влаги, формирование ледовых явлений. Повышение температуры приводит к увеличению испарения и уменьшению стока. Средняя годовая температура на метеорологической станции Анкаван составляла $4,02^{\circ}\text{C}$ (1934–2015 гг.), самые жаркие месяцы – июль и август ($14,6^{\circ}\text{C}$), самый холодный месяц – январь ($-7,41^{\circ}\text{C}$).

С точки зрения формирования речного стока очень важна характеристика изменения температуры воздуха с высотой местности, так как от этого зависят характер и общее количество осадков, а следовательно, величина того или иного источника питания реки. Вертикальный градиент температуры в бассейне составляет $0,61^{\circ}\text{C}$ на каждые 100 м.

Важным элементом, обуславливающим формирование стока, являются также показатели теплообеспеченности: переход температуры воздуха через 0°C (весной и осенью), сумма и продолжительность температур выше 0°C , которые характеризуют период накопления и таяния снега. На метеорологической станции Анкаван сумма температур ниже -5 и 0°C составляет -659 и -796°C ; сумма температур выше 0 , 5 , 10 и 15°C составляет соответственно $2\,126$, $1\,997$, $1\,450$, 302°C . Важным фактором являются также сроки начала, конца заморозков и продолжительность безморозного периода. Весной первые заморозки наблюдались в среднем 12 мая, а осенью – 19 августа, продолжительность безморозного периода в среднем составляет 98 дней.

В условиях сложного горного рельефа различия теплового потока на разных высотах и экспозициях горных склонов приводят к неравномерному и неодновременному таянию снежного покрова на разных высотах, что, в свою очередь, влияет на величину и срок прохождения максимального стока.

В процессе формирования максимального стока среди климатических факторов особенно велика роль атмосферных осадков. Годовое количество осадков в исследуемом бассейне составляет 782 мм. Максимальная часть осадков выпадает во второй половине весны и в первой половине лета (в среднем 30–50% годового количества), а минимальная – во второй половине лета и зимой. В апреле–июне количество осадков в среднем составляет 294 мм. Некоторое увеличение наблюдается также в октябре–ноябре, однако их влияние на формирование стока не существенно. Летом (июль–август) количество осадков уменьшается, и они составляют 5–20% годового количества. Зимой (декабрь–февраль) количество осадков также невелико (многолетнее среднее – 146 мм), и они составляют 10–30% годового количества.

Несмотря на то что количество выпавших в течение года жидких осадков превышает количество выпавших зимой твердых осадков, тем не менее, их роль в процессе стокообразования сравнительно мала, так как значительная часть жидких осадков расходуется на испарение и инфильтрацию.

В формировании максимального стока велика роль осадков, выпавших в виде снега: запас воды в снеге, накопленном в речном бассейне перед весенним половодьем, а также таяние снега весной обуславливают величину и срок прохождения максимального стока.

В холодное время года осадки в речном бассейне выпадают в виде снега, который образует устойчивый снежный покров: период снегонакопления – 130–140 дней. Распределение снега подчиняется высотной поясности и влиянию разных физико-географических факторов. Запасов снега на правом берегу больше, чем на левобережье, что обусловлено залесенностью правого берега. Основная зона снегонакопления находится на высотах 2 000–2 600 м. Мощность снежного покрова колеблется в пределах 15–130 см. Содержание воды в слое снега является важным показателем и в определенной степени влияет на величину стока половодья и влажность почвы. В течение зимы оно увеличивается параллельно увеличению высоты снежного покрова, достигая максимума в конце февраля или в середине марта.

В бассейне р. Мармарик снег выпадает с ноября. По данным наблюдений станции Анкаван, средняя дата начала выпадения снега – конец ноября или первая декада декабря. Самая ранняя дата была 12 октября, самая поздняя – 10 декабря. Выпадение осадков в виде снега наблюдается до конца марта, а в отдельные годы – и до апреля.

Средняя величина температуры заметного снеготаяния, определенная по величине среднесуточной температуры воздуха станции Раздан, с учетом притока воды в русло р. Мармарик, составляет $2,5\text{--}3,0^{\circ}\text{C}$. Сне-

готаяние обычно наблюдается в конце марта – начале апреля и продолжается до первой декады июня.

Большое влияние на формирование максимального стока имеют также наблюдавшиеся в холодный период оттепели, которые очень редки и наблюдаются в нижней части бассейна. В этом случае происходит потеря стока, что связано с потерей запаса воды в снеге, в то время как в верхней части наблюдается уплотнение снежного покрова. Особенно часто оттепели бывают в марте и приводят к существенным изменениям стока.

Велика также роль степени увлажненности почвы бассейна предыдущего периода, что характеризует свойство просачиваемости талых вод в почву.

Большие колебания высот и расчлененность рельефа обуславливают многообразие природы и вертикальную поясность ландшафтов. Здесь хорошо выражены четыре вертикальных пояса: горные степи, горные леса, субальпийские и альпийские луга [Физическая... 1971], которые оказывают влияние на формирование стока и его внутригодовое распределение.

Около 12% территории речного бассейна (50 км²) покрыты лесом. Леса имеют почвозащитное, водозащитное, санаторное значение.

Отмеченные физико-географические факторы обуславливают особенности формирования максимального стока рек бассейна и его пространственного распределения.

Таблица 3

Основные характеристики максимальных расходов воды

Table 3

Main characteristics of maximum water flow

Река – пост	Максимальный расход				Сроки прохождения максимального расхода		Средний максимальный расход, м³/с
	Абсолютная максимальная величина		Абсолютная минимальная величина				
	м³/с	Сроки прохождения	м³/с	Сроки прохождения	самые ранние	самые поздние	
Мармарик – Анкаван	33,4	11.05.2007	5,08	09.05.2014	08.04.2001	28.07.1982	15,7
Мармарик – Агавнадзор	86,7	18.04.1968 03.05.1987	9,85	25.08.2014	06.03.2004	01.09.2014	39,1
Улашик – Артаваз	12,2	05.06.1977	2,53	07.06.1979	14.04.1970	04.08.1982	6,83
Гомур – Меградзор	50,6	01.05.1976	2,40	01.05.2000	24.03.2008	28.06.1953	14,9

Годовой сток бассейна р. Мармарик характеризуется одним ярко выраженным весенним (апрель–июнь) максимумом. Во время весенних половодий в реках бассейна проходит 65–80% годового стока, когда часто наблюдается максимальный расход воды реки.

Максимальный расход воды формируется с участием трех основных компонентов стока – талого, дождевого и подземного. Талый компонент, как правило, преобладает над другими. Максимальные расходы воды обычно формируются в конце апреля – начале мая, но особенно в первой половине мая (см. табл. 3). Ранние наблюдаемые максимальные расходы формируются под влиянием снегового фактора, поздние наблюдаемые максимальные расходы – под влиянием дождей. Максимальные расходы, наблюдаемые с середины апреля – начала мая, обычно формируются под влиянием одновременного воздействия снегового и дождевого факторов, и характеризуются большими величинами.

Между величинами максимального расхода и сроками его прохождения заметны довольно боль-

шие различия, что объясняется неодновременным таянием снега, а также различиями климатических условий.

В речном бассейне наблюдается тенденция уменьшения максимального стока (рис. 2), что обусловлено ростом температуры воздуха. Подобная ситуация имела место в результате наших прошлых исследований [Маргарян, 2011, 2014; Маргарян, Варданян, 2011; Margaryan, 2012, 2018; Vardanian, 2017]. Это явление свойственно также некоторым другим рекам Республики Армения.

Нами была сделана попытка дать прогноз максимального стока. В практике прогнозов в связи с использованием компьютерных программ широкое распространение получают многофакторные регрессионные связи между стоком и обуславливающими его факторами, которые дают довольно-таки хороший результат, так как одновременно обсуждается влияние разных факторов (предикторы) на прогнозируемый элемент (предиктант). Часто эта связь принимает вид линейной функции:

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + b, \quad (1)$$

где y – прогнозируемая величина, b – свободный член, $x_1, x_2, \dots, x_n$ – аргументы. Именно этот метод применен в данной работе для прогнозирования максимальных расходов.

Для определения максимальных расходов наблюдательных постов Анкаван и Меградзор были использованы осадки зимнего периода, сумма положительных температур, жидкие осадки, объем стока периода половодья, однако достоверные зависимости не были получены. Эти зависимости можно применить для консультаций.

Для определения максимального стока в створе Агавнадзор р. Мармарик получено следующее уравнение:

$$Q_{\max} = 0,11 \sum X_{XI-III} - 3,14 \bar{t}_{IV} + 0,54 W_{IV} + 9,80, \quad (2)$$

где $\sum X_{XI-III}$ – сумма осадков с ноября по март метеорологической станции Анкаван (мм), $\bar{t}_{IV}$ – средняя величина температуры воздуха апреля станции Раздан ($^{\circ}\text{C}$), W_{IV} – объем стока апреля наблюдательного пункта Агавнадзор (млн м^3). Заблаговременность прогноза по формуле (1) – один-два месяца.

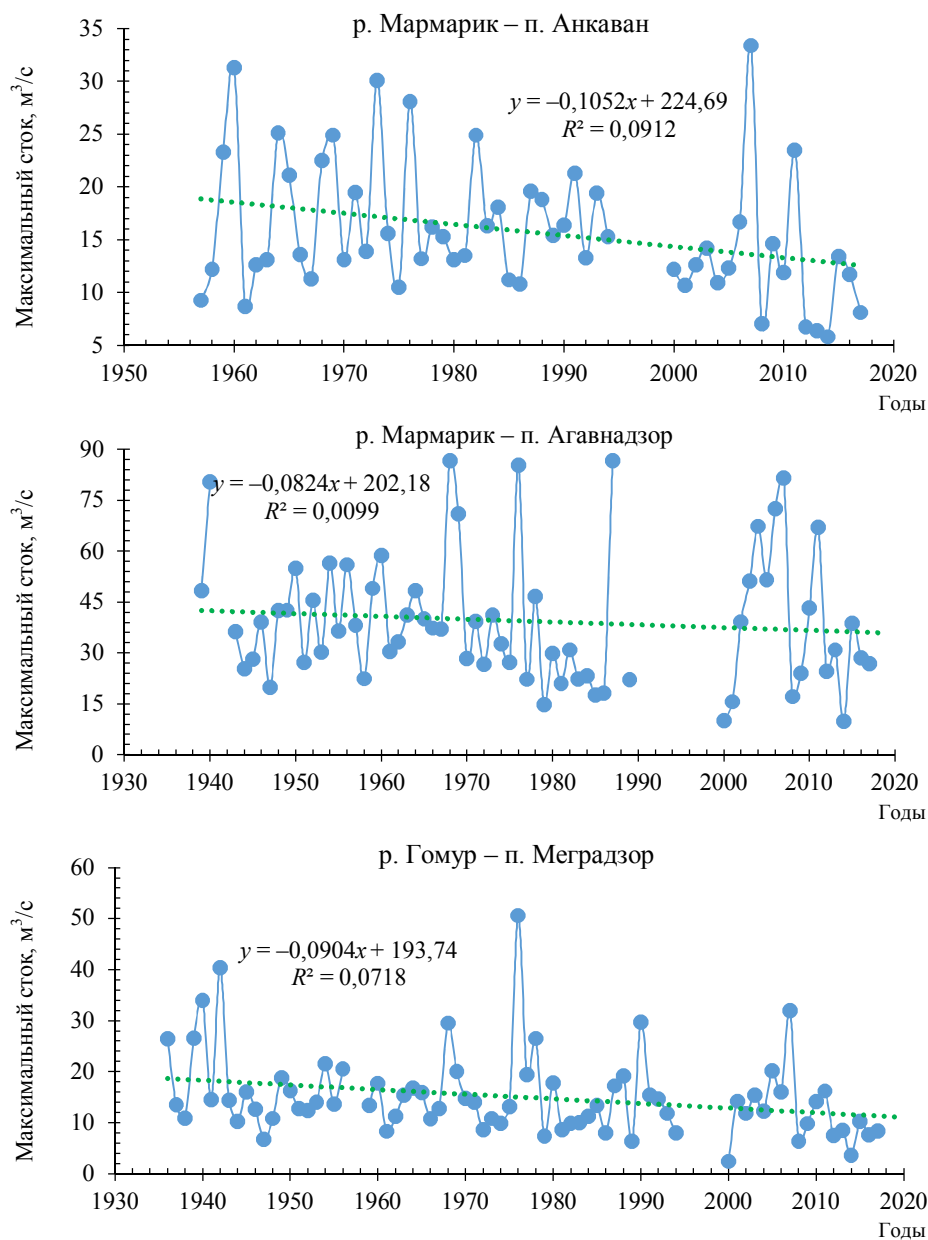


Рис. 2. Годовые изменения максимального стока

Fig. 2. Annual changes in maximum flow

Чем меньше соотношение $\bar{S}/\bar{\sigma}$, тем выше точность регрессионных связей. В соответствии с «Наставлением по службе прогнозов» [Наставление... 1962] уравнение (2) приемлемо для составления оперативных прогнозов (табл. 4). Однако из табл. 1 видно, что ряд данных по осадкам метеорологической станции Анкаван нарушен и поэтому он восстановлен при использовании данных осадков станции Апаран за 1936–2015 гг. (рис. 3).

Между данными осадков двух метеорологических станций получена удовлетворительная корреляционная связь $R = 0,82$, которая использована для восстановления прерванного ряда осадков Анкавана.

С помощью полученного уравнения (2) составлены контрольные прогнозы и на рис. 4 представлены сопоставления фактической и рассчитанной значений величины максимального стока. Видно, что высокие значения максимального стока по уравнению регрессии (2) систематически занижаются, а низкие – завышаются.

Для оценки воздействия изменения климата на максимальный сток использованы математико-статистическая или регрессионная модели, которые описывают линейные связи между элементами стока и климатическими факторами (температура воздуха и атмосферные осадки). Чтобы определить предварительное или климатическое базисное состояние, с ко-

торым надо сравнить будущие прогнозы, необходимо иметь длинный ряд данных, включающими циклы колебаний климата и характеризующими современные климатические условия. Для оценки или прогноза воздействия изменения климата необходимо количественное представление о климатических изменениях, которые будут иметь место в будущем, однако для прогнозирования будущего климата пока нет надежных методов. Вместо них выбирается так называемый ряд климатических сценариев будущего климата.

Согласно данным модели CCSM4, сценариям выбросов RCP8.5 (эквивалентно сценарию SRES A2) и RCP6.0 (эквивалентно сценарию SRES B2) для Армении разработаны будущие изменения температуры воздуха и количества осадков до 2100 г. [Armenia's... 2015]. В табл. 5 представлены прогнозируемые изменения средней температуры воздуха и количества осадков на территории Армении за весенний период по сравнению со средним за 1961–1990 гг.

С нашей стороны это стало основой для оценки реакции максимального стока р. Мармарик по отношению к ожидаемым изменениям климата. Отметим, что согласно модели CCSM4 результаты будущего изменения климата в целом соответствуют ранее полученным результатам по региональной модели PRECIS. Однако результаты модели CCSM4 более удачны для температуры, чем для осадков.

Таблица 4

Показатели качества методики

Table 4

Technique quality indicators

$\bar{S}/\bar{\sigma}$	R	δ	Тип методики
0,59	0,81	12,7	удовлетворительный

Примечание: $\bar{S}$ – средняя квадратическая ошибка проверочных прогнозов, $\bar{\sigma}$ – среднее квадратическое отклонение от нормы прогнозируемой величины, δ – допустимая ошибка, R – коэффициент множественной линейной корреляции.

Note: $\bar{S}$ – the root-mean-square error of the verification forecasts, $\bar{\sigma}$ – the root-mean-square deviation from the norm of the predicted value, δ – the allowable error, R – the multiple linear correlation coefficient.

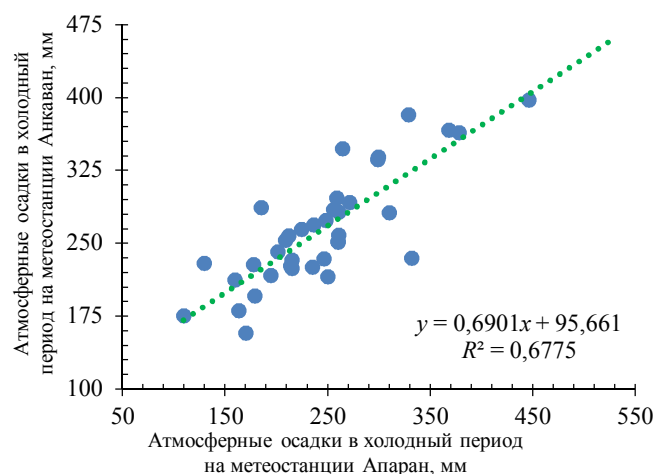


Рис. 3. Корреляционная связь величин сумм атмосферных осадков с ноября по март между метеостанциями Анкаван и Апаран

Fig. 3. Correlation between the values of precipitation from November to March between meteostations Ankavan and Aparan

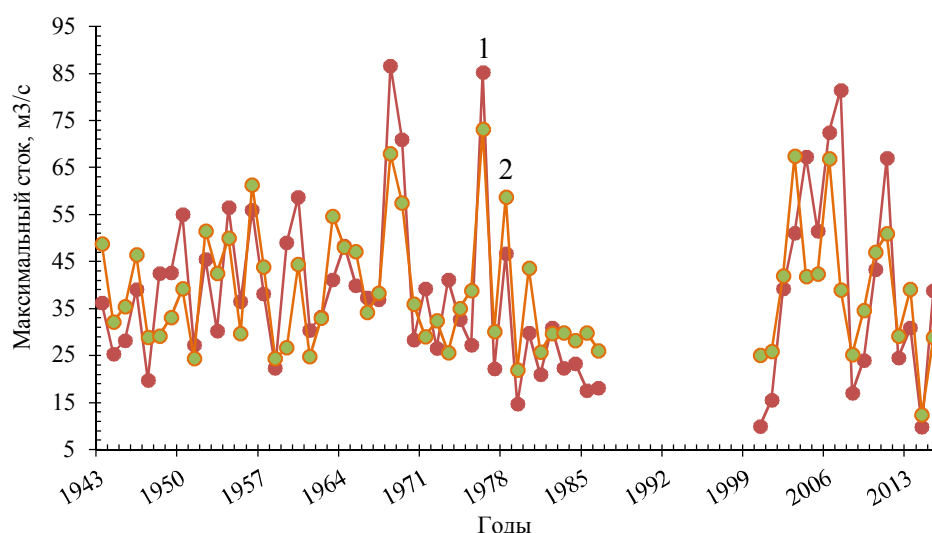


Рис. 4. Сопоставление величин фактического (1) и расчетного (2) максимального стока
р. Мармарик – п. Агавнадзор

Fig. 4. Comparison of the actual (1) and estimated (2) maximum runoffs
Marmarik River at Aghavnadzor

Таблица 5

Прогнозируемое изменение средней температуры воздуха и суммы атмосферных осадков на территории Армении
за весенний период по отношению к среднему за 1961–1990 гг.

Table 5

The predicted change in average air temperature and the amount of precipitation in the territory
of Armenia for the spring period in relation to the average for 1961–1990

Сценарий	2011–2040 гг.	2041–2070 гг.	2071–2100 гг.
Средняя температура воздуха, °C			
RCP, 6.0	1,3	2,4	2,7
RCP, 8.5	1,4	2,7	3,9
Атмосферные осадки, %			
RCP, 6.0	1,2	4,2	2,6
RCP, 8.5	4,2	–8,0	2,4

Таблица 6

Прогнозируемые изменения максимального стока р. Мармарик

Table 6

Predicted changes in the maximum runoff of the Marmarik River

Река – пост	Сценарий	Изменение стока							
		1961–1990 гг.		2040 г.		2070 г.		2100 г.	
		м³/с	%	м³/с	%	м³/с	%	м³/с	%
Мармарик – Агавнадзор	RCP, 6.0	86,7	0	32,9	62	27,3	68	25,2	71
	RCP, 8.5	86,7	0	33,1	62	22,3	74	18,2	79

Для оценки реакции стока сначала были установлены связи между стоком и климатическими факторами (температура воздуха и атмосферные осадки за период с марта по май), после чего на основе фактических данных произведена оценка изменений стока (см. табл. 6). Из табл. 6 видно, что в межгодовой изменчивости максимального речного стока четко

проявляется тенденция к снижению, что, скорее всего, обусловлено ростом температуры воздуха. Подобная ситуация свойственна также некоторым другим рекам на территории СНГ.

При разных сценариях во всех случаях в створе Агавнадзор р. Мармарик наблюдается разная степень изменений максимального стока. Причем ми-

нимальные изменения наблюдаются при первом сценарии, максимальные – при втором сценарии. Изменения средних значений экстремального стока по сравнению со средним за 1961–1990 гг. состав-

ляют от –5,01 до –33,5 и от –4,81 до –52,0%. На рис. 5 представлены изменения в речном стоке (%) бассейна р. Мармарик для 2100 г. согласно сценарию IPCC A2.

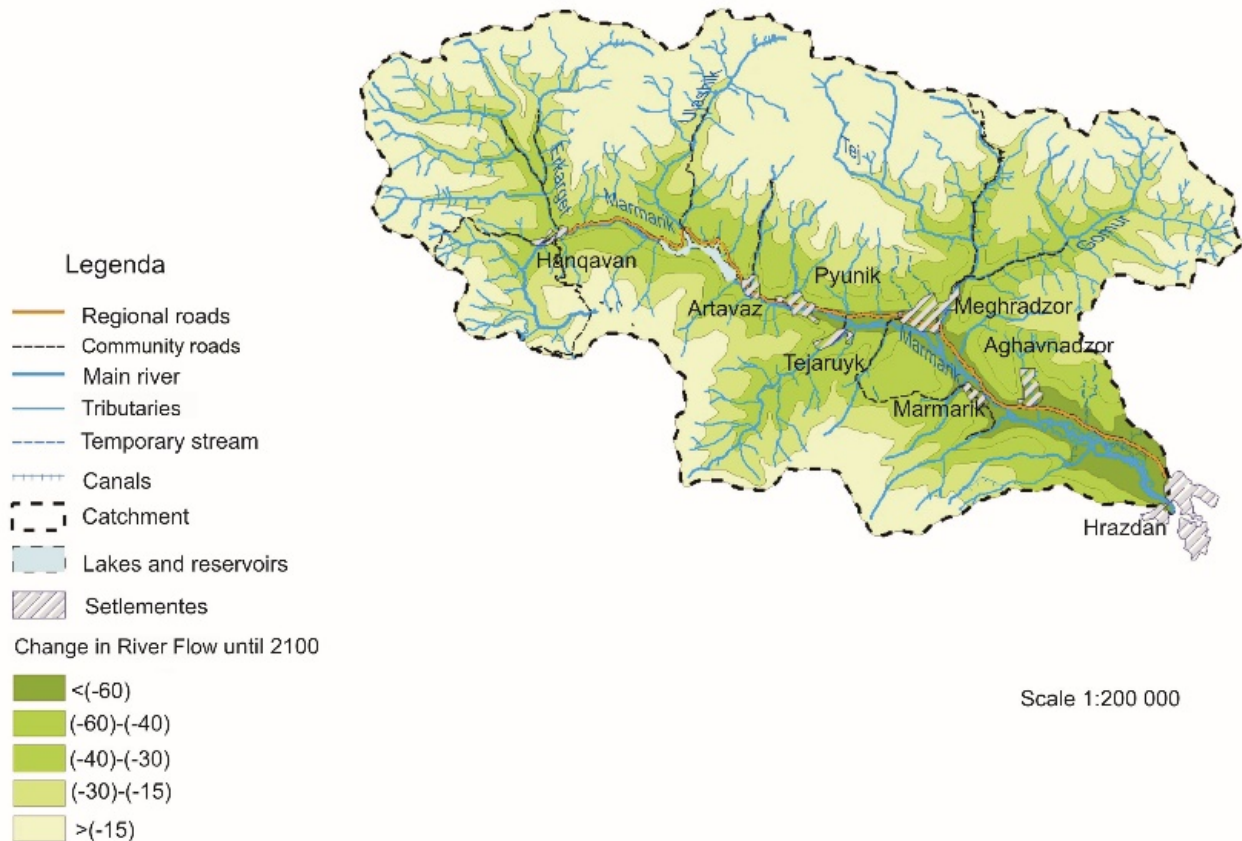


Рис. 5. Изменения в речном стоке (%) бассейна р. Мармарик для 2100 г. согласно сценарию IPCC A2 [Complex Assessment... 2009]

Fig. 5. Changes in actual river flow in Marmarik River basin for 2100, in per cents, according to IPCC A2 scenario [Complex Assessment... 2009]

Закключение

Таким образом, максимальный сток р. Мармарик преимущественно зависит от запаса снега, накопленного в бассейне за холодный период года, который, однако, нами не использовался по той причине, что после 1990-х гг. не производилась маршрутная снегосъемка. Вместо этого использовался косвенный показатель – сумма осадков за зимний период (XI–III). На формирование максимального стока влияет также величина средней температуры воздуха апреля, от хода которой зависит характер снеготаяния.

В речном бассейне наблюдается тенденция уменьшения максимального стока, что является результатом изменения климата, особенно роста температуры воздуха.

Полученную тесную многофакторную корреляционную связь между величинами максимального стока и метеорологических элементов можно применить для составления оперативного прогноза, который выпускается ежегодно 24–25 марта.

При разных сценариях наблюдается разная степень изменений максимального стока. Причем минимальные изменения наблюдаются при первом сценарии, максимальные – при втором сценарии.

ЛИТЕРАТУРА

- Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. Л. : Гидрометеиздат, 1974. 422 с.
 Георгиевский Ю.М., Шаночкин С.В. Гидрологические прогнозы : учеб. СПб. : Изд. РГГМУ, 2007. 436 с.

Гидрография Армянской ССР. Ереван : Изд-во АН Арм. ССР, 1981. 177 с. На армян. яз.

Маргарян В.Г. Методика долгосрочного прогнозирования вегетационного и годового стока водомерного поста Анкаван реки Мармарик // Научная конференция по современным проблемам географии и геологии : сб. науч. тр. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения проф. П.С. Бошнагяна. Ереван : Изд-во ЕГУ, 2011. С. 95–103. На армян. яз.

Маргарян В.Г. Особенности формирования и внутригодового распределения стока реки Мармарик // Научная конференция по современным проблемам геологии, географии и экологии : сб. науч. тр. конф., посвящ. 70-летию со дня рождения доцента Э.Х. Харазяна. Ереван : Тигран Мец, 2014. С. 226–240. На армян. яз.

Маргарян В.Г., Варданян Т.Г. Закономерности пространственно-временного распределения стока весенних половодий реки Мармарик // Ученые записки Ереванского государственного университета. Геология и география. 2011. № 1. С. 30–39. На армян. яз.

Наставление по службе прогнозов Разд. 3. Служба гидрологических прогнозов. Ч. 1: Прогнозы режима вод суши. Л. : Гидрометеиздат, 1962. 192 с.

Попов Е.Г. Гидрологические прогнозы. Л. : Гидрометеиздат, 1979. 256 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 9, вып. 2: Бассейн р. Аракса / под ред. А.П. Муранова. М. : Гидрометеиздат, 1973. 471 с.

Физическая география Армянской ССР. Ереван : Изд-во АН Арм. ССР, 1971. 470 с. На армянском яз.

Шагинян М.В. Основные закономерности формирования элементов стока рек Армянской ССР и методика их прогнозирования. Л. : Гидрометеиздат, 1981. 176 с.

Armenia's Third National Communication on Climate Change. Ministry of Nature Protection of the Republic of Armenia. Yerevan : Lusabats, 2015. 165 p.

Complex Assessment of Climate Change Impacts on Water Resources of Marmarik River Basin of Armenia Prepared in the frame of the "Enabling Activities for the Preparation of Armenia's Second National Communication to the UNFCCC" UNDP/GEF/00035196 Project. Yerevan, 2009. 16 p.

Margaryan V.G. Marmarik Rivers Runoff in Global Warming Climate Conditions. Abstracts of the 32th International Geographical Congress "Down to Earth". Cologne, Germany, 2012. P. 42–43.

Margaryan V.G. The Assessment of the Most Extreme Values Changes of Marmarik River Flow (in the Hankavan Hydrological Point) for Spring Floods on the Context of Global Climate Change. Book of Abstracts: GEWEX Convection-Permitting Climate Modeling Workshop 6th-8th September. Boulder, CO, USA, 2016. P. 89.

Margaryan V.G. Assessment and management challenge of maximum river flow of the spring flood risk of Marmarik Rivers // Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolojiia: The scientific collection. 2018. № 4 (51). P. 56–63.

Vardanian T.G. Specific features of extreme maximum river runoffs in the context of global climate change (case study of the rivers of the republic of Armenia) // Uchenyye zapiski RGGMU. Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University. 2017. № 46. P. 43–50.

Автор:

Маргарян Вардун Гургеновна, кандидат географических наук, доцент, кафедра физической географии и гидрометеорологии, географический и геологический факультет, Ереванский государственный университет, Ереван, Армения.

E-mail: vmargaryan@ysu.am

Geosphere Research, 2019, 4, 35–45. DOI: 10.17223/25421379/13/4

V.G. Margaryan

Yerevan State University, Yerevan, Armenia

FORECAST OF THE MAXIMUM FLOW MARMARIK RIVER AND REACTIONS OF THE GLOBAL CLIMATE CHANGE (ARMENIA)

The paper discusses and analyzes the peculiarities of formation of maximum flow rates of the Marmarik River, analyzes and evaluates the patterns of multi-year fluctuations of maximum flow rates in different river sites in the context of global climate change, made a comparative analysis, gave a forecast of the maximum flow rate for the lower river course. Actual observational data of Armhydromet for maximum flow rate, air temperature and precipitation were used as the source material.

The available literature sources were processed and analyzed, the mathematical-statistical, geographical, and also methods of comparison and analysis were applied.

To determine the maximum flow rates of the Marmarik River, the Ankavan post and the Gomur River, the Meghradzor post, the winter period precipitation, the sum of positive temperatures, liquid precipitation, the volume of the runoff of the flood period were used, but no reliable dependencies were obtained. Dependencies obtained can be used for consultations. To determine the maximum flow at the Aghavnadzor post of the Marmarik River, a multifactorial correlation close relationship was obtained, which can be used to compile operational forecasts of the maximum flow in this river site.

The absolute values of the maximum river flow of the Marmarik River at Aghavnadzor are estimated for different scenarios of climate change. For different scenarios and cases in the Marmarik River basin, a different degree of changes in the maximum flow might be expected. Moreover, the largest decrease in the maximum runoff of the Marmarik River basin is expected under the conditions of an increase in the average air temperature of the spring season by 2.7–3.9 and a decrease in the amount of spring atmospheric precipitation by 2.4–2.6%.

As a result of the study, it turned out that in the study area there is only a tendency to decrease the values of maximum water discharge which is the result of both human activities and climate change.

Keywords: maximum discharge, long-term fluctuations, prediction, multiple correlations, Marmarik River.

REFERENCES

- Apollov B.A., Kalinin G.P., Komarov V.D. Kurs gidrologicheskikh prognozov [The course of hydrological forecasts]. Leningrad : Hydrometeoizdat, 1974. 422 p. In Russian
- Gareev A.M., Zaytsev P.N. Mnogoletnyaya izmenchivost' maksimal'nogo stoka vesennego polovod'ya malykh i srednikh rek Bashkirskogo Predural'ya [Long-term peak discharge variability during spring floods in small and medium-sized rivers of the Bashkir (Cis-Urals)] // Herald of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan. V. 21(1). 2016. pp. 75–82. In Russian.
- Georgiyevsky Yu.M., Shanochkin, S.V. *Gidrologicheskie prognozy* [Hydrological forecasts]. A textbook. St. Petersburg, RSHU Publishers, 2007. 436 p. In Russian
- Gidrografiya Armyanskoy SSR* [Hydrography of ASSR]. Yerevan : Publ. house of the Academy of Sciences of ASSR, 1981. 177 p. In Armenian
- Margaryan V.G. *Metodika dolgosrochnogo prognozirovaniya vegetacionnogo i godovogo stoka vodomernogo posta Ankavan reki Marmarik* [The method of long-term forecasting of vegetation period and annual flow of Marmarik River - Hankavan water measuring point]. Modern problems of applied geology and geography. A collection of articles devoted to the 90th anniversary of professor P.S. Boshnaghyan. 18–19 of November, 2010. Yerevan, Publishing YSU, 2011. pp. 95–103. In Armenian
- Margaryan V.G. *Osobennosti formirovaniya i vnutrigodovogo raspredeleniya stoka reki Marmarik* [Features of runoff formation and its within-year distribution in Marmarik River]. Modern problems of geology, geography and ecology. A collection of scientific papers devoted to the 70th anniversary of docent E.Kh. Kharazyan. 14–16 of November, 2012. Publishing Tigran Mets, 2014. pp. 226–240. In Armenian
- Margaryan V.G., Vardanyan T.G. *Zakonomernosti prostranstvenno-vremennogo raspredeleniya stoka vesennih polovodij reki Marmarik* [Regularities of spatiotemporal of spring flood runoff of river Marmarik]. Scientific notes of the Yerevan State University, № 1, Geology and geography. Yerevan : Publishing House of Yerevan State University, “Lusabats”, 2011. pp. 30–39. In Armenian
- Nastavlenie po sluzhbe prognozov* [Manual on Service forecast], Section, 3, Part 1. Forecasts regime of surface waters. Leningrad : Hydrometeoizdat, 1962. 193 p. In Russian
- Popov E.G. *Gidrologicheskie prognozy* [Hydrological forecasts]. Leningrad : Hydrometeoizdat, 1979. 256 p. In Russian
- Resursy poverhnostnykh vod SSSR* [Surface-Water Resources of the USSR]. Volume 9, issue. 2, Basin p. Araks. Leningrad : Hydrometeoizdat, 1973. 471 p. In Russian
- Safina G.R., Golosova V.N. *Vliyaniye izmeneniy klimata na vnutrigodovoye raspredeleniye stoka malykh rek yuzhnoy poloviny Yevropeyskoy territorii Rossii* [The effect of climate change on the annual flow distribution of small rivers in the southern half of the European Territory of Russia] // Proceedings of Kazan University, natural Sciences Series. 2018, 160 (1). pp. 111–125. In Russian
- Fizicheskaya geografiya Armyanskoy SSR* [Physical Geography of the Armenian SSR]. Yerevan: Publishing House of the Arm. SSR Academy of sciences. 1971. 470 p. In Armenian
- Shaginyan M.V. *Osnovnye zakonomernosti formirovaniya jelementov stoka rek Armjanskoy SSR i metodika ih prognozirovaniya* [The main laws of formation of the flow elements of the rivers of the Armenian SSR and the method of their forecasting]. Leningrad : Hydrometeoizdat, 1981. 176 p. In Russian
- Armenia's Third National Communication on Climate Change. Ministry of Nature Protection of the Republic of Armenia. Yerevan: Lusabats. 2015. 165 p.
- Complex Assessment of Climate Change Impacts on Water Resources of Marmarik River Basin of Armenia. Prepared in the frame of the “Enabling Activities for the Preparation of Armenia’s Second National Communication to the UNFCCC” UNDP/GEF/00035196 Project. Yerevan : 2009. 16 p.
- Margaryan V.G. Marmarik Rivers Runoff in Global Warming Climate Conditions. Abstracts of the 32th International Geographical Congress “Down to Earth”, Cologne, Germany, 2012. pp. 42–43.
- Margaryan V.G. Assessment and management challenge of maximum river flow of the spring flood risk of Marmarik Rivers // *Hidrologiia, hidrokhimiia i hidroekologiia*: The scientific collection / The editor-in-chief Valentyn Khilchevskiy. 2018. № 4 (51). pp. 56–63
- Vardanian T.G. Specific features of extreme maximum river runoffs in the context of global climate change (case study of the rivers of the republic of Armenia). *Uchenyye zapiski RGGMU*. Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University. 2017. № 46. pp. 43–50.

Author:

Margaryan Varduhi G., Cand.Sci. (Geogr.), Assistant Professor, Department of Physical Geography and Hydrometeorology, Faculty of Geography and Geology Yerevan State University, Yerevan, Armenia
E-mail: vmargaryan@ysu.am

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ, СТРАТИГРАФИЯ

УДК 562.561.763(571.1)

БИОСТРАТИГРАФИЯ СЛАВГОРОДСКОГО ГОРИЗОНТА (САНТОН–НИЖНИЙ КАМПАН) ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (НА ОСНОВАНИИ ФОРАМИНИФЕР)



В.М. Подобина

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

Обобщены сведения по фораминиферам, полученным из керна многочисленных скважин всех палеобиогеографических районов Западносибирской провинции. Стратотипы сантонских фораминиферовых зон, приуроченных к славгородской свите (одноименного горизонта), установлены в разрезе Нововасюганской опорной скважины. Зона нижнего кампана, выделенная в верхних слоях свиты – Амбарская площ., скв. 1. Комплексы сантон-раннекампанских зон центрального района сопоставлены с таковыми окраинных палеобиогеографических районов Западносибирской и других провинций.

Ключевые слова: биостратиграфия, славгородский горизонт, сантон, нижний кампан, фораминиферы, Западная Сибирь.

Введение

В славгородской свите одноименного горизонта повсеместно обнаружены агглютинированные кварцево-кремнистые фораминиферы и радиолярии. На основании изучения микрофауны с учетом характерных моллюсков этот горизонт, за исключением верхних слоев, датирован сантонским возрастом. Верхние слои свиты (горизонта) отнесены автором по возрасту к нижнему кампану. В этих слоях наряду с агглютинированными появляются, особенно в центральном районе, секреторно-известковые фораминиферы (комплекс с *Bathysiphon vitta*, *Recurvoides magnificus*).

В большей по мощности нижележащей части славгородской свиты (горизонта) автором выделены два комплекса фораминифер, определяемых по характерным видам агглютинированных форм: нижний – с *Ammobaculites dignus*, *Pseudoclavulina admota*, верхний – с *Ammotmarginulina crispa*, *Cribrostomoides exploratus* [Подобина, 1966, 1975, 1989, 2000, 2009, 2016, 2017а, б]. По многим факторам комплексы датированы соответственно нижним и верхним сантоном. Один из основополагающих факторов – это сравнение с таковыми Канадской провинции. Но не менее важны совместные находки на юго-востоке (окрестности г. Северска) агглютинированных кварцево-кремнистых раковин из центрального района и агглютинированно-известковых, распространенных в сопредельных провинциях. Последние, по-видимому, попали на юго-восток Западно-Сибирской из Казахстанской провинции через Мариинский

пролив [Подобина, 2009]. Следует отметить, что в этом районе (юго-восточный) вмещающие отложения вышележащего нижнего кампана включают единичные агглютинированные кварцево-кремнистые формы комплекса, определяемого только вторым видом-индексом – *Recurvoides magnificus* Podobina. Отложения верхнего кампана-маастрихта по единичным фораминиферам здесь также прослежены. Исследуемые разрезы скважин показаны на рис. 1.

В центральном палеобиогеографическом районе в славгородской свите комплексы фораминифер обильны в количественном отношении и разнообразны по систематическому составу. Они отличаются преобладанием агглютинированных кварцево-кремнистых фораминифер. Только в мелководно-прибрежных фациях окраинных районов появляются секреторно-известковые или агглютинированно-известковые фораминиферы. На основании установленных по разрезам славгородской свиты комплексов фораминифер некоторые включающие их слои выделены как отдельные микрофаунистические или фораминиферовые зоны. Их стратотипы в основном установлены в центральном палеобиогеографическом районе, где присутствуют более однообразные вмещающие глинистые породы. В окраинных районах породы по разрезу значительно изменяются, поэтому выделяются слои, охарактеризованные спорадически распространенными комплексами фораминифер.

Первыми исследователями по фораминиферам и биостратиграфии верхнего мела были В.С. Заспелова [Заспелова, 1948], А.Е. Глазунова, В.Т. Балахматова, Р.Х. Липман и др. [Глазунова и др., 1960],

З.И. Булатова [Булатова, 1967], З.И. Булатова, Э.Н. Кисельман и др. [Булатова, Войцель, 1957; Кисельман, 1969], А.И. Еремеева и Н.А. Белоусова [Еремеева, Белоусова, 1961], Л.С. Алексейчик-Мицкевич, З.И. Булатова и др. [Субботина и др., 1964], В.М. Подобина [Подобина, 1966, 1975, 1978, 1989, 2000, 2009, 2016, 2017а, б]. Кроме того, известны отечественные статьи Э.О. Амона [Амон, 1994], Л.Г. Дайн [Дайн, 1961], Ф.В. Киприяновой [Киприянова, 1977], М.И. Таначевой [Таначева,

1977], Н.В. Шаровской [Шаровская, 1970] и других исследователей.

Необходимо отметить, что уже в монографии [Субботина и др., 1964] З.И. Булатова изменила свои представления о возрасте славгородского горизонта, относимого уже не к сантонскому, а целиком к кампанскому ярусу. Основанием для изменения возраста этого горизонта явились в основном сведения по находкам моллюсков, особенно вида *Qxytoma tenuicostata* Roemer.

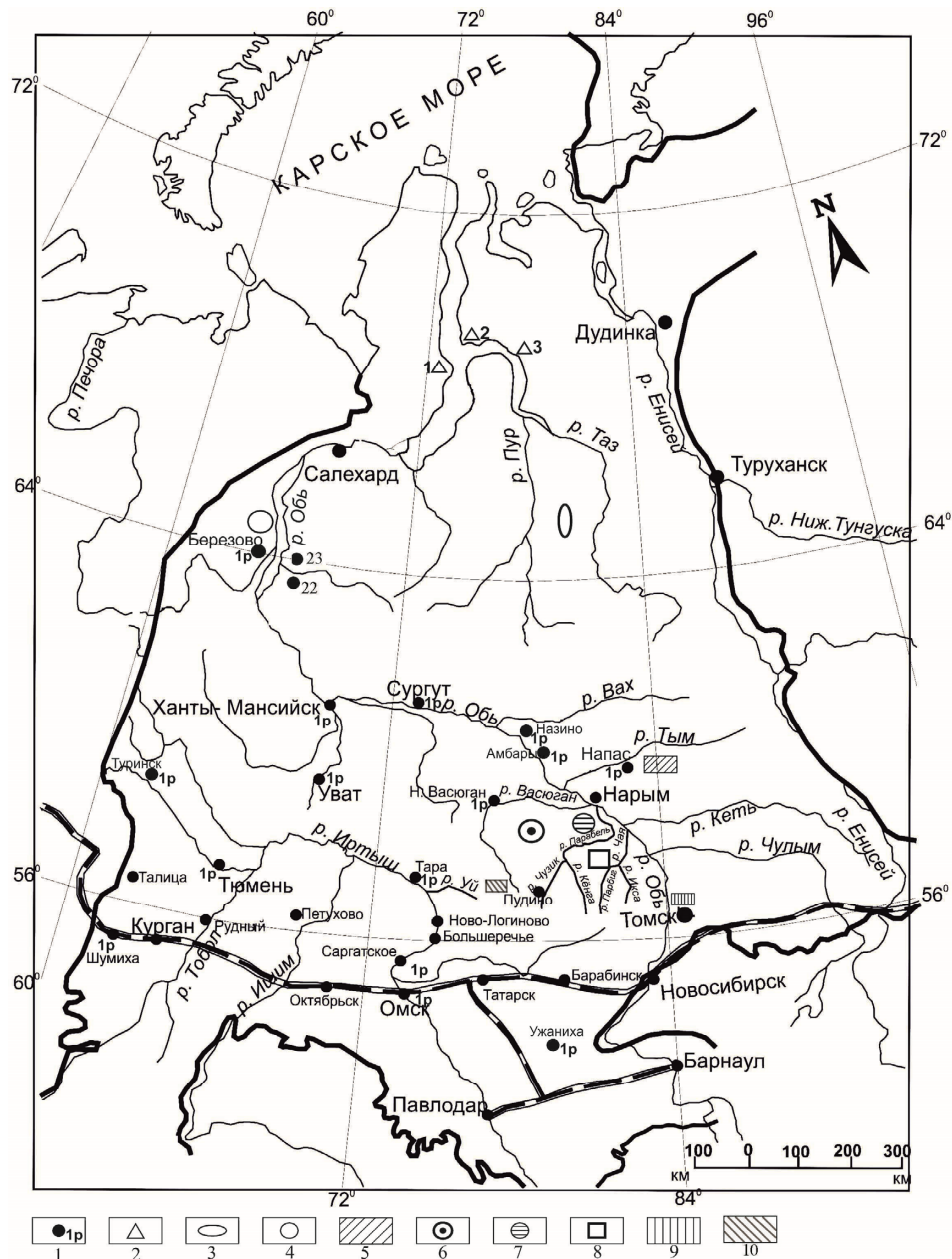


Рис. 1. Схема расположения изученных разрезов скважин

1 – опорные и роторные скважины; 2) 1) Новый порт; 2) Трехбугорный мыс; 3) Антипаяута; 3 – Тазовская и Пурпейская площади; 4 – Федоровская геолого-съёмочная партия. Колонковые скважины: 5 – Пайдугинская партия; 6 – Чижаянская партия; 7 – Сенькинский отряд; 8 – Парбигская партия; 9 – окрестности г. Северска (СХК); 10 – Межовская площадь

Fig. 1. The layout of the studied sections of wells

1 – reference and rotary wells; 2) 1) Novyy port; 2) Trekhubugornyy mys; 3) Antipayuta; 3 – Tazovskaya and Purpeyskaya squares; 4 – Fedorovskaya geological survey party. Core wells: 5 – Paydugin's party; 6 – Chizhap party; 7 – Senkin detachment; 8 – Parbig party; 9 – the vicinity of Seversk city (SKHK); 10 – Mezhevskaya square

Хотя остатки этого моллюска обнаружены не только в основании, но и в самых верхних слоях славгородского горизонта [Подобина, 1989, 2000, 2009]. Автором на основании многолетних исследований возраст славгородского горизонта установлен как сантон-раннекампанский.

1. Фораминиферы и биостратиграфия славгородского горизонта

Отложения славгородского горизонта известны почти во всех палеобиогеографических районах Западно-Сибирской провинции. В основе горизонта – широко распространенная славгородская свита. Литологически это серые плотные, плитчатые, опоковидные глины и аргиллиты. Мощность отложений свиты изменяется примерно от 50 до 80 м. Почти повсеместно эти отложения вмещают кварцево-кремнистые раковины фораминифер и радиолярии. В окраинных районах встречены агглютинированные известковые и секреторно-известковые фораминиферы. Славгородская свита (слои) первоначально была установлена Н.Н. Ростовцевым в 1956 г. на юге Западной Сибири (в окрестностях г. Славгорода) в объеме всей опоковидно-глинистой толщи [Ростовцев, 1956]. В нижней части толщи Н.Н. Ростовцевым выделена песчано-алевролитовая ипатовская пачка. Эта пачка, выделенная в первой стратиграфической схеме [Труды... 1957], позже на втором стратиграфическом совещании [Решения и труды... 1961] определена в самостоятельную свиту (опоки и песчаники). В связи с этим объем вышележащей славгородской свиты уменьшился почти наполовину и она отвечает серым, нередко опоковидным плитчатым глинам, повсеместно содержащим обильную кремнистую микрофауну (фораминиферы и радиолярии).

В разрезе славгородской свиты (горизонта) на большой территории равнины, соответствующей наличию относительно глубоководных фаций, распространены агглютинированные фораминиферы, по комплексам которых автором установлены три биостратиграфические зоны (снизу вверх): 1 – *Ammobaculites dignus*, *Pseudoclavulina admota* (нижний сантон); 2 – *Cribrostomoides exploratus*, *Ammomarginulina crista* (верхний сантон); 3 – *Bathysiphon vitta*, *Recurvoides magnificus* (нижний кампан).

Первые две составляли ранее единую зону со *Spiroplectammina lata*, *S. senonana* *pusurica*, последняя (3) – нижнюю часть зоны со *Spiroplectammina optata* (Подобина, 1964, 1966, 1989, 2000, 2009, 2017б).

По восточному склону Урала сантонскому ярусу, по-видимому, соответствует верхнеберезовская свита славгородского горизонта. В этой части разреза Ф.В. Киприяновой [Киприянова, 1977] по многим

разрезам скважин восточного склона Урала исследовались слои с секреторно-известковыми фораминиферами, названными ею как слои с мелкими аномалинидами. Среди исследованных фораминифер Ф.В. Киприянова отмечает такие характерные виды, как *Cibicidoides eriksdalensis* (Brotzen) и другие виды, что дало ей основание сопоставить фораминиферы этих слоев с таковыми сантона из других (восточных и южных) районов, а также из Восточно-Европейской провинции. Эти виды фораминифер, по мнению автора, сходны с комплексами *Cibicidoides eriksdalensis* – н. сантон, *C. luteus* – в. сантон восточного района Западно-Сибирской провинции [Подобина, 1966, 1989, 2000, 2009, 2016, 2017а, б].

Находки на юго-востоке (окрестности г. Северска) характерных сантонских видов фораминифер, широко распространенных в Казахской и Восточно-Европейской провинциях, подтверждают наряду с характерными моллюсками, сантонский возраст славгородского горизонта (нижние и средние слои) Западно-Сибирской провинции [Подобина, 2000, 2009].

Славгородский горизонт

1.1. Сантонский ярус – K_{3st}

Нижний подъярус – K_{3st1}

Зона *Ammobaculites dignus*, *Pseudoclavulina admota*

Таблица I, фиг. 1–7

В.М. Подобина [Подобина, 1975] – *Ammobaculites dignus*, *Clavulina hastata admota*; В.М. Подобина [Подобина, 2009] – *A. dignus*, *Pseudoclavulina admota*

Стратотип – Томская область, Нововасюганская опорная скв. 1-р, инт. 799,0–787,0 м. Глины серые, зеленовато-серые, опоковидные, плитчатые. Мощность 12 м.

Зональный комплекс фораминифер в стратотипе: *Rhabdammina abussorum* M. Sars, *Bathysiphon nodosarieformis* Subbotina, *Psammospaera laevigata* White, *P. fusca* Schultze, *Saccammina orbiculata* Bulatova, *Thurammina splendens* Egger, *T. papillata* Brady, *T. magnoalveolata* Bulatova, *T. favosa* Flint, *Hippocrepina indivisa* Parker, *Glomospira gaultina* Berthelin, *Ammodiscus glabratus* Cushman et Jarvis, *Labrospira cognata* Podobina, *Haplophragmoides idoneus* Podobina, *H. kirki* Wickenden, *Recurvoidella sewellensis* (Olsson) parvus (Belousova), *Cribrostomoides astrictus* Podobina, *Adercotryma glomeratiformis* (Zaspelova), *Recurvoides optivus* Podobina, *Cyclammina flexuosa* Podobina, *Ammoscalaria incultus* (Ehremeeva), *Ammobaculites dignus* Podobina, *A. uvaticus* (Bulatova), *Spiroplectammina lata* Zaspelova, *Verneulinoides canadensis* (Cushman), *Pseudoclavulina admota* Podobina, *Gaudryinopsis vulgaris* (Kyprianova).

Раковины разных видов фораминифер многочисленны; их размеры средние и крупные. Агглютинированный кварцево-кремнистый бентос составляет 100%. Численно преобладают астроризиды и гаплофрагмоидиды. По распространению в разрезах стратотипа и стратотипического района выделяется комплекс характерных видов: *Cribrostomoides astrictus* Podobina, *Recurvoides optivus* Podobina, *Cyclammina flexuosa* Podobina, *Ammoscalaria incultus* (Ehremeeva), *Ammobaculites dignus* Podobina, *A. uvaticus* (Bulatova), *Spiroplectammina lata* Zaspelova, *Pseudoclavulina admota* Podobina.

Нижняя граница зоны устанавливается по появлению видов-индексов *Ammobaculites dignus* Podobina, *Pseudoclavulina admota* Podobina и видов характерного комплекса, верхняя граница – по исчезновению *Cribrostomoides astrictus* Podobina, *Ammobaculites dignus* Podobina, *A. uvaticus* (Bulatova), *Pseudoclavulina admota* Podobina.

Распространение. Западно-Сибирская равнина. На востоке равнины (восточнее меридиана пп. Напас – Нарым) выделяются слои с *Cibicidoides eriksdalensis*, на восточном склоне Урала – слои с аномалинидами. В указанных окраинных комплексах преобладает секреторный известковый бентос. Кроме того, к самой нижней части зоны в восточной половине Западной Сибири относятся слои с *Recurvoidella sewellensis parvus*, *Recurvoides optivus*. В этих комплексах, так же как и в стратотипе, преобладает агглютинированный бентос, в окраинных районах – известковый бентос. В зоне *Ammobaculites dignus*, *Pseudoclavulina admota* в пределах ее распространения установлен следующий комплекс фораминифер: *Rhabdammina cylindrica* Glaessner, *Bathysiphon vitta* Nauss, *Saccammina sphaerica* (M. Sars), *S. complanata* (Franke), *Reophax remotus* Podobina, *Labrospira senonica* Podobina, *L. fraseri* (Wickenden) *propensa* Podobina, *Haplophragmoides tumidus* Podobina, *H. eggeri* Cushman, *Recurvoides memorandum* Podobina, *Ammobaculites agglutiniformis* Podobina, *Haplophragmium obesum* (Bulatova), *Ammoscalaria incultus* (Ehremeeva), *Spiroplectammina multiversulata* Kisselman, *S. senonana* Lalicker *pocurica* Balakhmatova, *S. brevis* Kisselman *modesta* Kisselman, *Trochammina priva* Podobina, *T. boehmi* Franke, *T. senonica* Belousova, *Verneuilinoides polystropha* (Reuss), *Arenogaudryina granosa* Podobina, *Martinottiella meidamos* (Mello), *Lagena globosa* (Montagu), *Nodosaria zippei* Reuss, *Dentalina basiplanata* Cushman, *D. megalopolitana* Reuss, *Quinqueloculina moremani* Cushman *triangula* Putrja, *Q. stolleyi* Brotzen, *Valvulineria laevis* Brotzen, *Gyroidinoides turgidus* (Hagenow), *Eponides concinnus* Brotzen *plana* Vassilenko, *Reinholdella brotzeni* Olsson, *Cibicidoides eriksdalensis* (Brotzen).

Как указывалось, в стратотипическом районе – в относительно глубоководных глинистых фациях –

распространен преимущественно агглютинированный кварцево-кремнистый бентос. В окраинных мелководных и прибрежно-морских фациях в более алевроитовых глинах обнаружены секреторно-известковые бентосные формы. К ним относятся 16 последних указанных в списке видов и *Spiroplectammina brevis* Kisselman *modesta* Kisselman. На юго-востоке (окрестности г. Северска) в ряде разрезов скважин определен смешанный состав фораминифер, состоящий из агглютинированных кварцево-кремнистых и агглютинированно-известковых раковин фораминифер. Последние являются характерными для раннего сантона и распространены в сопредельных провинциях Бореально-Атлантической области (табл. 1, 2).

Стратиграфическое положение. Нижний сантон в стратотипе зоны *Ammobaculites dignus*, *Pseudoclavulina admota* выделяется в низах славгородского горизонта.

На юго-востоке Западно-Сибирской провинции в ряде разрезов скважин обнаружены совместно с агглютинированными кварцево-кремнистыми раковинами агглютинированно-известковые формы, характерные для нижнего сантона сопредельных провинций [Подобина, 2017а].

Славгородский горизонт

1.2. Верхний подъярус – K₃st₂

Зона *Cribrostomoides exploratus*,

Ammomarginulina crispa

Таблица II, фиг. 1–6

В.М. Подобина [Подобина, 1975] – *Cribrostomoides cretaceus exploratus*, *Ammomarginulina crispa*; В.М. Подобина [Подобина, 2009] – *C. exploratus*, *A. crispa*.

Стратотип – Томская область, Нововасюганская опорная скв. 1-р, инт. 781,0–751,0 м. Глины серые с зеленоватым оттенком, опоковидные, плитчатые. Мощность 30 м.

Зональный комплекс фораминифер в стратотипе: *Psammospaera laevigata* White, *Bathysiphon nodosarieformis* Subbotina, *Ammodiscus glabratus* Cushman et Jarvis, *A. cretaceus* (Reuss), *Haplophragmoides tumidus* Podobina, *Cribrostomoides exploratus* Podobina, *Recurvoides optivus* Podobina, *Recurvoidella sewellensis* (Olsson) *parvus* (Belousova), *Ammomarginulina crispa* (Kyprianova), *Spiroplectammina ancestralis* Kisselman.

Комплексы фораминифер многочисленные; размеры раковин средние и крупные. Агглютинированный кварцево-кремнистый бентос составляет 100%. Численно преобладают гаплофрагмоидиды. По распространению в разрезах стратотипа и стратотипического района выделяется комплекс характерных видов: *Haplophragmoides tumidus* Podobina, *Cribo-*

stomoides exploratus Podobina, *Ammomarginulina* Kisselman, *S. senonana* Lalicker *pocurica* Balakrispa (Kyprianova), *Spiroplectamina* *ancestralis* hmatova.

Таблица 1

Корреляция фораминиферовых зон и слоев сантона – нижнего кампана в пределах Западной Сибири

Table 1

Correlation of foraminiferal zones and Santon – Lower Campanian layers within Western Siberia

Отдел	Ярус	Подъярус	Горизонт	Комплексы фораминифер		
				Центральный район; зоны [Подобина, 2009]	Юго-восточный район, [Подобина, 2009]	
					скважина Е-145; слон	скважины ЗН-1, Н-15; слон
Верхний мел	кампан	нижний	славгородский	Bathysiphon vitta, Recurvoides magnificus	<i>Recurvoides magnificus</i>	<i>Recurvoides magnificus</i>
	сантон	верхний		Cribrostomoides exploratus, Ammomarginulina crispa	<i>Ammomarginulina crispa</i>	<i>Gavelinella stelligera</i>
		нижний		Ammobaculites dignus, Pseudoclavulina admota	<i>Ammobaculites dignus</i>	<i>Gavelinella infrasantonica</i>

Таблица 2

Комплексы фораминифер сантона – нижнего кампана Западной Сибири

Table 2

Complexes of foraminifer Santon – Lower Campanian of Western Siberia

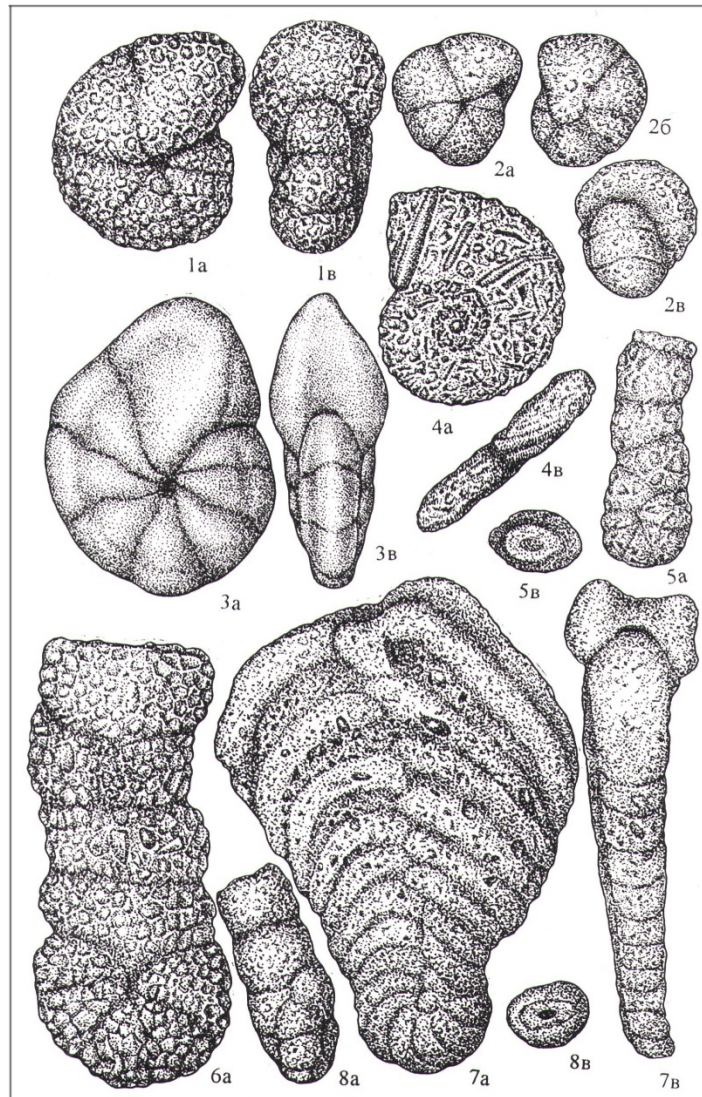
Ярус	Подъярус	Горизонт	Зоны фораминифер Западной Сибири	Слои с комплексами фораминифер разрезов скважин юго-востока Западной Сибири	
				скважина ЗН-1	скважина Н-15
Кампанский	Нижний	Славгородский	Bathysiphon vitta, Recurvoides magnificus	Не обнаружены (нет образцов)	<i>Recurvoides magnificus</i> (образцы с гл. 297,0 м) <i>Ataxophragmium orbignynaeformis</i> Mjatluk, <i>Heterostomella</i> cf. <i>praefoveolata</i> (Marsson), <i>Cibicides</i> aff. <i>temirensis</i> Vassilenko, <i>Gavelinella</i> aff. <i>clementiana</i> (Orb.)
Сантонский	Верхний		Cribrostomoides exploratus, Ammomarginulina crispa	<i>Gavelinella stelligera</i> (образцы с гл. 340,0 м). Характерные виды агглют. и секр. извест. раковин <i>Gaudryina rugosa</i> (Orb.), <i>G. laevigata</i> Franke, <i>Heterostomella stephensoni</i> Cushman, <i>Orbignyna variabilis</i> (Orb.), <i>Globorotalites micheliniana</i> (Orb.), <i>Gavelinella clementiana</i> (Orb.), <i>G. aff. stelligera</i> (Marie)	<i>Gavelinella stelligera</i> (образцы с гл. 342,0–340,0 м). Характерные виды агглют. и секр. извест. раковин <i>Orbignyna variabilis</i> (Orb.), <i>Gaudryina</i> cf. <i>rugosa</i> (Orb.), <i>Gavelinella</i> cf. <i>stelligera</i> (Marie), <i>G. santonica</i> (Akimez), <i>Osangularia whitei</i> (Brotzen) <i>praeceps</i> (Brotzen)
	Нижний		Ammobaculites dignus, Pseudoclavulina admota	<i>Gavelinella infrasantonica</i> (образцы с гл. 354,0 м). Характерные виды агглют. и секр. извест. раковин <i>Stensioina</i> cf. <i>exsculpta</i> Reuss <i>gracilis</i> Brotzen, <i>Osangularia whitei</i> (Brotzen), <i>Gavelinella</i> cf. <i>infrasantonica</i> (Balakhm.), <i>Gaudryina laevigata</i> Franke	Не обнаружены (нет образцов)

Рисунки на палеонтологических таблицах I–III выполнены с натуры художницей О.М. Лозовой.

Техническая обработка образцов керн ряда изученных разрезов скважин произведена в лаборатории микропалеонтологии Сибирского палеонтологического научного центра Томского государственного университета.

ТАБЛИЦА I

Нижний сanton
Lower santon
Зона *Ammobaculites dignus*, *Pseudoclavulina admota*



a – вид с боковой или спинной стороны; *b* – вид с боковой или брюшной стороны; *в* – вид со стороны устья
a – view from the lateral or dorsal side; *b* – view from the lateral or ventral side; *в* – view from the mouth

Фиг. 1. *Cribrostomoides astrictus* Podobina

Экз. № 190. Палеонтологический музей ТГУ. Омская обл., Тарская опорная скв. 1-р, гл. 727,8 м; x80

Фиг. 2. *Recurvoides optivus* Podobina

Экз. № 104. Палеонтологический музей ТГУ. Томская обл., Васюганский профиль, скв. 3-к, инт. 462,08–449,2 м; x80

Фиг. 3. *Cyclammina flexuosa* Podobina

Экз. № 196. Палеонтологический музей ТГУ. Томская обл., Средне-Парабельская площадь, скв. 16-к, гл. 270,0 м; x80

Фиг. 4. *Ammoscalaria incultus* (Ehremeeva)

Экз. № 805. Палеонтологический музей ТГУ. Томская обл., Обской профиль, скв. 26, инт. 393,3–375,3 м; x80

Фиг. 5. *Ammobaculites dignus* Podobina

Экз. № 779. Палеонтологический музей ТГУ. Томская обл., Тымский профиль, скв. 1-к, инт. 455,6–449,6 м; x80

Фиг. 6. *Ammobaculites uvaticus* (Bulatova)

Экз. № 784. Палеонтологический музей ТГУ. Томская обл., Тымский профиль, скв. 1-к, инт. 392,5–382,5 м; x80

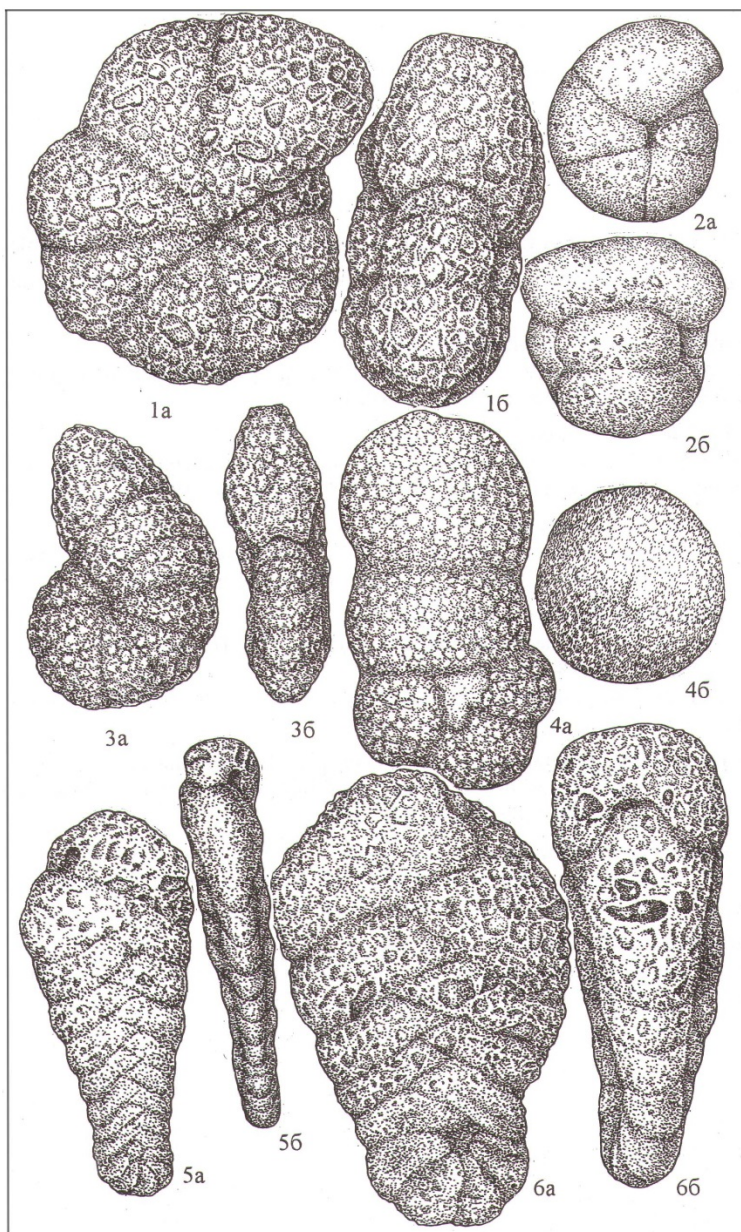
Фиг. 7. *Spiroplectammina lata* Zaspelova

Экз. № 1282. Палеонтологический музей ТГУ. Томская обл., бассейн реки Кенга (Парбигская партия), скв. 83, гл. 277,0 м; x80

Фиг. 8. *Pseudoclavulina admota* Podobina

Экз. № 284. Палеонтологический музей ТГУ. Томская обл., Тымская опорная скв. 1-р, инт. 423,0–413,0 м; x80

Нижний сanton
Lower santon
Зона *Cribrostomoides exploratus*, *Ammomarginulina crispera*



a – вид с боковой стороны; *b* – вид с устьевой стороны
a – view from the lateral side; *b* – view from the mouth

Фиг. 1. *Haplophragmoides tumidus* Podobina

Экз. № 178. Палеонтологический музей ТГУ. Томская обл., Средне-Парабельская пл., скв. 8-к, инт. 273,75–264,85 м; х80

Фиг. 2. *Cribrostomoides exploratus* Podobina

Экз. № 112. Палеонтологический музей ТГУ. Томская обл., профиль Парабель-Чузык, скв. 3-к, инт. 408,95–397,15 м; х80

Фиг. 3. *Ammomarginulina crispera* (Kuprianova)

Экз. № 791. Палеонтологический музей ТГУ. Томская обл., Амбарская пл., скв. 1-р, инт. 718,36–712,26 м; х80

Фиг. 4. *Haplophragmium obesum* (Bulatova)

Экз. № 426. Палеонтологический музей ТГУ. Томская обл., Амбарская пл., скв. 14-к, инт. 235,5–231,0 м; х80

Фиг. 5. *Spiroplectammina ancestralis* Kisselman

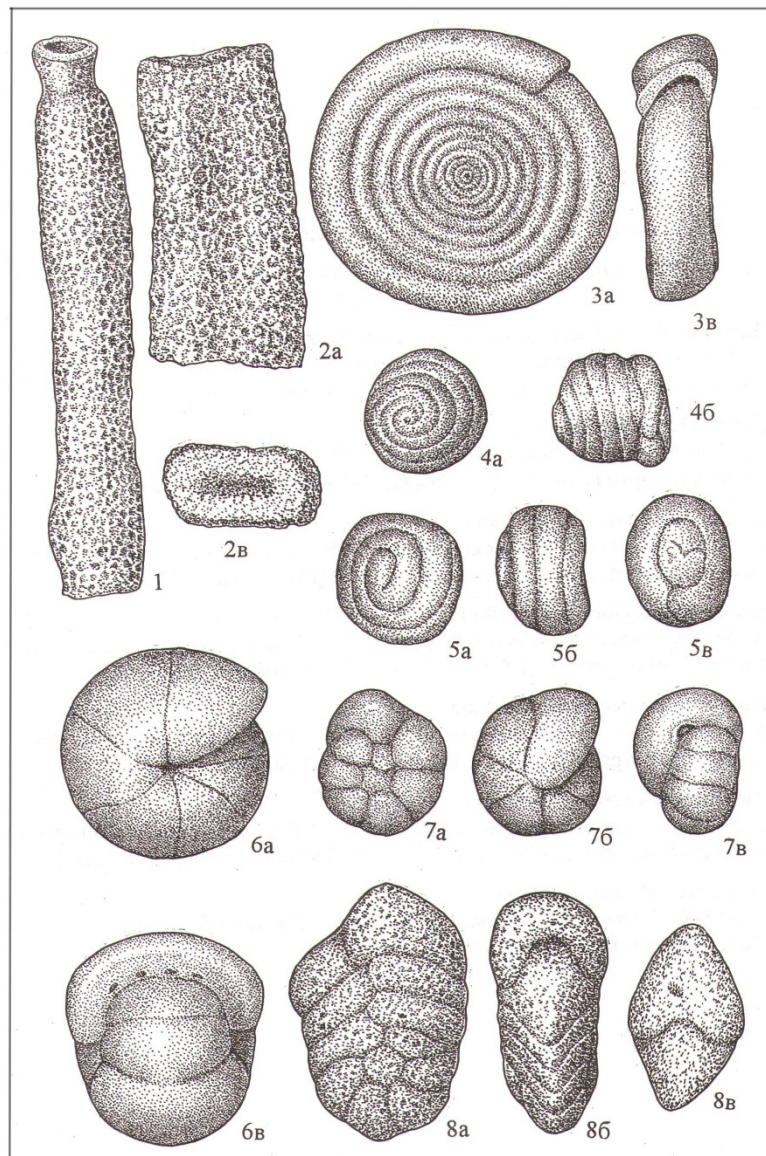
Экз. № 1286. Палеонтологический музей ТГУ. Томская обл., бассейн реки Чузык (Парбигская партия), скв. 25, гл. 234,0 м; х80

Фиг. 6. *Spiroplectammina senonana* Lalicker *pocurica* Balakhmatova

Экз. № 1283. Палеонтологический музей ТГУ. Томская обл., бассейн реки Чузык (Парбигская партия), скв. 25, гл. 226,0 м; х80

ТАБЛИЦА III

Нижний сантон
 Lower santon
 Зона *Bathysiphon vitta*, *Recurvoides magnificus*



a – вид с боковой или спинной стороны; *b* – вид с боковой или брюшной стороны; *v* – вид со стороны устья
a – view from the lateral or dorsal side; *b* – view from the lateral or ventral side; *v* – view from the mouth

Фиг. 1. *Bathysiphon nodosarieformis* Subbotina

Экз. № 539/7. ВНИГРИ. Свердловская обл., профиль Кузнецово-Керчель, скв. 4-кп, гл. 273,35 м; х50

Фиг. 2. *Bathysiphon vitta* Nauss

Экз. № 851. Палеонтологический музей ТГУ. Томская обл., бассейн реки Чижалка (Чижалская партия), скв. 10-к, гл. 320,0 м; х80

Фиг. 3. *Ammodiscus cretaceus* (Reuss)

Экз. № 854. Палеонтологический музей ТГУ. Томская обл., бассейн реки Чижалка (Чижалская партия), скв. 10-к, гл. 322,0 м; х80

Фиг. 4–5. *Glomospira corona* Cushman et Jarvis

4 – экз. № 297а. Палеонтологический музей ТГУ. Томская обл., Сенькинский уч., скв. 28, гл. 294,3 м; х80

5 – экз. № 300. Палеонтологический музей ТГУ. Томская обл., Уйский профиль, скв. 20-к, гл. 696,0 м; х80

Фиг. 6. *Cribrostomoides trinitatensis* Cushman subsp. *sibiricus* Podobina

Экз. № 108а. Палеонтологический музей ТГУ. Томская обл., Амбарская пл., скв. 1-р, инт. 718,37–712,27 м; х80

Фиг. 7. *Recurvoides magnificus* Podobina

Экз. № 110. Палеонтологический музей ТГУ. Томская обл., Амбарская пл., скв. 1-р, инт. 718,37–712,27 м; х80

Фиг. 8. *Spiroplectammia optata* Kisselman

Экз. № 1287а. Палеонтологический музей ТГУ. Томская обл., Амбарская пл., скв. 1-р, инт. 718,37–712,27 м; х80

Нижняя граница зоны устанавливается по появлению видов-индексов и характерных видов комплекса, верхняя граница – по исчезновению *Spiroplectammina ancestralis* Kisselman, *S. lata* Zaspelova, *S. senonana* Lalicker *pocurica* Balakhmatova.

Распространение. Западно-Сибирская равнина. На востоке равнины (восточнее меридиана пп. Напас – Нарым) выделяются слои с *Cibicidoides luteus*, на восточном склоне Урала – верхи аномалинидовых слоев. В окраинных районах в комплексах преобладает секрционный известковый бентос. В зоне *Cribrostomoides exploratus*, *Ammomarginulina crispa* в пределах ее распространения установлен следующий комплекс фораминифер: виды зонального комплекса в стратотипе и в центральном районе – *Rhabdammina cylindrica* Glaessner, *Bathysiphon vitta* Nauss, *Psammosphaera fusca* Schultze, *Saccammina complanata* (Franke), *S. sphaerica* (M. Sars), *Reophax angustus* Belousova, *R. remotus* Podobina, *R. proprius* Podobina, *Glomospira gordialisformis* Podobina, *G. corona* Cushman et Jarvis, *Labrospira senonica* Podobina, *Haplophragmoides kirki* Wickenden, *Cribrostomoides trinitatisensis* Cushman et Jarvis *sibiricus* Podobina, *Ammobaculites agglutiniformis* Podobina, *Spiroplectammina lata* Zaspelova, *S. brevis* Kisselman *modesta* Kisselman, *S. senonana* Lalicker *pocurica* Balakhmatova, *Trochammina boehmi* (Franke), *T. senonica* Belousova, *Verneulinoides canadensis* (Cushman), *V. polystropha* (Reuss), *Quinqueloculina rotunda* Carsey *tricostata* Putrja, *Q. moremani* Cushman *triangula* Putrja, *Q. stolleyi* Brotzen, *Lagena globosa* (Montagu), *Nodosaria zippei* Reuss, *Dentalina basiplanata* Cushman, *D. megalopolitana* Reuss, *Globulina prisca* Reuss, *Valvulineria laevis* Brotzen, *Gyroldinoides turgidus* (Hagenow), *Bagginoides quadrilobus* (Mello), *Cibicidoides luteus* Podobina, *Pullenia americana* Cushman, *Praebulimina reussi* (Morrow) *fulgida* Freiman. В стратотипическом районе, в более глубоководных глинистых фациях преобладает агглютинированный кварцево-кремнистый бентос. В окраинных мелководных и прибрежно-морских фациях в алевроитовых глинах или алевролитах встречен агглютинированный и секрционный известковый бентос. Сюда относятся в восточном комплексе: *Spiroplectammina brevis* Kisselman *modesta* Kisselman и 15 последних в списке видов (секрционный известковый бентос).

Стратиграфическое положение. Верхний сантон в стратотипе зоны *Cribrostomoides exploratus*, *Ammomarginulina crispa* определен в средней части славгородского горизонта.

2. Сравнение сантонских комплексов фораминифер из разных палеобиогеографических районов Западной Сибири и других провинций

Раннесантонские комплексы Западно-Сибирской провинции соответствуют нижним слоям славгород-

ского горизонта. Из них самые нижние слои с *Recurvoidella sewellensis* parvus, *Recurvoides optivus* в своем распространении ограничены только восточным районом. Широко распространена в пределах Западной Сибири зона *Ammobaculites dignus*, *Pseudoclavulina admota*, куда входят и нижние слои с указанным комплексом. На востоке (р. Тым, Вах, п. Нарым) этой зоне в основном соответствуют слои с *Cibicidoides eriksdalensis*, имеющие, по-видимому, распространение и в северном районе Западной Сибири [Подобина, 1989, 2000, 2009, 2017а, б].

В вышележащих отложениях славгородского горизонта (средние слои) известен широко распространенный позднесантонский комплекс фораминифер с *Cribrostomoides exploratus* и *Ammomarginulina crispa* одноименной зоны. В восточном районе аналогичны слои с *Cibicidoides luteus* [Подобина, 1989; 2000; 2009; 2017а, б]. Широко распространенные сантонские комплексы фораминифер Западной Сибири состоят в основном из агглютинированных кварцево-кремнистых раковин и в видовом отношении не находят себе полных аналогов в других регионах мира. Только отдельные таксоны являются сходными с североамериканскими, а в большинстве выделены викарирующие формы. Родовой же состав западносибирских сантонских комплексов фораминифер сходен с одновозрастными Канадской провинции (Северная Канада и Северная Аляска). Особенно это характерно для восточного района Западно-Сибирской провинции (восточнее с. Напас), где фораминиферы сантона представлены, как указывалось, преимущественно бентосными секрционно-известковыми раковинами комплексов с *Cibicidoides eriksdalensis* и *C. luteus*.

Сопоставление сантонских комплексов фораминифер Западной Сибири с одновозрастными Канады и Северной Аляски выявило их сходство только на родовом уровне. Коньякский ярус на Северной Аляске пока не выделен [Tarran, 1960, 1962]. Можно предположить, что нижняя (Rogers Creek) и средняя (Barrow Trail) пачки формации шрэйда блаф (Schrader Bluff formation) относятся по возрасту к сантону и соответствуют в пределах Западной Сибири большей части славгородской свиты. В указанных пачках Канадской провинции встречен комплекс фораминифер с *Trochammina ribstonensis*, *Neobulimina canadensis*. В средней пачке (Barrow Trail) известны находки раннесантонского *Inoceramus cardissoides* Goldf. и других моллюсков совместно с фораминиферами. Анализируя состав сантонских комплексов фораминифер сравниваемых провинций, можно провести следующую параллель между отдельными видами Северной Аляски и Западной Сибири: *Bathysiphon vitta* Nauss и *Ammodiscus cretaceus* (Reuss) – общие виды; *Haplophragmoides* (?) *bonanzaensis* Stelck et Wall –

викариант *Labrospira senonica* Podobina; *Haplophragmoides rota* (Nauss) – *H. tumidus* Podobina; *Spiroplectamina mordenensis* Wickenden – *S. brevis modesta* Kisselman; *S. webberi* Tappan – *S. ancestralis* Kisselman; *Verneuilinoides fischeri* Tappan – *V. canadensis* (Wickenden); *Gaudryina* (?) *irenensis* Stelck et Wall – *Gaudryinopsis vulgaris* (Курпьянова); *Pseudoclavulina hastata* (Cushman) – *Pseudoclavulina admota* Podobina.

Следует отметить, что многие из видов, характерных для сантона формации шрэйда блафф (Schrader Bluff formation – сенон) Северной Аляски, начали свое существование с сеноман-туронского времени и из-за сходства условий существования не претерпели особых изменений в последующие века. В Западно-Сибирской провинции изменившиеся в сантонском веке условия существования (поднятие территории Арктики + возникшие барьеры) привели к некоторой изоляции провинции и к изменению систематического состава комплексов. Поэтому если комплексы фораминифер Северной Аляски на протяжении позднемеловой эпохи мало изменились, то в Западной Сибири видовой состав различен. В некоторой мере сходны с западносибирскими сантонские комплексы Канады – восточные районы Альберты [Nauss, 1947]. Канадские фораминиферы сантона более близки к таковым из восточного района Западной Сибири, где известны бентосные секционно-известковые раковины.

Рассматривая распространение фораминифер в сланцах ли парк восточной Альберты Канады (Lea Park Shale – сантон), можно отметить, что к низам толщи этих пород, соответствующих по положению в разрезе славгородскому горизонту или верхнеберезовскому надгоризонту Западной Сибири, приурочены многочисленные раковины вида *Trochammina ribstonensis* Wickenden и *Gaudryina* (?) sp. Выше по разрезу сланцев ли парк, примерно в средней части, встречены *Bathysiphon vitta* Nauss, *Ammodiscus* sp., *Haplophragmoides kirki* Wickenden, *Verneuilinoides* cf. *bearpawensis* Tappan, *Gaudryina* (?) *painoides* Nauss, *Quinqueloculina sphaera* Nauss, *Epistomina fax* Nauss, *Anomalinoides talaria* (Nauss), *Praebulimina venusae* (Nauss), *Bolivina elkensis* Nauss, *Neobulimina canadensis* (Wickenden), *Rugoglobigerina* cf. *cretacea* (Orb.), *Hastigerina aspera* (Ehrenberg) и др.

Сравнивая вышеперечисленные фораминиферы с западносибирскими сантонскими, можно видеть большое сходство, как указывалось, лишь в родовом составе. В видовом отношении из-за разобщенности ареалов фораминифер возникшими поднятиями, известными на севере Западной Сибири и в Северной Америке, а также вследствие разных фациальных условий сравниваемые комплексы заметно отличаются. Однако отдельные виды, как, например, *Bathysiphon vitta* Nauss, *Haplophragmoides kirki*

Wickenden, *Quinqueloculina sphaera* Nauss, *Epistomina fax* Nauss, являются общими для обеих провинций. Большинство остальных видов по отношению к западносибирским в основном викарирующие или совершенно другого систематического состава [Nauss, 1947].

В пределах центрального и южного районов провинции Альберта (Канада) выделено несколько микрофаунистических зон сантона, приуроченных к отдельным пачкам формации вэпиаби Wapiabi formation [Wall, 1967]. Верхняя часть формации вэпиаби по положению в разрезе, по-видимому, соответствует славгородскому горизонту Западной Сибири. Наибольшее сходство фораминифер с западносибирскими наблюдается в пачках доулинг (Dowling member), зистал (Thistle member) и гансон (Hanson member). Можно привести следующую параллель между видами этих пачек и славгородского горизонта Западной Сибири: *Bathysiphon vitta* Nauss – общий вид; *Ammodiscus* sp. – *A. cretaceus* (Reuss); *Reophax pepperensis* Loeblich – викариант с *R. inordinatus* Young; *Haplophragmoides* (?) *howardensis manifestum* Stelck et Wall – *Labrospira fraseri* (Wickenden) *propensa* Podobina, *Haplophragmoides crickmayi* Stelck et Wall – *H. tumidus* Podobina; *Ammodiscus* sp. – *A. agglutiniformis* Podobina; *Spiroplectamina* sp. – *S. senonana* Lalicker *pocurica* Balakh; *Trochammina wetteri* Stelck et Wall – *T. senonica* Belousova; *Marssonella* (?) *oxycona* (Reuss) – *Arenogaudryina granosa* Podobina; *Dorothia* (?) *smokyensis* Wall – *Gaudryinopsis vulgaris* (Курпьянова).

Комплексы фораминифер указанного стратиграфического уровня (сантон) сравниваемых провинций своеобразны по своему систематическому составу, так как представлены преимущественно агглютинированными раковинами астроризид, аммодисцид, гаплофрагмоидей, текстуляриид и атаксофрагмиид. В прибрежно-морских фациях им соответствуют комплексы с преобладанием бентосных известковых форм, единичные виды которых характерны для сантонских отложений. Некоторые из них выделяются среди видов комплексов *Cibicidoides eriksdalensis* и *C. luteus* прибрежно-морских фаций восточного района Западно-Сибирской провинции [Подобина, 2000; 2009].

Что касается Казахской провинции, некоторое сходство с западносибирскими фораминиферами наблюдается в комплексах её северного района. В отложениях, охарактеризованных сантонским аммонитом *Stantonoceras guadalupae* (Roemer), известны единичные агглютинированные и известковые фораминиферы родов *Pseudoclavulina*, *Gaudryinella*, *Discorbis* [Жукова, 1963]. Подобные роды на территории Западной Сибири чаще приурочены к нижнему подъярису сантона (низы славгородской свиты), в

котором распространен комплекс фораминифер с *Ammobaculites dignus*, *Pseudoclavulina admota* [Подобина, 1966, 1975, 1989, 2000, 2009, 20176].

Сантонские отложения в большинстве разрезов восточной Туркмении охарактеризованы комплексом фораминифер с *Gaudryinella pseudoasiatica* N. Вукова, в котором встречены агглютинированные фораминиферы родов *Labrospira*, *Haplophragmoides*, *Trochammina*, *Gaudryinella*. Во многих других разрезах Средней Азии известны зоны *Gavellinella infrasantonica* нижнего подъяруса и *Gavellinella stelligera* верхнего подъяруса сантона [Птушкина, 1975], в которых преобладают разнообразные лагениды, дискорбиды, аномалиниды и булиминиды.

Сантонские комплексы фораминифер Восточно-Европейской провинции известны по работам В.С. Акимец [Акимец, 1961], В.И. Барышниковой [Барышникова, 1955, 1956], А.А. Григялиса, В.С. Акимец, Е.С. Липник [Григялис, Акимец, Липник, 1974], Б.М. Келлера [Келлер, 1935], В.Г. Морозовой [Морозова, 1939], Г.Н. Швембергера [Швембергер, 1962], О.К. Каптаренко-Черноусовой и др. [Каптаренко-Черноусова и др., 1963] и других исследователей. Данные комплексы также состоят из известковых бентосных и планктонных организмов и почти полностью отличаются от западносибирских. В сантонских отложениях Восточно-Европейской провинции выделены две зоны фораминифер – *Gavellinella infrasantonica* и *G. stelligera*, соответствующие отдельным подъярусам сантона. Комплексы фораминифер в большинстве своем состоят из секреторно-известковых бентосных форм и отличаются по систематическому составу от разновозрастных западносибирских преобладанием раковин вышеуказанных отрядов [Практическое руководство, 1991].

На юго-востоке (окрестности г. Северска) в ряде разрезов скважин впервые обнаружены характерные сантонские виды агглютинированно-известковых фораминифер в славгородском горизонте [Подобина, 2009]. Эти находки дали возможность провести сопоставления сантонских комплексов агглютинированных фораминифер Арктической области с таковыми секреторных известковых форм сопредельных провинций Бореально-Атлантической области. Таким образом, по характерным сантонским секреторным известковым видам фораминифер западносибирские зоны *Ammobaculites dignus*, *Pseudoclavulina admota* (нижний сантон) и *Cribrostomoides exploratus*, *Ammomarginulina crispa* (верхний сантон) сопоставлены с разновозрастными зонами Восточно-Европейской провинции – *Gavellinella infrasantonica* и *G. stelligera*, соответствующими нижнему и верхнему подъярусам сантона.

В центральном районе Западно-Сибирской провинции в терригенно-кремнистых породах славго-

родской свиты обнаружены многочисленные радиолярии с кремнистым скелетом. В верхних слоях свиты к началу кампанского яруса радиолярии полностью исчезают.

Славгородский горизонт

3. Кампанский ярус – К_{3ср}

Нижний подъярус – К_{3ср1}

Зона *Bathysiphon vitta*, *Recurvoides magnificus*

Таблица III, фиг. 1–8

В.М. Подобина [Подобина, 1975, 1989, 2000, 2009, 2016] – *Bathysiphon vitta*, *Recurvoides magnificus*.

Стратотип – Томская область, Амбарская пл., скв. 1-р, инт. 718,0–712,0 м. Глины зеленовато-серые, алевроитовые. Мощность 6 м.

Зональный комплекс фораминифер в стратотипе: *Rhabdammina abussorum* M. Sars, *R. cylindrica* Glaessner, *R. irregularis* Carpenter, *Rhizammina indivisa* Brady, *Bathysiphon vitta* Nauss, *B. nodosarieformis* Subbotina, *Psammosphaera laevigata* White, *P. fusca* Schultze, *Saccamina sphaerica* (M. Sars), *S. complanata* (Franke), *Thurammina splendens* Egger, *Hyperammina elongata* Brady, *Reophax remotus* Podobina, *R. angustus* Belousova, *R. proprius* Podobina, *Hormosina gigantea* (Bulatova), *Glomospira corona* Cushman et Jarvis, *Ammodiscus cretaceus* (Reuss), *A. glabratus* Cushman et Jarvis, *Labrospira senonica* Podobina, *L. fraseri* (Wickenden) propensa Podobina, *Haplophragmoides kirki* Wickenden, *H. idoneus* Podobina, *H. tumidus* Podobina, *H. crispus* Podobina, *Cribrostomoides exploratus* Podobina, *C. trinitatensis* Cushman et Jarvis *sibiricus* Podobina, *Recurvoidella sewellensis* (Olsson) parvus (Belousova), *Recurvoides optivus* Podobina, *R. magnificus* Podobina, *Adercotryma glomeratoformis* (Zaspelova), *Ammobaculites agglutiniformis* Podobina, *Ammomarginulina crispa* (Kyprianova), *Spiroplectammina optata* Kisselman, *S. variabilis* (Neckaja), *Trochammina boehmi* Franke, *T. priva* Podobina.

Комплексы фораминифер разнообразны; размеры раковин средние и крупные. Агглютинированный кварцево-кремнистый бентос составляет почти 90%. Численно преобладают астроризиды и аммодисциды. По распространению в разрезах стратотипа и стратотипического района выделяется комплекс характерных видов: *Bathysiphon nodosarieformis* Subbotina, *B. vitta* Nauss, *Glomospira corona* Cushman et Jarvis, *Ammodiscus cretaceus* (Reuss), *Cribrostomoides trinitatensis* Cushman et Jarvis *sibiricus* Podobina, *Recurvoides magnificus* Podobina, *Spiroplectammina optata* Kisselman и виды известковых раковин.

Нижняя граница зоны устанавливается по появлению вида-индекса *Recurvoides magnificus* Podobina и видов характерного комплекса, верхняя граница – по

исчезновению видов *Recurvoides magnificus* Podobina, *T. priva* Podobina, *Verneuulinoides concinnus* Podobina.

Распространение. Западно-Сибирская равнина. В зоне *Bathysiphon vitta*, *Recurvoides magnificus* в пределах ее распространения установлен следующий комплекс фораминифер: виды зонального комплекса в стратотипе и стратотипической местности – *Thurammina papillata* Brady, *Alveolophragmium gratum* Podobina, *Dentalina legumen* Reuss, *Pyrulina cylindroides* (Roemer), *Eponides sibiricus* Neckaja, *Cibicides globigeriniformis* Neckaja, *Anomalinoides pinguis* (Jennings) *neckajae* Vassilenko, *Cibicidoides primus* Podobina, *Pullenia americana* Cushman, *P. kasakhstanica* Dain, *Bulimina omskiensis* Kisselman, *B. trihedra* Cushman *uralica* (Ehremeeva). Указанные виды секретионных известковых раковин (последние 10 видов) обычно распространены в центральном районе равнины в относительно более глубоководных глинисто-алевритовых фациях. В стратотипическом районе встречается преимущественно агглютинированный кварцево-кремнистый бентос.

Стратиграфическое положение. Нижний кампан в стратотипе зоны *Bathysiphon vitta*, *Recurvoides magnificus* соответствует верхним слоям славгородского горизонта.

4. Сравнение раннекампанских комплексов фораминифер разных палеобиогеографических районов Западной Сибири и других провинций

Нижнекампанская зона *Bathysiphon vitta*, *Recurvoides magnificus* приурочена к верхним слоям славгородской свиты одноименного горизонта. На Северной Аляске по положению в разрезе ей аналогична пачка сентинел хилл Sentinel hill member с *Trochammina albertensis*, *Eoeponidella linki*. Слои с данным комплексом представляют верхнюю часть формации шрейда блаф зоны *Trochammina ribstonensis*, *Neobulimina canadensis* (Schrader Bluff formation – [Tappan, 1960, 1962]). Кроме указанных видов-индексов, для этого комплекса характерны *Nonionellina taylorensis* (Hofker), *Eoeponidella strombodes* Tappan, *Anomalinoides solis* Nauss, *Gavelinella ammonoides* (Reuss). В пределах Западной Сибири прослеживается общий род *Nonionellina*, представители рода *Eoeponidella* отсутствуют, а викиантами двух последних видов являются *Anomalinoides pinguis* (Jennings) *neckajae* Vassilenko и *Gavelinella mira* Podobina. В западносибирском раннекампанском комплексе с *Bathysiphon vitta*, *Recurvoides magnificus* в восточном районе преобладают виды агглютинированных раковин, которым на Северной Аляске соответствуют викиарирующие и общие виды: *Bathysiphon vitta* Nauss – викиариант *B. brosgae* Tappan; *Ammodiscus cretaceus* (Reuss) – общий вид; западносибирская *Labrospira senonica*

Podobina – викиариант *Haplophragmoides* (?) *bonanzaensis* Stelck et Wall; *Haplophragmoides tumidus* Podobina – *H. rota* Nauss; *Spiroplectammina brevis* Kisselman – *S. mordenensis* Wickenden; *S. variabilis* Neckaja – *S. webberi* Tappan; *Verneuulinoides polystropha* (Reuss) – *V. fisheri* Tappan; *Gaudryinopsis vulgaris* (Kyprianova) – *Gaudryina* (?) *irenensis* Wickenden.

В пределах Канады (Центральная и Южная Альберта), по данным Д. Волла [Wall, 1967], к нижнему кампану относится верхняя часть формации вэпиаби (Wapiabi formation) – пачка номэд (Nomad member). Здесь все роды, отмеченные Д. Воллом, имеют секретионные известковые раковины и относятся к *Lenticulina*, *Vaginulina*, *Eoeponidella*, *Anomalinoides* и *Praebulimina*, большинство из которых известно в кампане Западной Сибири. Однако виды этих родов значительно отличаются от кампанских западносибирских.

На востоке провинции Альберта, согласно работе А. Наусса [Nauss, 1947], к кампану (возможно, нижнему) относится верхняя часть сланцев ли парк (Lea Park Shale) и пласты бэлли ривер (Belly River). Эти породы коррелируются в некоторой мере с верхними слоями славгородской свиты и её аналогов. Многие виды, выделенные А. Науссом для этой части разреза, соответствуют западносибирским: *Haplophragmoides rota* Nauss, викиарирующий с *H. tumidus* Podobina; *Nonionellina austinana* Cushman – *Nonionellina taylorensis* (Hofker); *Rugoglobigerina cretacea* (Orb.) – общий вид; *Praebulimina venusae* (Nauss) в пределах Западной Сибири выделяется в виде подвида *Praebulimina venusae* (Nauss) *atomata* Freiman. Однако, как и на Северной Аляске, в Канаде, западносибирский раннекампанский комплекс малоразнообразен, а маастрихтский там не известен. Некоторые виды агглютинированных форм Канады из слоев, аналогичных в Техасе формации наварро (Navarro formation – кампан-маастрихт), впервые описаны Д. Кушманом [Cushman, 1927]. Среди них для Северной Канады и Западной Сибири отмечены виды: *Ammodiscus cretaceus* (Reuss) – общий вид; *Haplophragmoides* (?) *rugosa* Cushman – викиариант западносибирскому *Labrospira senonica* Podobina; *Ammobaculites fragmentarius* Cushman выделяется как вид *A. agglutiniformis* Podobina, а *Verneuulinoides canadensis* (Wickenden) также является общим видом.

Таким образом, кампан (возможно, ранний кампан) Северной Аляски и Северной Канады содержит агглютинированные и секретионные известковые формы, отличающиеся небольшим видовым разнообразием. Обеднены в видовом и количественном отношении комплексы фораминифер раннего кампана в северном районе Западной Сибири [Подобина, Таначева, 1967]. Вероятно, это объясняется изменением условий осадконакопления, связанных с поднятиями, возникшими одновременно на севере

Западной Сибири и Канады, и обмелением указанных территорий. Поэтому в пределах Северной Аляски и Канады верхний кампан и маастрихт отсутствуют, а в Западной Сибири, по-видимому, кроме сохранившихся в верхах славгородской свиты одноименного горизонта отложений нижнего кампана, вышележащие среднекампанские слои из разреза выпадают.

Заключение

В славгородском горизонте и относящейся к нему широко распространенной одноименной свите, кроме самых верхних слоев, установлены две биостратиграфические (фораминиферовые) зоны – *Ammobaculites dignus*, *Pseudoclavulina admota* (нижний сантон) и *Cribristomoides exploratus*, *Ammomarginulina crispa* (верхний сантон). В аналогичных отложениях по бассейнам рек Тым и Пайдугина встречены слои с комплексами известковых фораминифер *Cibicidoides eriksdalensis* и *C. luteus* ранне- и позднесантонского возраста. Подобные фораминиферы встречены в верхнеберезовской подлите одноименной свиты Восточного склона Урала, представляющей, так же как и на востоке, сантонские прибрежно-морские фации славгородского бассейна. Эти слои, включающие секретионно-известковые фораминиферы, соответствуют вышеуказанным широко распространенным в славгородской свите (горизонта) сантонским зонам с агглютинированными кварцево-кремнистыми фораминиферами.

На Приполярном Урале (скв. УК-259, инт. 125,9–93,0 м) Э.О. Амоном [Амон, 1994] установлена ха-

актерная раннесантонская макрофауна – *Inoceramus* cf. *pachti* Arkh., *I. cardisoides* Gold. и другие совместно с фораминиферами зоны *Ammobaculites dignus*, *Pseudoclavulina admota*. Верхняя сантонская зона им не прослежена. Вместо нее Э.О. Амоном установлены слои с *Praebulimina gracilis*, сопровождаемые находками позднесантонских моллюсков *Inoceramus patootensis* Lar. и др.

Большое значение для утверждения сантон-раннекампанского возраста славгородского горизонта имеют сведения по фораминиферам, полученные из пород данной части разреза на юго-востоке Западной Сибири. Здесь в ряде разрезов скважин обнаружены совместные находки кварцево-кремнистых фораминифер из центрального района и агглютинированно-известковые раковины из сантона сопредельной Казахской провинции, попавших сюда через Мариинский пролив. В самых верхних слоях славгородской свиты (горизонта) выделена третья зона фораминифер – *Bathysiphon vitta*, *Recurvoides magnificus* раннекампанского возраста.

В результате изучения комплексов фораминифер с учетом ранее опубликованных данных доказан сантон-раннекампанский возраст славгородского горизонта. В нем выделены фораминиферовые зоны, увязанные с аналогичными слоями, включающими подобные родовые и реже – видовые таксоны. Подобное сходство обнаружено с фораминиферами из формации сантона – раннего кампана (Schrader Bluff Formation) Канадской провинции (Северная Аляска, Канада), относимой совместно с Западносибирской провинцией к Арктической палеобиогеографической области одноименного циркумполярного пояса.

ЛИТЕРАТУРА

- Акимец В.С. Стратиграфия и фораминиферы верхнемеловых отложений Белоруссии // Палеонтология и стратиграфия БССР / под ред. А.В. Фурсенко. Тр. ин-та геол. наук АН БССР. 1961. Сб. 3. 245 с.
- Амон Э.О. Очерк биостратиграфии верхнемеловых отложений Приполярного Предуралья (бассейн реки Усы) // Новые данные по стратиграфии верхнего палеозоя – нижнего кайнозоя Урала. Екатеринбург : Изд-во УрО РАН, 1994. С. 109–138.
- Барышников В.И. Стратиграфическое значение фораминифер верхнемеловых отложений Нижнего Поволжья и бассейна среднего течения р. Дона // Труды научной конференции по стратиграфии мезозоя и палеогена Нижнего Поволжья и смежных областей. Вольск, 1955. С. 271–279.
- Барышникова В.И. Стратиграфическое расчленение верхнемеловых отложений бассейна среднего течения р. Дона по распространению фораминифер // Труды Всесоюз. совещ. по разработке унифицированной схемы стратиграфии мезозойских отложений Русской платформы. Л. : Гостоптехиздат, 1956. С. 269–272.
- Булатова З.И. Зональное расчленение по фораминиферам турон-сантонских отложений в низовьях р. Таза // Материалы по стратиграфии и палеонтологии Сибири. Новосибирск, 1967. Вып. 55. С. 110–120.
- Булатова З.И., Войцель З.А. и др. Стратиграфия мезозоя и кайнозоя Западно-Сибирской низменности. М. : Гостоптехиздат, 1957. 148 с.
- Глазунова А.Е., Балахматова В.Т., Липман Р.Х. и др. Стратиграфия и фауна меловых отложений Западно-Сибирской низменности // Труды ВСЕГЕИ. Нов. сер. 1960. Т. 29. С. 3–346.
- Григалис А.А., Акимец В.С., Липник Е.С. Зоны и зональные комплексы фораминифер верхнемеловых отложений Русской платформы // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1974. № 4. С. 144–148.
- Дайн Л.Г. Некоторые виды фораминифер меловых отложений Шумихинского района Челябинской области // Микрофауна СССР. Сб. 12. Тр. ВНИГРИ. Нов. сер. Вып. 170. Л. : Гостоптехиздат, 1961. С. 4–42.
- Еремеева А.И., Белоусова Н.А. Стратиграфия и фауна фораминифер меловых и палеогеновых отложений восточного склона Урала, Зауралья и Северного Казахстана // Материалы по геологии и полезным ископаемым Урала. М., 1961. Вып. 9. С. 3–189.
- Жукова Е.А. Стратиграфия меловых отложений Гиссарского хребта по фауне фораминифер // Тр. ин-та геол. и разв. нефт. и газ. месторожд. АН УзССР. 1963. 127 с.
- Заспелова В.С. Фораминиферы верхнеюрских и меловых отложений Западно-Сибирской низменности // Микрофауна СССР. М., 1948. Сб. 1. С. 189–210.

- Каптаренко-Черноусова О.К., Голяк Л.М., Зернецкий Б.Ф., Краева Е.Я., Липник Е.С.** Атлас характерных фораминифер юры, мела и палеогена платформенной части Украины // Тр. ИГН АН УССР. Сер. стратиграфии и палеонтологии. Вып. 45. Киев : Изд-во АН УССР, 1963. 203 с.
- Келлер Б.М.** Микрофауна верхнего мела Днепровско-Донецкой впадины и некоторых других сопредельных областей // Бюлл. МОИП: отд. геол. 1935. Т. XIII, вып. 4. С. 522–558.
- Киприянова Ф.В.** Еще раз к вопросу о сantonском ярусе Зауралья // Биостратиграфическая характеристика юрских и меловых нефтегазоносных отложений Западной Сибири. Тр. ЗапСибНИГНИ. 1977. Вып. 119. С. 49–54.
- Кисельман Э.Н.** Расчленение верхнесенонских отложений Западно-Сибирской низменности по фораминиферам (верхняя часть верхнего кампана, маастрихт) // Материалы по стратиграфии и палеонтологии Сибири. Новосибирск, 1969. С. 116–124.
- Морозова В.Г.** К стратиграфии верхнего мела и палеогена Эмбенской области по фауне фораминифер // Бюл. МОИП, отд. геологии. 1939. Т. 7 (4–5). С. 59–86.
- Подобина В.М.** Фораминиферы верхнего мела Западно-Сибирской низменности. М. : Наука, 1966. 148 с.
- Подобина В.М.** Фораминиферы верхнего мела и палеогена Западно-Сибирской низменности, их значение для стратиграфии. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1975. 163 с.
- Подобина В.М.** Сравнительная характеристика фораминифер и корреляция верхнемеловых отложений Западной Сибири и других регионов // Материалы к стратиграфии Западно-Сибирской равнины. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1978. С. 89–108.
- Подобина В.М.** Фораминиферы и зональная стратиграфия верхнего мела Западной Сибири. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1989. 175 с.
- Подобина В.М.** Фораминиферы и биостратиграфия верхнего мела Западной Сибири. Томск : Изд-во НТЛ, 2000. 388 с.
- Подобина В.М.** Фораминиферы, биостратиграфия верхнего мела и палеогена Западной Сибири. Томск : ТГУ, 2009. 432 с., 73 палеонт. табл.
- Подобина В.М.** Фораминиферовые зоны границы сanton-кампана Западной Сибири // Горные ведомости. 2016. № 7 (146). С. 14–25.
- Подобина В.М.** Биостратиграфия и фораминиферы славгородского горизонта на юго-востоке Западной Сибири // Горные ведомости. 2017а. № 5 (153). С. 38–57.
- Подобина В.М.** Новые сведения о фораминиферах и биостратиграфии верхнего мела и палеогена Западной Сибири // Горные ведомости. 2017б. № 6 (154). С. 34–49.
- Подобина В.М., Таначева М.И.** Стратиграфия газоносных верхнемеловых отложений северо-восточных районов Западно-Сибирской низменности // Новые данные по геологии и полезным ископаемым Западной Сибири. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1967. Вып. 2. С. 89–99.
- Практическое** руководство по микрофауне СССР. Т. 5: Фораминиферы мезозоя. Л. : Недра, 1991. 375 с.
- Птушкина З.И.** Агглютинированные фораминиферы верхнемеловых отложений восточной Туркмении : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Л., 1975. 23 с.
- Решения** и труды Межведомственного совещания по доработке и уточнению унифицированных и корреляционных стратиграфических схем Западно-Сибирской низменности. Л. : Гостоптехиздат, 1961. С. 41.
- Ростовцев Н.Н.** Славгородская свита. Стратиграфический словарь. М. : Гос. науч.-техн. изд-во литературы по геологии и охране недр, 1956. С. 852–853.
- Субботина Н.Н. и др.** Фораминиферы меловых и палеогеновых отложений Западно-Сибирской низменности / под ред. Н.Н. Субботиной. Тр. ВНИГРИ. Вып. 234. Л. : Недра, 1964. 456 с.
- Таначева М.И.** Комплексы фораминифер из верхнемеловых отложений севера Западной Сибири // Биостратиграфическая характеристика юрских и меловых отложений Западной Сибири. Тр. ЗапСибНИГНИ. Тюмень, 1977. Вып. 119. С. 55–57.
- Труды** Межведомственного стратиграфического совещания по стратиграфии Сибири. Л. : Гостоптехиздат, 1957. 575 с.
- Шаровская Н.В.** Комплексы фораминифер из верхнемеловых отложений западной части Енисей-Хатангского прогиба // Уч. зап. НИИГА. Серия: Палеонтология и биостратиграфия. 1970. Вып. 30. С. 74–83.
- Швембергер Г.Н.** Стратиграфия верхнемеловых отложений северной части Ростовской области по фораминиферам // Геология и полезные ископаемые Дона и Нижнего Поволжья. Ростов-на-Дону, 1962. С. 73–87.
- Cushman J.A.** Some characteristic Mexican fossil foraminifera // J. Paleontol. 1927. V. 1, № 1. P. 147–172.
- Nauss A.W.** Cretaceous microfossils of the Vermilion area Alberta // J. Paleontol. 1947. V. 21, № 4. P. 329–343.
- Tappan H.** Cretaceous biostratigraphy of Northern Alaska // Bull. American Assoc. Petrol. Geol. 1960. V. 44, № 3. P. 273–297.
- Tappan H.** Foraminifera from the Arctic slope of Alaska. Pt. 3: Cretaceous Foraminifera // U.S. Geol. Survey. Prof. Paper. 1962. № 236 C. P. 91–209.
- Wall J.** Cretaceous Foraminifera of the Rocky Mountain Foothills, Alberta // Res. Council Alberta. 1967. Bull. 20. 185 p.

Автор:

Подобина Вера Михайловна, доктор геолого-минералогических наук, профессор, кафедра палеонтологии и исторической геологии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.
E-mail: podobina@ggf.tsu.ru

Geosphere Research, 2019, 4, 46–61. DOI: 10.17223/25421379/13/5

V.M. Podobina

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

BIOSTRATIGRAPHY OF SLAVGORODSKIAN HORIZON (SANTONIAN, LOWER CAMPANIAN) OF WESTERN SIBERIA (BASED ON FORAMINIFERA)

The Slavgorodskian Horizon, except of the upper layers consist of two zones of the early and late Santonian age: *Ammobaculites dignus*, *Pseudoclavulina admota* (the lower one) and *Cribr stomoides exploratus*, *Ammomarginulina crispa* (the upper one). Of interest

are the data on the Tym River (Paydugina basin) where the layers with the calcareous *Cibicidoides eriksdalensis* assemblages have been revealed. They are characteristic for the littoral-marine facies of the Santonian basin, and these layers containing the calcareous foraminifers correlating with the above mentioned, widespread through the Slavgorodskian Horizon – Santonian zones with agglutinated quartz-siliceous foraminifers.

The Campanian deposits (the upper layers of the Slavgorodskian Horizon) and the lower layers of the Gankinskian one) exist in the short bulk. In the upper layers of the Slavgorodskian Horizon is the upper zone – the third one with *Bathysiphon vitta*, *Recurvoides magnificus* – presumably of the earlier Campanian. All zones of Slavgorodskian Horizon have been correlated with the established foraminiferal (local biostratigraphical) zones in the European part of Russia as well as in Northern Alaska and Canada of the Canadian province. Of special interest are the new data on the foraminiferal assemblages of the Santonian age, receiving in the analogs rocks on the South-East of West Siberian province, accompanied by the specific foraminiferal finds. The assemblages have been assigned the Slavgorodskian Horizon being, by the author's data, an upper part of the Berezovskian Superhorizon.

Keywords: Biostratigraphy, Slavgorodskian Horizon, Santonian, Early Campanian, Foraminifera, Western Siberia.

REFERENCES

- Akimets V.S. *Stratigrafiya i foraminifery verkhnelovoykh otlozheniy Belorussii* [Stratigraphy and foraminifers of the Upper Cretaceous deposits of Belarus] // Paleontologiya i stratigrafiya BSSR / Pod red. A.V. Fursenko. Tr. in-ta geol. nauk AN BSSR, sb. 3. 1961. 245 p. In Russian
- Amon Eh.O. *Ocherk biostratigrafii verkhnelovoykh otlozheniy Pripolyarnogo Predural'ya (basseyne reki Usy)* [Essay on biostratigraphy of the Upper Cretaceous sediments of the Subpolar Urals (basin of the Usa River)] // Novye dannye po stratigrafii verkhnego paleozoya – nizhnego kaynozoya Urala. Ekaterinburg: Izd-vo UrO RAN, 1994. pp. 109–138. In Russian
- Baryshnikova V.I. *Stratigraficheskoe znachenie foraminifer verkhnelovoykh otlozheniy Nizhnego Povolzh'ya i basseyne srednego techeniya r. Dona* [The stratigraphic value of foraminifers of the Upper Cretaceous sediments of the Lower Volga and the basin of the middle reaches of the Don River] // Trudy nauchnoy konferentsii po stratigrafii mezozoya i paleogena Nizhnego Povolzh'ya i smezhnykh oblastey. Volsk, 1955. pp. 271–279. In Russian
- Baryshnikova V.I. *Stratigraficheskoe raschlenenie verkhnelovoykh otlozheniy basseyne srednego techeniya r. Dona po rasprostraneniyu foraminifer* [Stratigraphic division of the Upper Cretaceous sediments of the basin of the middle reaches of the Don River according to the distribution of foraminifera] // Trudy Vsesoyuzn. soveshch. po razrabotke unifitsirovannoy skhemy stratigrafii mezozoykikh otlozheniy Russkoy platformy. Leningrad: Gostoptekhizdat, 1956. pp. 269–272. In Russian
- Bulatova Z.I. *Zonal'noe raschlenenie po foraminiferam turon-santonikikh otlozheniy v nizov'yakh r. Taza* [Zonal partitioning by foraminifera of Turonian-Santonian sediments in the lower reaches of the Taza River] // Materialy po stratigrafii i paleontologii Sibiri. Novosibirsk, 1967. Vyp. 55. pp. 110–120. In Russian
- Bulatova Z.I., Voytsel' Z.A. i dr. *Stratigrafiya mezozoya i kaynozoya Zapadno-Sibirskoy nizmennosti* [Mesozoic and Cenozoic stratigraphy of the West Siberian Lowland] Moscow: Gostoptekhizdat, 1957. 148 p. In Russian
- Glazunova A.E., Balakhmatova V.T., Lipman R.KH. et al. *Stratigrafiya i fauna melovykh otlozheniy Zapadno-Sibirskoy nizmennosti* [Stratigraphy and Fauna of the Cretaceous Sediments of the West Siberian Lowland] // Tr. VSEGEI. Nov. ser. Leningrad, 1960. T. 29. pp. 23–124, 9 paleont. tabl. In Russian
- Grigyalis A.A., Akimets V.S., Lipnik E.S. *Zony i zonal'nye komplekсы foraminifer verkhnelovoykh otlozheniy Russkoy platformy* [Zones and zonal complexes of foraminifera of the Upper Cretaceous deposits of the Russian Platform] // Izv. AN SSSR. Ser. geol. 1974. № 4. pp. 144–148. In Russian
- Dayn L.G. *Nekotorye vidy foraminifer melovykh otlozheniy Shumikhinskogo rayona Chelyabinskoy oblasti* [Some species of foraminifera of Cretaceous deposits of the Shumikhinsky district of the Chelyabinsk region] // Mikro-fauna SSSR. Sb. 12. Tr. VNIGRI. Nov. ser.; Vyp. 170. Leningrad: Gostoptekhizdat, 1961. pp. 4–42. In Russian
- Eremeyeva A.I., Belousova N.A. *Stratigrafiya i fauna foraminifer melovykh i paleogenovykh otlozheniy vostochnogo sklona Urala, Zaural'ya i Severnogo Kazakhstana* [Foraminifera stratigraphy and fauna of Cretaceous and Paleogene deposits of the eastern slope of the Urals, Trans-Urals and Northern Kazakhstan] // Materialy po geologii i poleznym iskopayemym Urala. Moscow, 1961. Vyp. 9. pp. 3–189, 38 paleont. tabl. In Russian
- Zhukova E.A. *Stratigrafiya melovykh otlozheniy Gissarskogo khrebtá po faune foraminifer* [Stratigraphy of the Cretaceous deposits of the Hissar Range on the fauna of foraminifera] // Tr. in-ta geol. i razv. nef. i gaz. mestorozhd. AN UzSSR. 1963. 127 p. In Russian
- Zaspelova V.S. *Foraminifery verkhneyurskikh i melovykh otlozheniy Zapadno-Sibirskoy nizmennosti* [Foraminifera of Upper Jurassic and Cretaceous sediments of the West Siberian Lowland] // Mikrofauna SSSR. Sb. 1. Moscow, 1948. pp. 189–210, 3 paleont. tabl. In Russian
- Kaptarenko-Chernousova O.K., Golyak L.M., Zernetskiy B.F., Kraeva E.YA., Lipnik E.S. *Atlas kharakternykh foraminifer yury, mela i paleogena platformnoy chasti Ukrainy* [Atlas of characteristic foraminifers of Jurassic, Cretaceous and Paleogene platform part of Ukraine]. Tr. IGN AN USSR. Ser. stratigrafii i paleontologii; vyp. 45. Kiev: Izd-vo AN USSR, 1963. 203 p. In Russian
- Keller B.M. *Mikrofauna verkhnego mela Dneprovsko-Donetskoy vpadiny i nekotorykh drugikh sopredel'nykh oblastey* [Microfauna of the Upper Cretaceous of the Dnieper-Donets Basin and some other adjacent areas] // Byull. MOIP: otd. geol., 1935. T. XIII. Vyp. 4. pp. 522–558 In Russian
- Kipriyanova F.V. *Eshche raz k voprosu o santonskom yaruse Zaural'ya* [Once again to the question of the Santonian layer of the Trans-Urals] // Biostratigraficheskaya kharakteristika yurskikh i melovykh neftegazonosnykh otlozheniy Zapadnoy Sibiri. Tyumen', Tr. ZapSibNIGNI, vyp. 119. 1977. pp. 49–54. In Russian
- Kisel'man E.N. *Raschleneniye verkhnesenonskikh otlozheniy Zapadno-Sibirskoy nizmennosti po foraminiferam (verkhnyaya chast' verkhnego kampana, maastricht)* [Dismemberment of the Upper Senonian deposits of the West Siberian Lowland by foraminifera (upper part of the upper Kampan, Maastricht)] // Materialy po stratigrafii i paleontologii Sibiri. Novosibirsk, 1969. pp. 116–124. In Russian
- Morozova V.G. *K stratigrafii verkhnego mela i paleogena Embenskoy oblasti po faune foraminifer* [To stratigraphy of the Upper Cretaceous and Paleogene of the Emba region according to the fauna of foraminifera] // Byul. MOIP, otd. geologii. 1939. V. 7 (4–5). pp. 59–86. In Russian

- Podobina V.M. *Foraminifery verkhnego mela Zapadno-Sibirskoy nizmennosti* [Foraminifera of the Upper Cretaceous of the West Siberian Lowland]. Moscow: Nauka, 1966. 148 p., 19 Tabl. In Russian
- Podobina V.M. *Foraminifery verkhnego mela i paleogena Zapadno-Sibirskoy nizmennosti, ikh znachenie dlya stratigrafii* [Foraminifera of the Upper Cretaceous and Paleogene of the West Siberian Lowland, their significance for stratigraphy]. Tomsk: Izd-vo Tom. un-ta, 1975. 163 p., 40 paleont. tabl. In Russian
- Podobina V.M. *Sravnitel'naya kharakteristika foraminifer i korrelyatsiya verkhnemelovykh otlozheniy Zapadnoy Sibiri i drugikh regionov* [Comparative characteristics of foraminifera and correlation of Upper Cretaceous sediments of Western Siberia and other regions] // *Materialy k stratigrafii Zapadno-Sibirskoy ravniny*. Tomsk: Izd-vo Tom. un-ta, 1978. pp. 89–108. In Russian
- Podobina V.M. *Foraminifery i zonal'naya stratigrafiya verkhnego mela Zapadnoy Sibiri* [Foraminifera and zonal stratigraphy of the Upper Cretaceous of Western Siberia]. Tomsk: Izd-vo Tom. un-ta, 1989. 175 p., 35 paleont. tabl. In Russian
- Podobina V.M. *Foraminifery i biostratigrafiya verkhnego mela Zapadnoy Sibiri* [Foraminifera and biostratigraphy of the Upper Cretaceous of Western Siberia]. Tomsk: Izd-vo NTL, 2000. 388 p., 80 paleont. tabl. In Russian
- Podobina V.M. *Foraminifery, biostratigrafiya verkhnego mela i paleogena Zapadnoy Sibiri* [Foraminifera, biostratigraphy of the Upper Cretaceous and Paleogene of Western Siberia] Tomsk: TGU, 2009. 430 p., 73 paleont. tabl. In Russian
- Podobina V.M. *Foraminifery zony granitsy santona-kampana Zapadnoy Sibiri* [Foraminifera zones of the border of the santon-campan of Western Siberia] // *Gornyye vedomosti*. 2016. № 7 (146). pp. 14–25, 5 paleont. tabl. In Russian
- Podobina V.M. *Biostratigrafiya i foraminifery slavgorodskogo gorizonta na yugo-vostokey Zapadnoy Sibiri* [Biostratigraphy and Foraminifera of the Slavgorod Horizon in the South-East of Western Siberia] // *Gornyye vedomosti*. 2017a. № 5 (153). pp. 38–57, paleont. tabl. 2-11. In Russian
- Podobina V.M. *Novyye svedeniya o foraminiferakh i biostratigrafii verkhnego mela i paleogena Zapadnoy Sibiri* [New information on foraminifera and biostratigraphy of the Upper Cretaceous and Paleogene of Western Siberia] // *Gornyye vedomosti*. 2017b. № 6 (154). pp. 34–49, 6 paleont. tabl. In Russian
- Podobina V.M., Tanacheva M.I. *Stratigrafiya gazonosnykh verkhnemelovykh otlozheniy severo-vostochnykh rayonov Zapadno-Sibirskoy nizmennosti* [Stratigraphy of gas-bearing Upper Cretaceous deposits of the northeastern regions of the West Siberian Lowland] // *Novyye dannyye po geologii i poleznym iskopayemym Zapadnoy Sibiri*. Tomsk: Izd-vo Tom. un-ta, 1967. Vyp. 2. pp. 89–99. In Russian
- Prakticheskoye rukovodstvo po mikrofaune SSSR. T. 5. Foraminifery mezozoya* [A practical guide to the microfauna of the USSR. V. 5. Mesozoic Foraminifera]. Leningrad : Nedra, 1991. pp. 170–198, paleont. tabl. 76-97. In Russian
- Ptushkina Z.I. *Agglyutinirovannyye foraminifery verkhnemelovykh otlozheniy vostochnoy Turkmenii* [Agglutinated foraminifera of the Upper Cretaceous sediments of eastern Turkmenistan] / Avtoref. dis. ... kand. geol.-min. nauk. L., 1975. 23 p. In Russian
- Resheniya i trudy Mezhdv. soveshch. po dorabotke i utochneniyu unifikats. i korrelyats. stratigraficheskikh skhem Zapadno-Sibirskoy nizmennosti* [Decisions and proceedings of the Interdepartmental meeting on the refinement and refinement of the unified and correlation stratigraphic schemes of the West Siberian Lowland]. Leningrad : Gostoptekhizdat, 1961. p. 41. In Russian
- Rostovtsev N.N. *Slavgorodskaya svita. Stratigraficheskiy slovar'* [Slavgorod Suite. Stratigraphic Dictionary]. Moscow: Gos. nauchnotekhn. izd-vo literatury po geologii i okhrane nedr. 1956. pp. 852–853. In Russian
- Subbotina N.N. et al. *Foraminifery melovykh i paleogenovykh otlozheniy Zapadno-Sibirskoy nizmennosti* [Foraminifera of the Cretaceous and Paleogene sediments of the West Siberian Lowland] // *Tr. VNIGRI*, Vyp. 234. 1964. 456 p., 66 paleont. tabl. In Russian
- Tanacheva M.I. *Kompleksy foraminifer iz verkhnemelovykh otlozheniy severa Zapadnoy Sibiri* [Foraminifer complexes from the Upper Cretaceous deposits of the north of Western Siberia] // *Biostratigraficheskaya kharakteristika yurskikh i melovykh otlozheniy Zapadnoy Sibiri*. Tr. ZapSibNIGNI; Vyp. 119. Tyumen, 1977. p. 55-57. In Russian
- Trudy Mezhdv. soveshchaniya po stratigrafii Sibiri* [Proceedings of the Interagency Stratigraphic Meeting on Siberian Stratigraphy]. Leningrad : Gostoptekhizdat, 1957. 575 p. In Russian
- Sharovskaya N.V. *Kompleksy foraminifer iz verkhnemelovykh otlozheniy zapadnoy chasti Enisey-Khatangskogo progiba* [Foraminifer complexes from the Upper Cretaceous sediments of the western part of the Yenisei-Khatanga trough] // *Uch. zap. NIIGA. Seriya: paleontologiya i biostratigrafiya*. 1970. Vyp. 30. pp. 74–83. In Russian
- Shvemberger G.N. *Stratigrafiya verkhnemelovykh otlozheniy severnoy chasti Rostovskoy oblasti po foraminiferam* [Stratigraphy of the Upper Cretaceous deposits of the northern part of the Rostov Region by foraminifera] // *Geologiya i poleznye iskopaemye Dona i Nizhnego Povolzh'ya*. Rostov-na-Donu, 1962. pp. 73–87. In Russian
- Cushman J.A. Some characteristic Mexican fossil foraminifera // *J. Paleontol.*, 1927. V. 1, No 1. pp. 147–172
- Nauss A.W. Cretaceous microfossils of the Vermilion area Alberta // *J. Paleontol.*, 1947. V. 21, No 4. pp. 329-343
- Tappan H. Cretaceous biostratigraphy of Northern Alaska // *Bull. American Assoc. Petrol. Geol.*, 1960. V. 44, No 3. pp. 273–297
- Tappan H. Foraminifera from the Arctic slope of Alaska. / Pt. 3, Cretaceous Foraminifera // *U.S. Geol. Survey. Prof. Paper*. 1962. No. 236 C. pp. 91–209
- Wall J. Cretaceous Foraminifera of the Rocky Mountain Foothills, Alberta // *Res. Council Alberta*, 1967. Bull. 20. 185 p.

Author:

Podobina Vera M., Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Professor, Department of Historical Geology and Paleontology, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.
E-mail: podobina@ggf.tsu.ru

ГЕОХИМИЯ

УДК 556+504

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПИРОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ПО СОДЕРЖАНИЮ Cu, Pb, Zn И Cd В КОМПОНЕНТАХ ВАСЮГАНСКОГО БОЛОТА (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)



Ю.А. Харанжевская^{1,2}, А.А. Синюткина¹, Л.П. Гашкова¹

¹ Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа – филиал СФНЦА РАН, Россия, Томск

² Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, Томск

В статье проведена оценка пирогенной нагрузки и экологических последствий пожара 2016 г в пределах северо-восточных отрогов Васюганского болота. В 2016–2018 гг. был организован мониторинг атмосферных выпадений в пределах постпирогенного участка и за его границей, определялось содержание Cu и Pb, Zn, Cd в торфе, растениях, в болотных и речных водах. Установлено, что в составе атмосферных выпадений на постпирогенных участках повышается количество Zn в 2 раза, Pb – в 14, Cu – в 4, Cd – до 9 раз, а территория, связанная с загрязнением Zn и Pb в результате пожара 2016 г., охватывает зону в 8 км, что согласуется с розой ветров. Исследования (Щербов и др., 2016) показали, что в верхнем слое (0–5 см) торфяной залежи отмечается значительное повышение концентраций Cu, Zn, Cd, Pb в 3–6 раз относительно фоновых участков в 100 м от границы (РГ). По оценкам (Щербов и др., 2016) зона экстремального загрязнения тяжелыми металлами ограничивается в основном зоной интенсивного выгорания поверхности, однако и за ее пределами также отмечено существенное (в 2 раза) повышение концентрации Zn, Cd, Pb, за исключением Cu, преимущественно за счет миграции элементов с болотными водами. Содержание тяжелых металлов также достоверно возрастает на постпирогенных участках в *Sphagnum fuscum* и *Pinus sylvestris* в течение вегетационного периода.

Ключевые слова: торф, болотные воды, тяжелые металлы, пирогенная нагрузка, Васюганское болото, Западная Сибирь.

Введение

В настоящее время природные пожары приобрели катастрофические масштабы и стали реальным экологическим бедствием. Торфяные пожары вызывают долгосрочное задымление населенных пунктов и являются серьезной экологической проблемой для многих стран мира [Kunii et al., 2002; Rappold et al., 2011; Shcherbov, 2012; George et al., 2016; Gregory et al., 2018]. Торфяные пожары способны сохраняться на протяжении длительного времени (от недели до нескольких лет), несмотря на интенсивные выпадения атмосферных осадков и усилия по борьбе с ними [Page, Baird, 2016]. Зачастую очаги возгорания возникают в более отдаленных от инфраструктуры местностях, что осложняет доставку техники для их локализации. Несмотря на усовершенствование системы прогноза пожарной опасности количество пожаров не уменьшается год от года, и начиная с 1989 г. появилась выраженная тенденция к возрастанию горимости лесов и количества торфяных пожаров. Считается, что причиной значительного увеличения пожарной активности со второй половины XX в. послужили рост городов и повышение антропогенной нагрузки [Ganteaume et al., 2013; Lamentowicz et al., 2015]. Одновременно с этим причиной также являются наблюдаемые изменения климата, которые связаны с досто-

верным увеличением температуры воздуха и изменением характера циркуляции атмосферы на планете, что и приводит к увеличению частоты возникновения засушливых пожароопасных периодов [Dai, 2013; Shvidenko, Schepaschenko, 2013; Loginov et al., 2014; Huang et al., 2016].

Пирогенный фактор вносит существенный вклад в трансформацию органического вещества болот и динамику накопления углерода. При сжигании биомассы потери углерода из торфа в атмосферу составляют в среднем $3,2 \pm 0,4 \text{ кгC/m}^2$ [Turetsky et al., 2002]. Пожары на болотах приводят к изменению их растительного покрова [Benscoter, Vitt, 2008], химических и водно-физических свойств торфяной залежи, трансформации биогеохимических циклов элементов [Rosenburg et al., 2013; Guoping et al., 2015], способствуют выносу значительного количества загрязняющих веществ (тяжелых металлов, полиароматических углеводородов и др.) [Shcherbov, Lazareva, 2010; George et al., 2016], причиняя вред человеческому здоровью на территориях, значительно превосходящих площади возгорания [Betha et al., 2013; Hayasaka et al., 2014]. В последнее время участились пожары в пределах заболоченных территорий Западной Сибири. Исследования показали, что при верховых пожарах активно мигрируют Hg, Cd, As, Zn, Mg, а также ^{137}Cs , ^{90}Sr , в меньшей степени

Pu, Pb, повышается концентрация Ni, Co, Cr. В зависимости от типа пожара эмиссия элементов может достигать от 15 до 60% от исходного количества. По оценкам ежегодная эмиссия отдельных тяжелых металлов в результате пожаров в Сибири составляет от 1–2 (Hg, Cd, As, Sb) до тысяч тонн (Pb, Zn, Mn) [Щербов и др., 2015]. Таким образом, проблема природных пожаров и их экологических последствий для Западной Сибири остается весьма актуальной. **Цель** данной работы – оценка пирогенной нагрузки и экологических последствий пожара 2016 г. на участке северо-восточных отрогов Васюганского болота.

Объектом исследования является участок осушенного болота в бассейне р. Гавриловка (северо-восточные отроги Васюганского болота) в Бакчар-

ском районе Томской области, выгоревший в период с августа по октябрь 2016 г. Площадь выгоревшей территории составила 5,54 км². Территорию можно дифференцировать согласно трем классам пирогенной нагрузки, отличающимся по характеру повреждений почвенно-растительного покрова. Для участков 1-го класса пирогенной нагрузки характерна гибель древесного яруса и выгорание надземной части травяно-кустарничкового и полное выгорание мохового яруса на всех формах микрорельефа. Для участков 2-го класса пирогенной нагрузки отмечено частичное выгорание поверхности в пределах 40–60%. На участках 3-го класса пирогенной нагрузки наблюдаются частичное выгорание почвенного покрова и торфяной залежи, обгорание корней и повал деревьев (рис. 1).

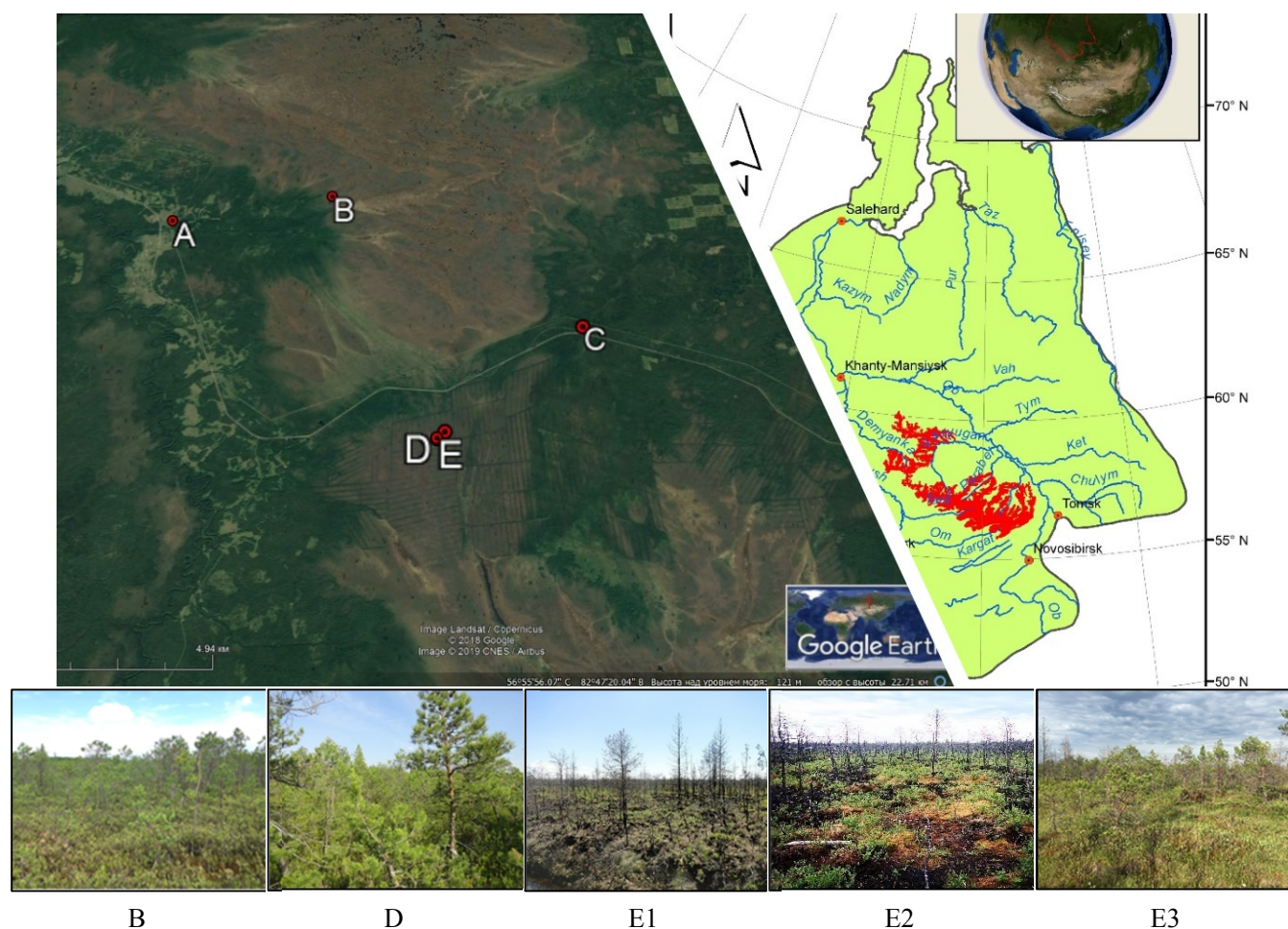


Рис. 1. Схема расположения территории исследования в пределах Васюганского болота

A – р. Ключ; B – сосново-кустарничково-сфагновое верховое болото (фоновый участок), C – р. Гавриловка; D – осушенное сосново-кустарничково-сфагновое верховое болото в 100 м от границы пожара; E1 – участок 1-го класса пирогенной нагрузки с выгоранием мохового и травяно-кустарничкового ярусов на всех формах микрорельефа; E2 – участок 2-го класса с частичным выгоранием поверхности в пределах 40–60%; E3 – локальный естественный участок болота внутри контура пожара

Fig. 1. The location of the study area within the Great Vasyugan Mire

A – Klyuch River; B – pine-shrub-sphagnum raised bog (background site); C – Gavrilovka River; D – drained pine-shrub-sphagnum raised bog within distance 100 m from the fire boundary; E1 – site 1st class of pyrogenic load with burnout of moss and grass-shrub layers on all forms of microrelief; E2 – site of class 2 with partial burnout of the surface (40–60%); E3 – local pristine area of the bog inside the fire contour

Методика исследований

Для оценки пирогенной нагрузки в 2016–2018 гг. был организован мониторинг атмосферных выпадений Cu и Pb, Zn, Cd в пределах пирогенного участка и за его границей, определялось содержание тяжелых металлов в болотных водах, речных водах, в торфе и растениях. Отбор проб производился в пределах четырех пунктов осушенного сосново-кустарничково-сфагнового верхового болота в бассейне р. Гавриловка: ПГ1 – участок 1-го класса пирогенной нагрузки с выгоранием мохового и травяно-кустарничкового ярусов на всех формах микрорельефа, ПГ2 – участок 2-го класса с частичным выгоранием поверхности в

пределах 40–60%, ПГ3 – локальный естественный участок болота внутри контура пожара, РГ – участок в 100 м за границей пожара. В качестве фоновой территории был принят аналогичный участок сосново-кустарничково-сфагнового верхового болота в бассейне р. Ключ в 8 км на северо-запад от выгоревшей территории. Для анализа миграционной активности тяжелых металлов также проводился отбор проб речных вод в реках Гавриловка и Ключ. Анализ атмосферных выпадений Cu и Pb, Zn, Cd осуществлялся методом пассивного отбора проб атмосферного оседания пыли по содержанию частиц на 1 м^2 за интервал времени 1 месяц с применением пластиковых пробоотборников, установленных на 2 м (рис. 2).

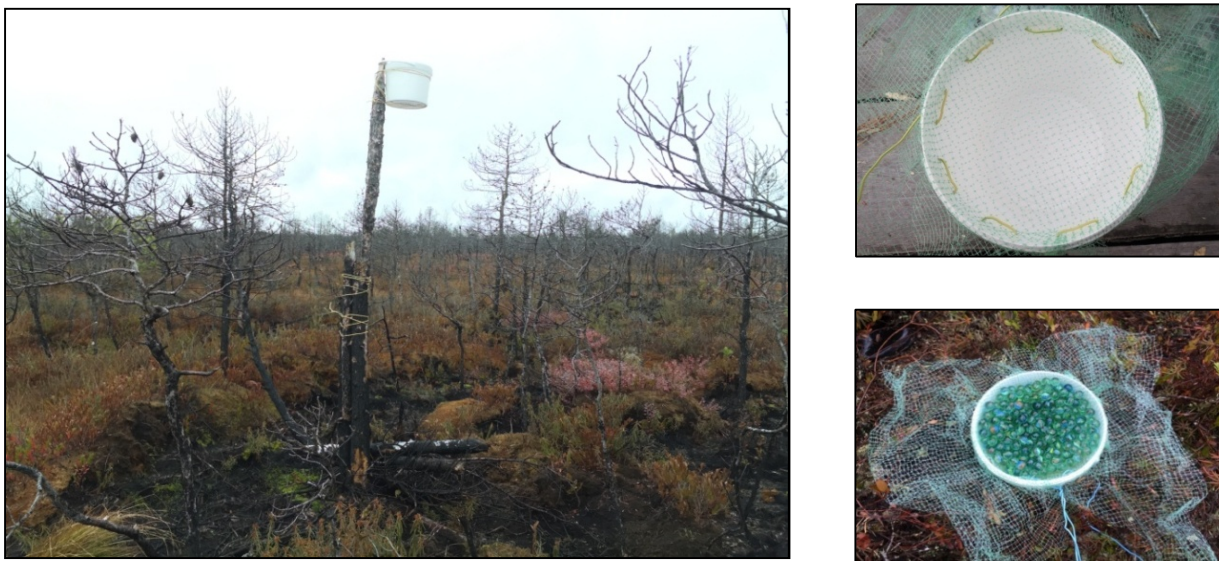


Рис. 2. Мониторинг атмосферных выпадений с применением методики Геологической службы США

Fig. 2. Monitoring of atmospheric deposition using the methodology of the US Geological Survey

В пробоотборниках на сетку, закрепленную на 3–4 см ниже края, помещают стеклянные шарики [Reheis, 2003]. Пробоотборники перед установкой тщательно промываются дистиллированной водой. Отбор проб торфа проводился с применением торфяного бура ТБГ-66 по генетическим горизонтам в соответствии с видами торфа и степенью разложения. Пробы болотных и речных вод отбирали специально подготовленным пробоотборником с глубины 30–50 см в стерильные пробирки.

Для анализа содержания Cu и Pb, Zn, Cd были отобраны типичные виды болотных растений *Chamaedaphne calyculata*, *Pinus silvestris*, *Sphagnum fuscum*. Анализ проб производился после предварительного кислотного разложения методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-МС) в Химико-аналитическом центре «Плазма».

Результаты и их обсуждение

Анализ данных по пробоотборнику, установленному в пределах контура пожара, показал, что в составе атмосферных выпадений достоверно повышается количество Zn в 2 раза, Pb – в 14 раз, Cu – в 4 раза, Cd – до 9 раз (рис. 3). В целом территория, связанная с загрязнением Zn и Pb в результате пожара 2016 г. охватывает зону в 8 км, что согласуется с розой ветров.

Такой вывод был сделан по результатам анализа атмосферных выпадений по пробоотборнику, установленному в пределах верхового сосново-кустарничково-сфагнового участка Васюганского болота в 8 км на северо-запад от участка пожара. Так, в 2016 г. были отмечены сопоставимые величины модуля аэрального поступления Zn, модуль, равный $0,4\text{ мг/м}^2$ месяц, отмечен в 2016 и 2018 г. на участке пожара.

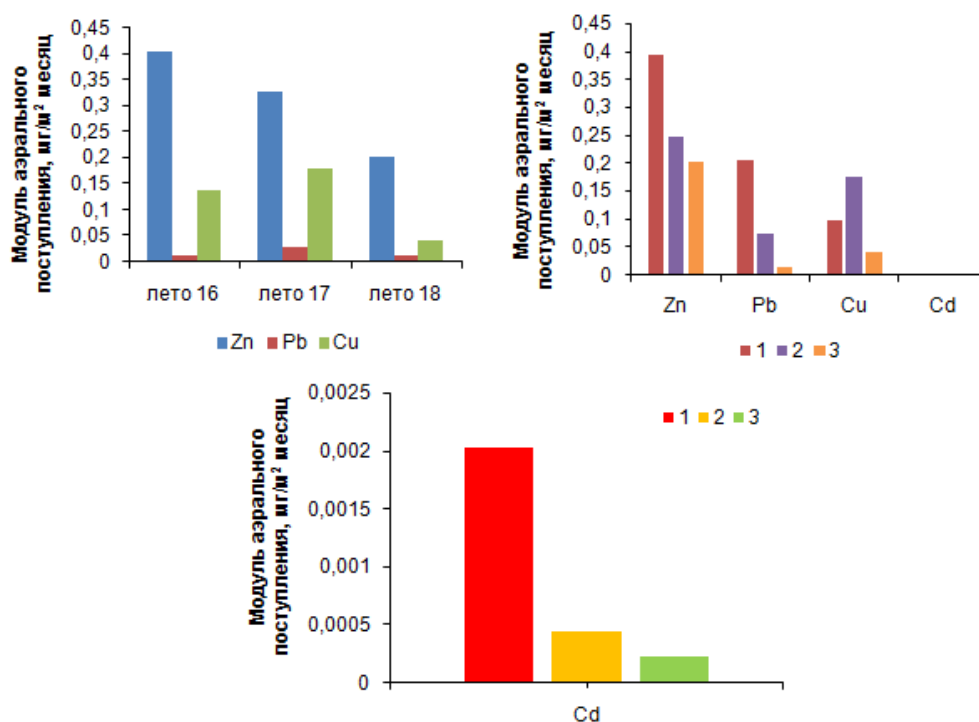


Рис. 3. Модуль аэрального поступления Zn, Cu, Pb, Cd в зоне влияния пожара 2016 г.

1 – ПГ1, 2 – РГ, 3 – фоновый участок сосново-кустарничково-сфагнового болота в 8 км

Fig. 3. The module of the aerial input of Zn, Cu, Pb and Cd in the zone of influence of the fire in 2016

1 – PG1, 2 – RG, 3 – background site of a pine-shrub-sphagnum bog, 8 km from the fire area

Таким образом, модуль аэрального поступления Zn в летний период 2018 г. в пределах участка пожара составляет $0,4 \text{ мг/м}^2$ месяц, тогда как на расстоянии 100 м в пределах аналогичного участка (РГ) модуль снижается до $0,25 \text{ мг/м}^2$ месяц, что практически соответствует фоновой территории; на участке естественного сосново-кустарничково-сфагнового болота в бассейне р. Ключ в 8 км на северо-запад модуль составил $0,2 \text{ мг/м}^2$ месяц. Модуль аэрального поступления Pb существенно ниже и на участке пожара составил $0,2 \text{ мг/м}^2$ месяц, снижаясь более чем в 2 раза на расстоянии 100 м от контура пожара и достигая минимальных значений на расстоянии 8 км от пирогенного участка. Модуль аэрального поступления Cu имеет неоднозначную закономерность и повышается относительно фона в стометровой зоне за границей пожара больше, чем в его пределах. Модуль аэрального поступления Cd существенно повышается на пирогенном участке до $0,002 \text{ мг/кг}$, снижаясь в 5 раз в стометровой зоне. Ретроспективный анализ показал снижение концентрации Zn и Cu в составе атмосферных выпадений в 2018 г. в сравнении с 2016 г. Анализ данных по содержанию Cu в торфяной залежи мониторинговых пунктов в пожарном контуре (ПГ1, ПГ2, ПГ3) и за его пределами в 100 м (РГ) показал достоверное увеличение концен-

трации элемента в верхнем слое 0–5 см в 3–6 раз относительно фона только в пределах двух участков, для которых характерно выгорание поверхности. Так, в пределах ПГ1 содержание Cu составило $13,4 \text{ мг/кг}$, а в пределах ПГ2 равно $23,5 \text{ мг/кг}$ (см. рис. 4–7).

Содержание Zn достоверно увеличивается в 3 раза относительно фона в слое 0–5 см в пределах ПГ1 и ПГ2, концентрация составляет $70,1$ и $69,6 \text{ мг/кг}$ соответственно. В пределах ПГ3 так же, как и на участке за пределами пожарного контура (РГ), повышение концентрации Zn отмечается не на поверхности, а в слое 20–30 см (ПГ3) и 15–20 см (РГ) а содержание изменяется в пределах 44 и $41,8 \text{ мг/кг}$ соответственно, что связано с процессами миграции Zn с болотными водами.

Содержание Cd также повышается в слое 0–5 см торфяной залежи до экстремальных величин $0,77$ и $1,04 \text{ мг/кг}$ (в 3–4 раза выше фона) в пределах ПГ1 и ПГ2 соответственно. Для участка ПГ3 повышение концентрации Cd в верхнем слое 0–5 см не обнаружено, однако концентрации элемента повышаются в слое 20–30 см до величин $0,42 \text{ мг/кг}$, что в 2 раза превышает фоновые концентрации, характерные для РГ ($0,27 \text{ мг/кг}$). В верхнем слое ПГ1 и ПГ2 отмечается также существенное повышение Pb до величин $53,4$ и $36,5 \text{ мг/кг}$ соответственно, что в 4–6 раз превышает фоновое содержание в 100 м от границы по-

жара РГ (8,12 мг/кг). Между тем следует отметить повышение концентрации Pb в слое 20–30 см (ПГЗ) и в слое 15–20 см (РГ), что свидетельствует об ак-

тивной миграции элемента с болотными водами в толще торфяной залежи. Повышение концентрации Pb в этом случае составляет до 14,8–16,5 мг/кг.

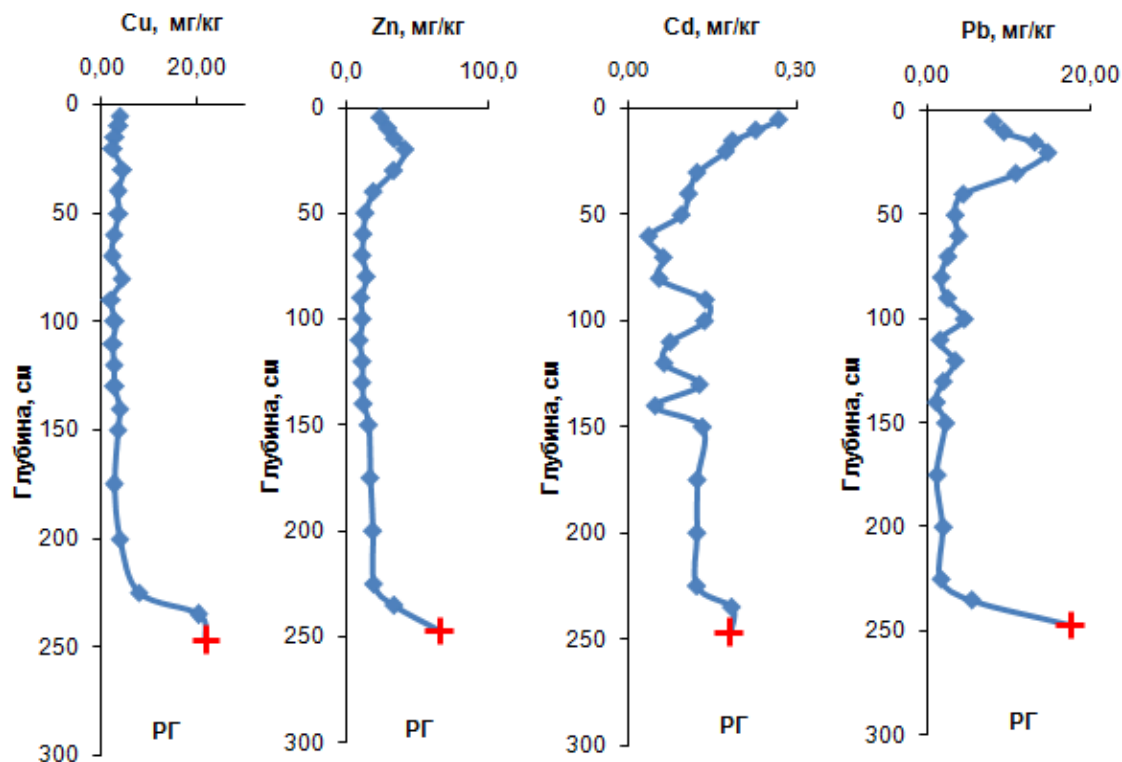


Рис. 4. Изменение Zn, Pb, Cu и Cd по глубине торфяной залежи (красным отмечено содержание в подстилающих породах)

Fig. 4. Distribution of Zn, Pb, Cu and Cd in the peat deposit (the content in the underlying rocks is marked in red)

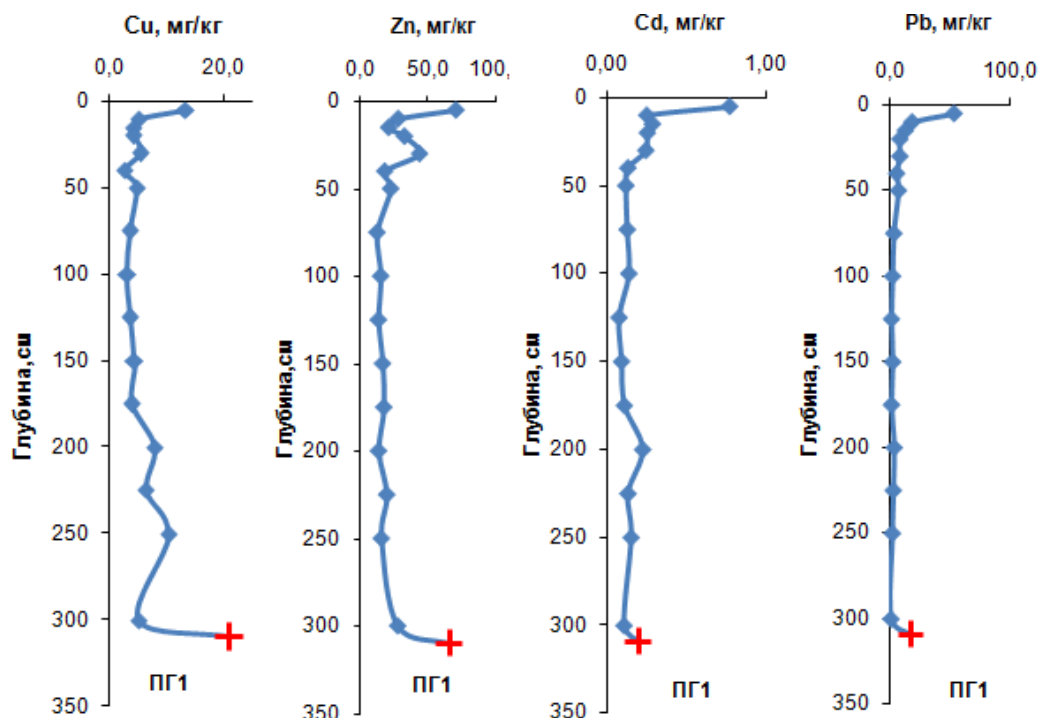


Рис. 5. Изменение Zn, Pb, Cu и Cd по глубине торфяной залежи в зоне максимальной пирогенной нагрузки, 1-й класс (красным отмечено содержание в подстилающих породах)

Fig. 5. Distribution of Zn, Pb, Cu and Cd in the peat deposit within the zone of maximum pyrogenic load, class 1 (the content in the underlying rocks is marked in red)

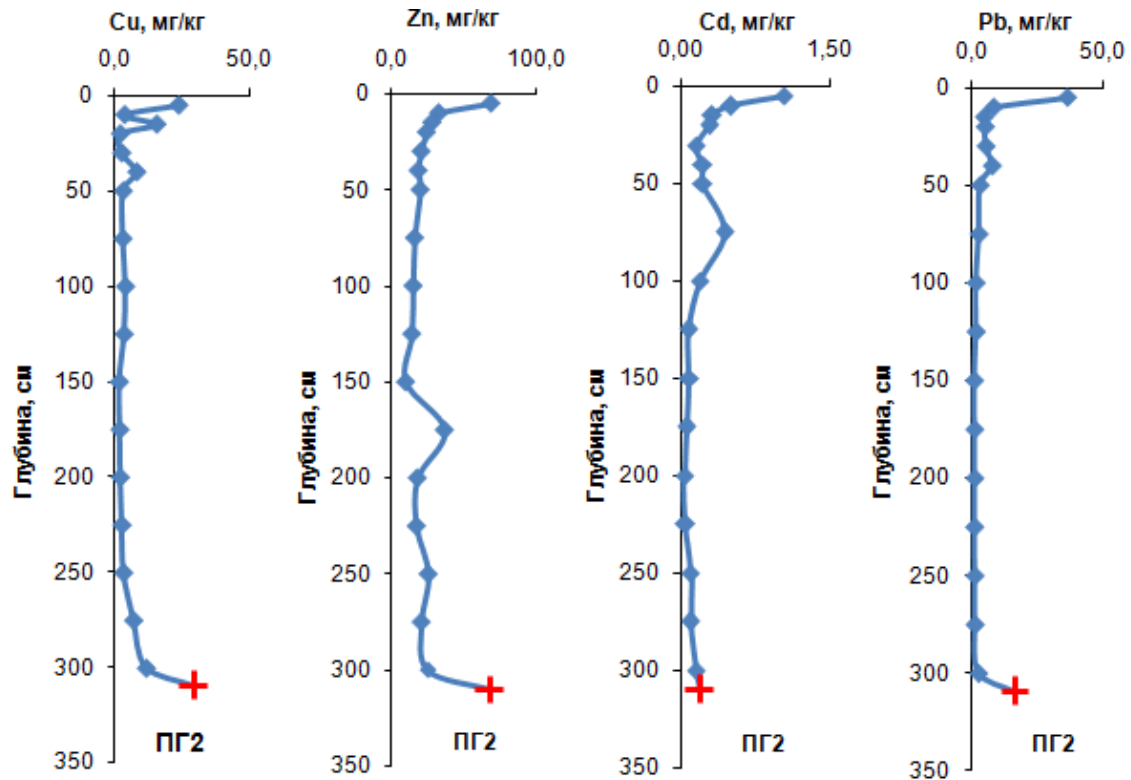


Рис. 6. Изменение Zn, Pb, Cu и Cd по глубине торфяной залежи в зоне пирогенной нагрузки, 2-й класс (красным отмечено содержание в подстилающих породах)

Fig. 6. Distribution of Zn, Pb, Cu and Cd in the peat deposit within the zone of pyrogenic load, class 2 (the content in the underlying rocks is marked in red)

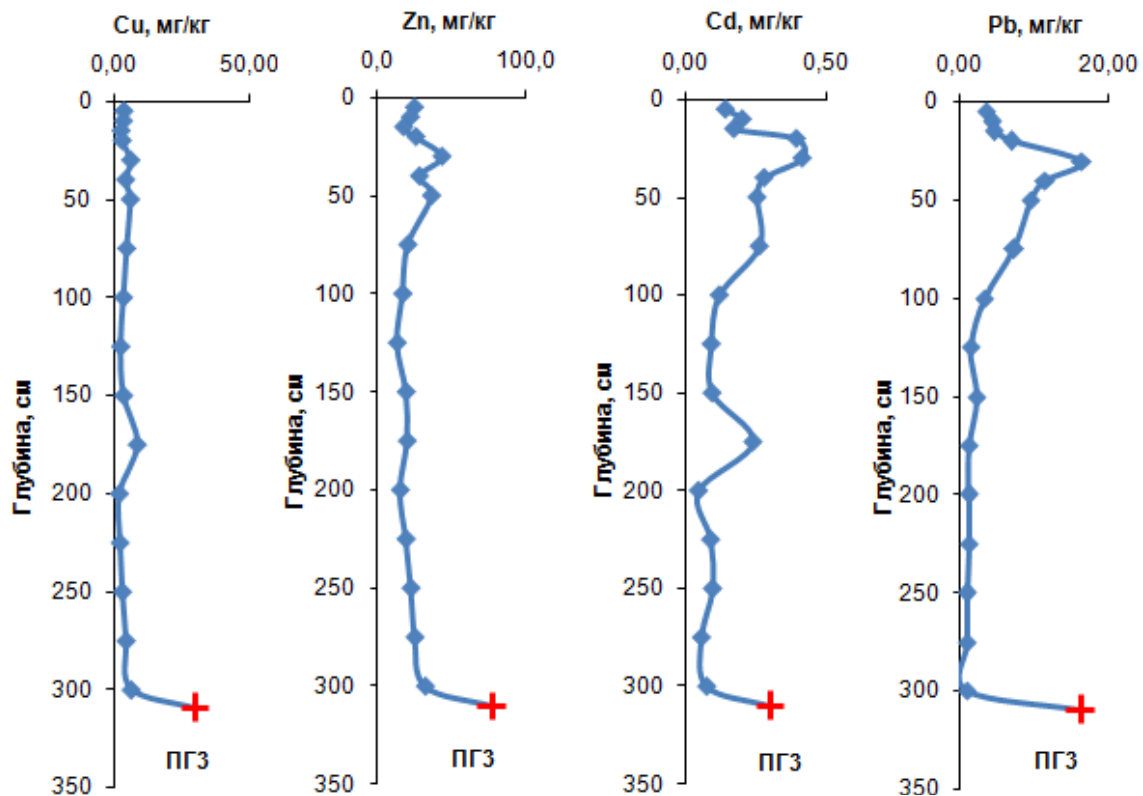


Рис. 7. Изменение Zn, Pb, Cu и Cd по глубине торфяной залежи в пределах локального естественного участка болота внутри контура пожара (красным отмечено содержание в подстилающих породах)

Fig. 7. Distribution of Zn, Pb, Cu and Cd in the peat deposit within the local pristine area of the bog inside the fire contour (the content in the underlying rocks is marked in red)

Таким образом, в результате пожара 2016 г. в верхнем слое (0–5 см) торфяной залежи отмечается значительное повышение концентраций Cu, Zn, Cd, Pb в 3–6 раз относительно фонового участка в 100 м от границы (РГ). Зона экстремального загрязнения тяжелыми металлами ограничивается в основном зоной интенсивного выгорания поверхности, однако и за ее пределами также отмечено существенное (в 2 раза) повышение концентрации Zn, Cd, Pb, за исключением Cu, преимущественно за счет миграции элементов с болотными водами.

Анализ данных по болотным водам показал достоверное повышение Cu, Zn, Cd, Pb в болотных водах и водах водоприемника – р. Гавриловка. В болотных водах ПГ1–ПГ3 отмечается повышение содержания Cu в июне, августе и сентябре в 1,3–10 раз относительно фонового участка низкого яра в бассейне р. Ключ в 8 км (п. 3), в 100 м от контура пожара также отмечается повышение концентрации Cu в болотных водах в мае (рис. 8). Повышение Zn в болотных водах пирогенного участка в сравнении с фоновым (в 8 км) отмечается в течение практически всего сезона. Максимальные превышения фоновых концентраций отмечаются в сентябре: ПГ1 – в 4,5 раза, ПГ2 – в 1,55 раза, ПГ3 – в 1,3 раза. Обращают на себя внимание более высокие концентрации в болотных водах ПГ2 и ПГ3 в течение сезона (за исключением сентября), что связано, вероятно, с

более интенсивным выносом элементов с болотными водами на ПГ1 при более существенном выгорании верхнего слоя торфяной залежи. В июле и августе отмечается снижение концентраций Zn в соответствии со снижением уровней болотных вод. Содержание Cd в болотных водах пирогенного участка (преимущественно ПГ2 и ПГ3), а также в 100 м за пределами пожара достоверно превышает фоновые концентрации в 7 раз (за исключением августа). В сезонной динамике следует отметить постепенное увеличение концентрации Cd в болотных водах к августу–сентябрю. Повышение Pb в болотных водах пирогенного участка в сравнении с фоновым (в 8 км) отмечается в течение практически всего сезона (в 1,7–3 раза). Экстремальное повышение концентраций Pb в болотных водах (в 25 раз относительно фона) наблюдается в конце сезона на участке 1-го класса пирогенной нагрузки с полным выгоранием поверхности (ПГ1). Сопоставление данных по речным и болотным водам показало активную миграцию элементов, максимум концентрации Zn, Cd, Zn, Pb в канале отмечается в мае–июне, а в р. Гавриловка – в июле, кроме Cd, который активно мигрирует в июне. Сопоставление концентраций элементов в водах рек Гавриловка и Ключ показало повышение в 1,5–2 раза концентраций Cu и Zn в июле, сентябре в пределах пирогенного участка и в 2–4 раза Cd и Pb с июня по сентябрь (рис. 9).

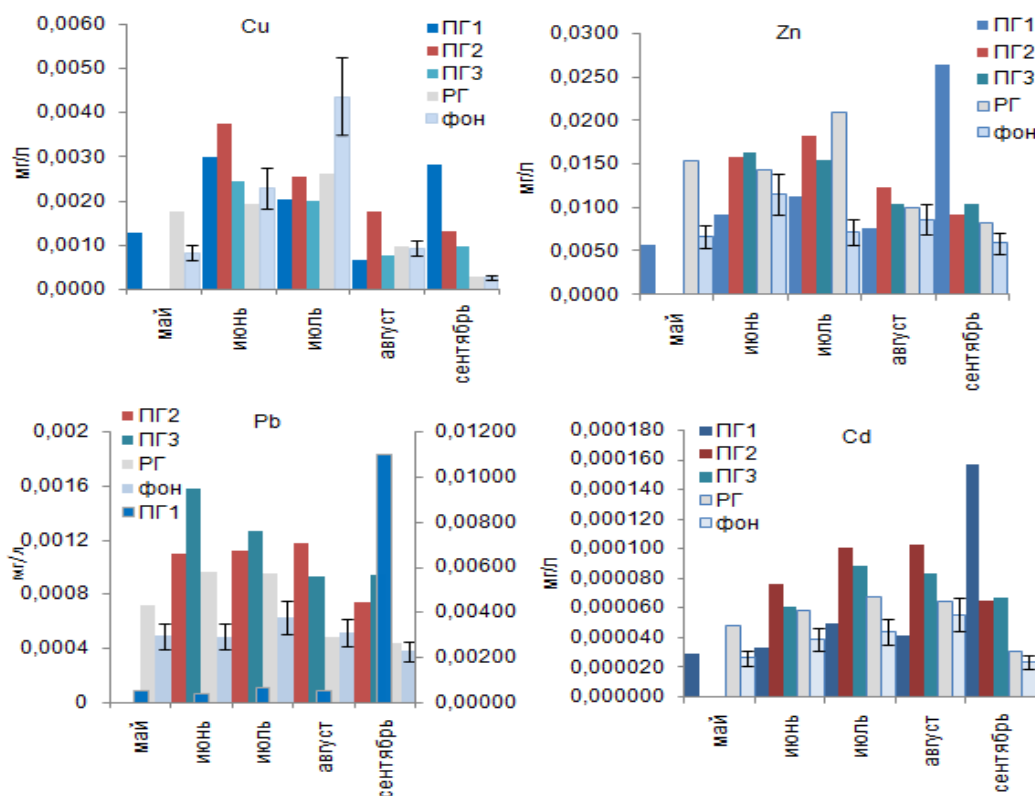


Рис. 8. Динамика содержания Cu, Zn, Cd, Pb в болотных водах в пределах пирогенного участка Васюганского болота в 2018 г.

Fig. 8. Water content of Cu, Zn, Cd and Pb within the pyrogenic area of the Great Vasyugan Mire in 2018

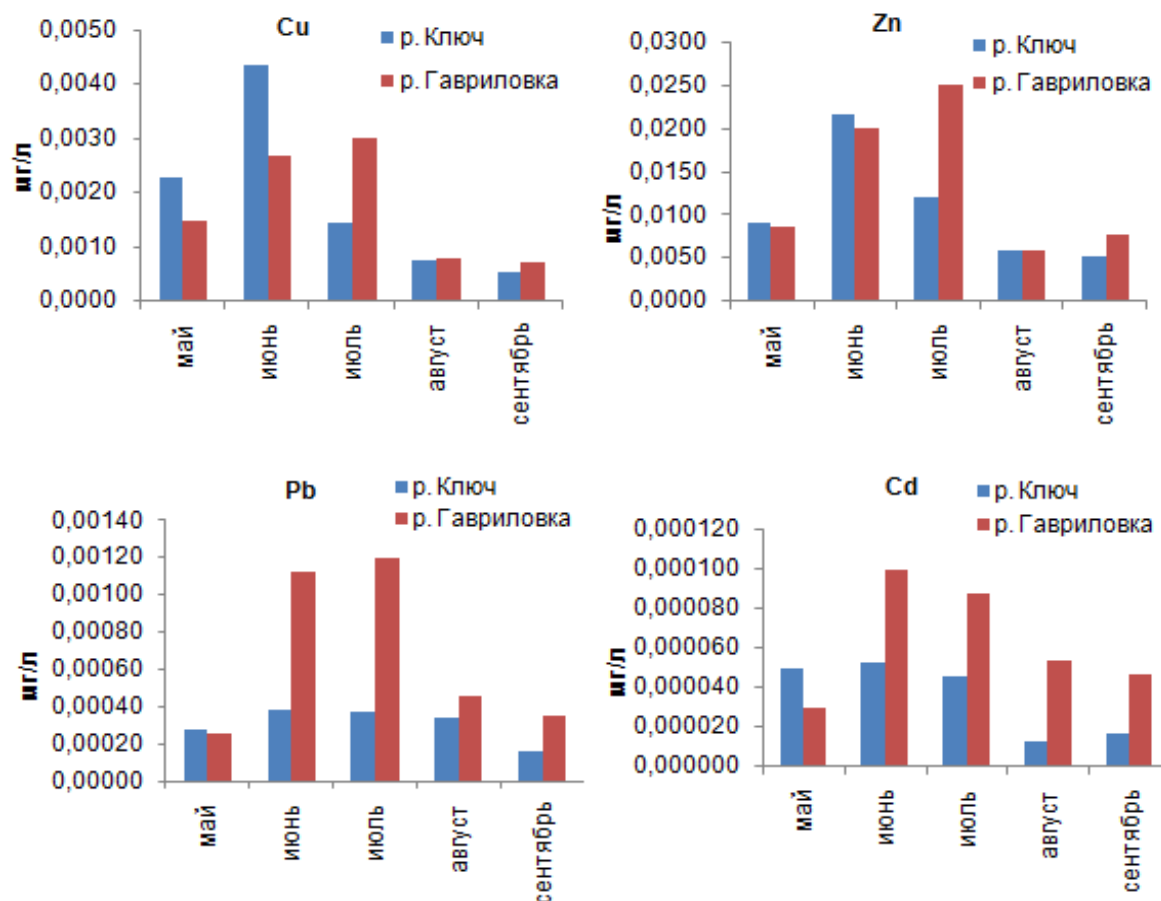
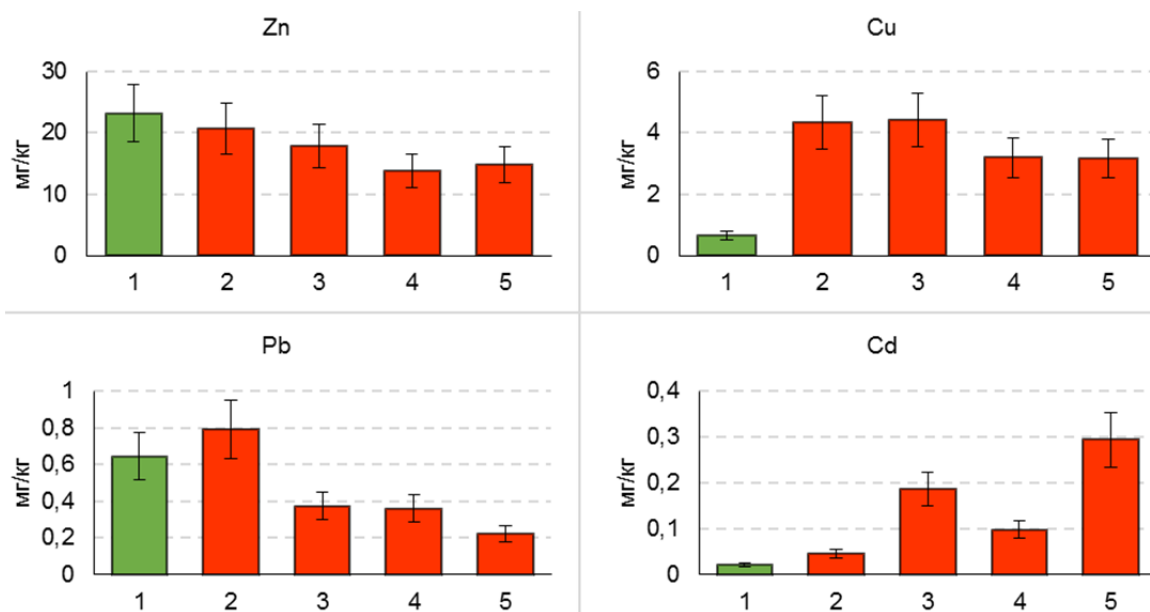
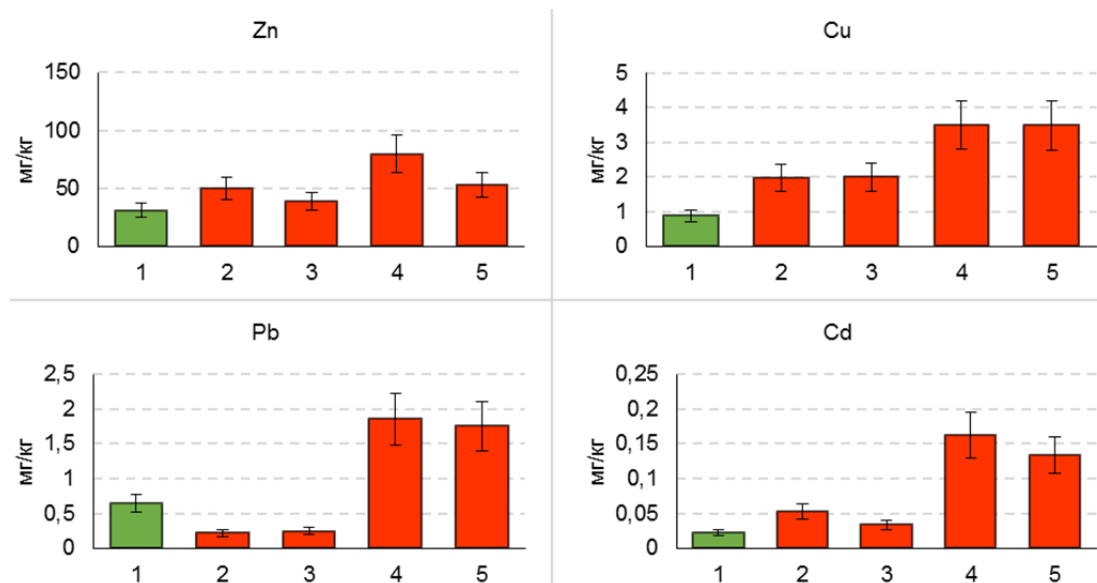


Рис. 9. Динамика содержания Cu, Zn, Cd, Pb в речных водах в 2018 г.

Fig. 9. River water content of Cu, Zn, Cd and Pb in 2018

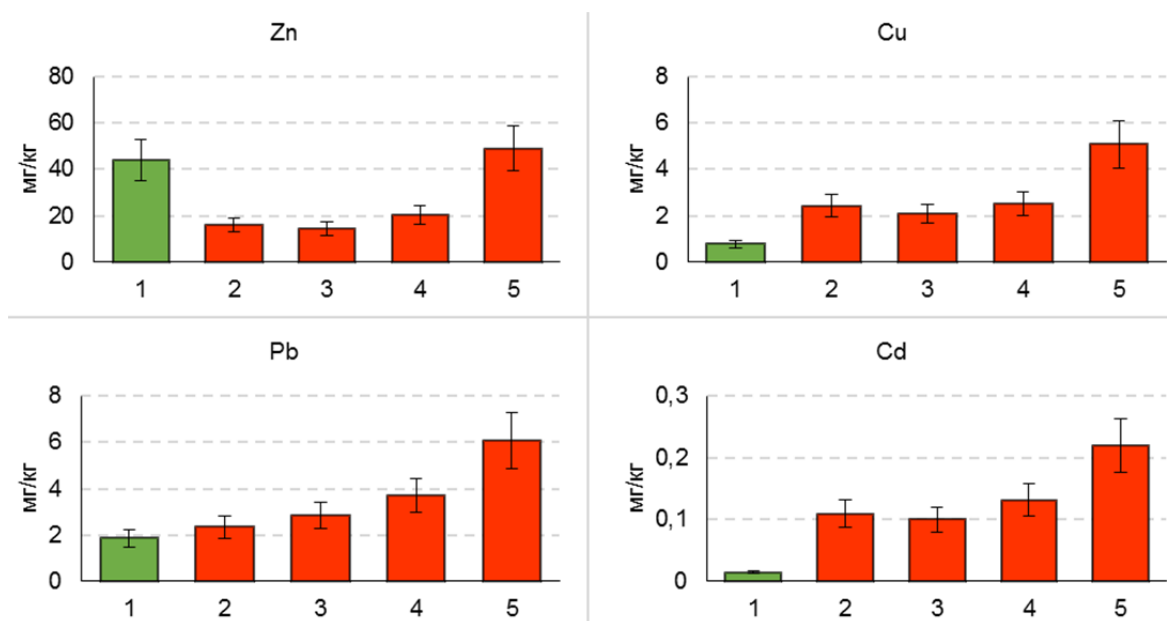
Рис. 10. Содержание тяжелых металлов в *Chamaedaphne calyculata*
1 – фоновые значения, 2 – РГ, 3 – ПГЗ, 4 – ПГ2, 5 – ПГ1Fig. 10. The content of heavy metals in *Chamaedaphne calyculata*
1 – background values, 2 – RG, 3 – PG3, 4 – PG2, 5 – PG1

Рис. 11. Содержание тяжелых металлов в *Pinus sylvestris*

1 – фоновые значения, 2 – РГ, 3 – ПГ3, 4 – ПГ2, 5 – ПГ1

Fig. 11. The content of heavy metals in *Pinus sylvestris*

1 – background values, 2 – RG, 3 – PG3, 4 – PG2, 5 – PG1

Рис. 12. Содержание тяжелых металлов в *Sphagnum fuscum*

1 – фоновые значения, 2 – РГ, 3 – ПГ3, 4 – ПГ2, 5 – ПГ1

Fig. 12. The content of heavy metals in *Sphagnum fuscum*

1 – background values, 2 – RG, 3 – PG3, 4 – PG2, 5 – PG1

Содержание Cu наиболее сильно возросло (в 7 раз), по сравнению с фоном, на участках РГ и ПГ3, расположенных рядом с постпирогенными участками. На ПГ1 и ПГ2, наиболее сильно пострадавших от пожара, концентрация Cu в *Chamaedaphne calyculata* увеличилась в 5 раз. Содержание Cd увеличивается в 2–10 раз, по сравнению с фоном на

постпирогенных и соседних с ними участках. Содержание всех рассмотренных элементов в *Pinus sylvestris* значительно увеличивается, по сравнению с фоном, на постпирогенных участках ПГ1 и ПГ2. Концентрация Zn наиболее возрастает (в 2,6 раза по сравнению с фоном) на ПГ2. Концентрация Cu в *Pinus sylvestris* возрастает в 2 раза на соседних с га-

рию РГ и ПГЗ, и в 3 раза на постпирогенных ПГ1 и ПГ2 (см. рис. 10–12).

Содержание Cd увеличивается в *Pinus sylvestris* в 1,5–2 раза на РГ и ПГЗ и в 6–8 раз – на ПГ1 и ПГ2. Содержание элементов в *Sphagnum fuscum* наиболее закономерно по отношению к другим видам, увеличивается по мере увеличения влияния пожара. Максимальные значения зафиксированы на наиболее выгоревшем участке ПГ1. Исключение составляет содержание Zn. Очевидно, что его фоновая концентрация в *Sphagnum fuscum* выше, чем содержание на пострадавшем от пожара болоте.

Содержание Zn, Cu, Pb и Cd в растениях рассматривалось на четырех участках болота, в разной степени пострадавших от пожара. В качестве модельных были выбраны виды – доминанты каждого яруса: *Pinus sylvestris*, *Chamaedaphne calyculata* и *Sphagnum fuscum*. В качестве фоновых значений использованы средние для данных видов с болот юго-восточной части Западной Сибири [Гашкова, 2016].

В результате сравнения полученных нами данных выяснилось, что содержание Zn и Pb в *Chamaedaphne calyculata* на постпирогенных участках не только не увеличивается, но даже немного снижается по сравнению с фоновыми значениями и участком РГ.

Заключение

Таким образом, через год после пожара в верхнем слое (0–5 см) торфяной залежи отмечается значительное повышение концентраций Cu, Zn, Cd, Pb в 3–6 раз относительно фонового участка в 100 м от границы (РГ). Зона экстремального загрязнения тяжелыми металлами ограничивается в основном зоной интенсивного выгорания поверхности, однако, и за ее пределами также отмечено существенное (в 2 раза) повышение концентрации Zn, Cd, Pb, за ис-

ключением Cu, преимущественно за счет миграции элементов с болотными водами.

Содержание тяжелых металлов в растениях, как правило, достоверно возрастает на участках, соседних с пожаром, но, еще в большей мере увеличивается на постпирогенных участках. Из рассмотренных видов растений наиболее показательно увеличивается содержание тяжелых металлов с возрастанием влияния пирогенного фактора у *Sphagnum fuscum* и *Pinus sylvestris*. Данные виды могут служить индикатором степени нарушения болота.

Анализ данных за 2018 г. показал, что через 2 года после пожара сохраняются высокие концентрации Cu, Zn, Cd, Pb в болотных водах и водах водоприемника – р. Гавриловка. В болотных водах отмечается превышение фонового содержания Zn, Cd, Pb в течение всего года, а Cu – в июне, августе и сентябре. Зачастую обращают на себя внимание более высокие в течение вегетационного периода концентрации Cu, Zn, Cd, Pb в болотных водах участка 2-го класса пирогенной нагрузки, для которого характерно частичное выгорание поверхности в пределах 40–60% (ПГ2) и экстремальное повышение содержания (до 25 раз относительно фона) в конце сезона на участке 1-го класса пирогенной нагрузки с полным выгоранием поверхности (ПГ1). Сопоставление концентраций элементов в водах р. Гавриловка с водоприемником фоновой территории – р. Ключ, показало повышение в 1,5–2 раза концентраций Cu и Zn в июле, сентябре в условиях пирогенного фактора, и в 2–4 раза Cd и Pb с июня по сентябрь.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ по научному проекту № 18-44-700005 (определение содержания тяжелых металлов в компонентах болот пирогенного участка), а также в рамках государственного задания по теме ПНИ РАН № 0778-2019-0005 (мониторинг содержания тяжелых металлов в пределах фоновых территорий).

ЛИТЕРАТУРА

- Гашкова Л.П. Особенности накопления тяжелых металлов болотными растениями юго-востока Западной Сибири // Вестник Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина. 2016. № 4 (53). С. 146–159.
- Щербов Б.Л., Лазарева Е.В., Журкова И.С. Лесные пожары и их последствия (на примере сибирских объектов). Новосибирск : Гео, 2015. 154 с.
- Benscoter B.W., Vitt D.H. Spatial patterns and temporal trajectories of the bog ground layer along a post-fire chronosequence// Ecosystems. 2008. V. 11. P. 1054–1064. DOI: 10.1007/s10021-008-9178-4
- Betha R., Pradani M., Lestari P., Joshi U.M., Reid J.S., Balasubramanian R. Chemical speciation of trace metals emitted from Indonesian peat fires for health risk assessment // Atmospheric Research. 2013. V. 122. P. 571–578. DOI: 10.1016/j.atmosres.2012.05.024
- Dai A. Increasing drought under global warming in observations and models // Nature Climate Change 2013. V. 3 (1). P. 52–58. DOI: 10.1038/nclimate1633
- Ganteaume A., Camia A., Jappiot M., Miguel-Ayanz J.S., Long-Fournel M., et al. A Review of the Main Driving Factors of Forest Fire Ignition Over Europe // Environmental Management. 2013. V. 51 (3). P. 651–662. DOI: 10.1007/s00267-012-9961-z
- George I.J., Black R.R., Geron C.D., Aure I.L.J., Haysa M.D., Prestond W.T., Gulletta B.K. Volatile and semivolatile organic compounds in laboratory peat fire emissions // Atmospheric Environment. 2016. V. 132. May. P. 163–170. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2016.02.025
- Gregory R.W., Akilu Y., Landis M.S., Hsu Y. Impacts of a large boreal wildfire on ground level atmospheric concentrations of PAHs, VOCs and ozone // Atmospheric Environment. 2018. V. 178. P. 19–30. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2018.01.013

- Guoping W., Xiaofei Yu., Kunshan B., Wei X., Chuanyu G., Qianxin L., Xianguo L.** Effect of fire on phosphorus forms in Sphagnum moss and peat soils of ombrotrophic bogs // *Chemosphere*. 2015. V. 119. P. 1329–1334. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2014.01.084
- Hayasaka H., Noguchi I., Putra E.I., Yulianti N., Vadrevu K.** Peat-fire-related air pollution in Central Kalimantan, Indonesia // *Environmental Pollution*. 2014. V. 195. P. 257–266. DOI: 10.1016/j.envpol.2014.06.031
- Huang J., Yu H., Guan X., Wang G., Guo R.** Accelerated dryland expansion under climate change // *Nature Climate Change*. 2016. № 6. Iss. 2. P. 166–171. DOI: 10.1038/nclimate2837
- Kunii O., Kanagawa S., Yajima I., Hisamatsu Y., Yamamura S., Amagai T., Ismail I.T.S.** The 1997 haze disaster in Indonesia: Its air quality and health effects // *Arch. Environ. Health*. 2002. № 57 (1). P. 16–22. DOI: 10.1080/00039890209602912
- Lamentowicz M., Slowiński M., Marcisz K., Zielińska M., Kaliszan K., Lapshina E., Gilbert D., Buttler A., Fialkiewicz-Kozel B., Jassey V.E.J., Laggoun-Defarge F., Kolaczek P.** Hydrological dynamics and fire history of the last 1300 years in Western Siberia reconstructed from a high-resolution, ombrotrophic peat archive // *Quaternary Research*. 2015. № 84 (3). P. 312–325. DOI: 10.1016/j.yqres.2015.09.002
- Loginov S.V., Ippolitov I.I., Kharyutkina E.V.** The relationship of surface air temperature, heat balance at the surface, and radiative balance at the top of atmosphere over the Asian territory of Russia using reanalysis and remote-sensing data International // *Journal of Remote Sensing*. 2014. № 35 (15). P. 5878–5898. DOI: 10.1080/01431161.2014.945007
- Page S.E., Baird A.J.** Peatlands and global change: response and resilience // *Annu. Rev. Environ. Resource*. 2016. № 41. P. 35–57. DOI: 10.1146/annurev-environ-110615-085520
- Rappold A.G., Stone S.L., Cascio W.E., Neas L.M., Kilaru V.J., Carraway M.S., Szykman J.J., Ising A., Cleve W.E., Meredith J.T., Vaughan-Batten H., Deyneka L., Devlin R. B.** Peat bog wildfire smoke exposure in rural North Carolina is associated with cardiopulmonary emergency department visits assessed through syndromic surveillance // *Environ. Health Perspect*. 2011. № 119. P. 1415–1420. DOI: 10.1289/ehp.1003206
- Reheis M.S.** Dust deposition in Nevada. California and Utah. 1984–2002. U.S. Geological Survey. Open-File Report 03–138. 2003. 11 p.
- Rosenburg H.A., Alday J.G., Harris M.P.K., Allen K.A., Connor L., Blackbird S.J., Eyre G., Marrs R.H.** Changes in peat chemical properties during post-fire succession on blanket bog moorland // *Geoderma*. 2013. № 211–212. P. 98–106. DOI: 10.1016/j.geoderma.2013.07.012
- Shcherbov B.L.** The role of forest floor in migration of metals and artificial nuclides during forest fires in Siberia // *Contemp. Probl. Ecol*. 2012. № 5. P. 191. DOI: 10.1134/S1995425512020114
- Shcherbov B.L., Lazareva E.V.** Migration factors of radionuclides and heavy metals during forest fires in Siberia // *Advances in Environmental Research*. 2010. № 4. P. 99–119.
- Shvidenko A., Schepaschenko D.** Climate Change and Wildfires in Russia // *Contemporary Problems of Ecology*. 2013. № 6 (7). P. 683–692. DOI: 10.1134/S199542551307010X
- Turetsky M.R., Wieder R.K., Vitt D.H.** Boreal peatland C fluxes under varying permafrost regimes // *Soil Biology Biochemistry*. 2002. № 34 (7). P. 907–912. DOI: 10.1016/S0038-0717(02)00022-6

Авторы:

Харанжевская Юлия Александровна, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства и торфа – филиала СФНЦ РАН, доцент кафедры гидрологии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

E-mail: kharan@yandex.ru

Синюткина Анна Алексеевна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиала СФНЦ РАН, Томск, Россия.

E-mail: ankalaeva@yandex.ru

Гашкова Людмила Павловна, кандидат географических наук, младший научный сотрудник, Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиала СФНЦ РАН, Томск, Россия.

E-mail: gashkova-lp@rambler.ru

Geosphere Research, 2019, 4, 62–73. DOI: 10.17223/25421379/13/6

Yu.A. Kharanzhevskaya^{1,2}, A.A. Sinyutkina¹, L.P. Gashkova¹

¹ *Siberian Research Institute of Agriculture and Peat-branch of Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia*

² *National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

INTEGRAL ESTIMATION OF PYROGENIC LOADS ON THE CONTENTS OF Cu, Pb, Zn AND Cd IN THE COMPONENTS OF THE GREAT VASYUGAN MIRE (WESTERN SIBERIA)

The article assesses the pyrogenic load and the environmental consequences of the 2016 fire within the northeastern part of the Great Vasyugan mire. To assess the pyrogenic load in 2016–2018 monitoring of atmospheric deposition of Cu and Pb, Zn, Cd within the post-pyrogenic area and beyond was organized, the content of heavy metals in mire waters, river waters, in peat and plants was determined. Analysis of the data showed that the composition of atmospheric deposition in post-pyrogenic areas significantly increases the amount of Zn is 2 times, Pb is 14 times, Cu is 4 times, Cd is up to 9 times, and the territory associated with the pollution of Zn and Pb as a result of the 2016 fire covers an area of 8 km, which is consistent with a wind rose. Studies have shown that in the upper layer (0–5 cm) peat a significant increase in the concentrations of Cu, Zn, Cd, Pb is observed 3–6 times relative to the background site 100 m from the boundary. The zone of extreme pollution with heavy metals is limited mainly by the zone of intense burning of the surface, however, a significant (2-fold) increase in the concentration of Zn, Cd, and Pb, with the exception of Cu, is also observed outside it, mainly due to the migration of elements with waters. The content of heavy metals also significantly increases in post-pyrogenic areas in *Sphagnum fuscum* and *Pinus sylvestris*. In bog and river waters, a significant excess of background concentrations of Cu, Zn, Cd, Pb was also found to be a factor of 2–10. Noteworthy are the more often higher concentrations of Cu, Zn, Cd, Pb in the pore waters of the area of the pyrogenic load class 2 during the growing season which is characterised by partial burn up

of the surface within 40-60% and an extreme increase in the content (up to 25 times relative to the background) at the end of the season in the area of the first class of pyrogenic load with complete burn up of the surface.

Keywords: *peat, water, heavy metals, pyrogenic load, Great Vasyugan Mire, Western Siberia.*

REFERENCES

- Gashkova L.P. *Osobennosti nakopleniya tyazholykh metallov bolotnymi rasteniyami yugo-vostoka Zapadnoy Sibiri* [The peculiarities of heavy metal accumulation in wetland plants of the South-East of Western Siberia] // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo universiteta imeni S.A. Yesenina. 2016. № 4 (53). pp. 146–159. In Russian
- Shcherbov B.L., Lazareva Ye.V., Zhurkova I.S. *Lesnyye pozhary i ikh posledstviya (naprimere sibirskikh ob"yektov)* [Forest fires and their consequences (by the example of Siberian objects)]. Novosibirsk: Geo, 2015. 154 p. In Russian
- Benscoter B.W. and Vitt D.H. Spatial patterns and temporal trajectories of the bog ground layer along a post-fire chronosequence // Ecosystems. 2008. V. 11. pp. 1054–1064. DOI: 10.1007/s10021-008-9178-4)
- Betha R., Pradani M., Lestari P., Joshi U.M., Reid J.S., Balasubramanian R. Chemical speciation of trace metals emitted from Indonesian peat fires for health risk assessment // Atmospheric Research. 2013. V. 122. pp. 571–578. DOI: 10.1016/j.atmosres.2012.05.024
- Dai A. Increasing drought under global warming in observations and models // Nature Climate Change 2013. V. 3(1). pp. 52–58. DOI: 10.1038/nclimate1633
- Ganteaume A., Camia A., Jappiot M., Miguel-Ayanz J.S., Long-Fournel M., et al. A Review of the Main Driving Factors of Forest Fire Ignition Over Europe // Environmental Management. 2013. V. 51 (3). pp. 651–662. DOI: 10.1007/s00267-012-9961-z
- George I.J., Black R.R., Geron C.D., Aurel I.J., Haysa M.D., Prestond W.T., Gulletta B.K. Volatile and semivolatile organic compounds in laboratory peat fire emissions // Atmospheric Environment. 2016. V. 132, May, pp. 163–170. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2016.02.025
- Gregory R.W., Aklilu Y., Landis M.S., Hsu Y. Impacts of a large boreal wildfire on ground level atmospheric concentrations of PAHs, VOCs and ozone // Atmospheric Environment. 2018. V. 178. pp. 19–30. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2018.01.013
- Guoping W., Xiaofei Yu., Kunshan B., Wei X., Chuanyu G., Qianxin L., Xianguo L. Effect of fire on phosphorus forms in Sphagnum moss and peat soils of ombrotrophic bogs // Chemosphere. 2015. V. 119. pp. 1329–1334. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2014.01.084
- Hayasaka H., Noguchi I., Putra E.I., Yulianti N., Vadrevu K. Peat-fire-related air pollution in Central Kalimantan, Indonesia // Environmental Pollution. 2014. V. 195. pp. 257–266. DOI: 10.1016/j.envpol.2014.06.031
- Huang J., Yu H., Guan X., Wang G., Guo R. Accelerated dryland expansion under climate change // Nature Climate Change. 2016. № 6. Iss. 2. pp. 166–171. DOI: 10.1038/nclimate2837
- Kunii O., Kanagawa S., Yajima I., Hisamatsu Y., Yamamura S., Amagai T., Ismail I T S. The 1997 haze disaster in Indonesia: Its air quality and health effects // Arch. Environ. Health. 2002. 57(1), pp. 16–22. DOI: 10.1080/00039890209602912
- Lamentowicz M., Słowiński M., Marcisz K., Zielińska M., Kaliszán K., Lapshina E., Gilbert D., Buttler A., Fiałkiewicz-Kozielec B., Jassey V.E.J., Laggoun-Defarge F., Kołaczek P. Hydrological dynamics and fire history of the last 1300 years in Western Siberia reconstructed from a high-resolution, ombrotrophic peat archive // Quaternary Research. 2015. 84(3). pp. 312–325. DOI: 10.1016/j.yqres.2015.09.002
- Loginov S.V., Ippolitov I.I., Kharyutkina E.V. The relationship of surface air temperature, heat balance at the surface, and radiative balance at the top of atmosphere over the Asian territory of Russia using reanalysis and remote-sensing data International // Journal of Remote Sensing. 2014. 35(15). pp. 5878–5898. DOI: 10.1080/01431161.2014.945007
- Page S.E., Baird A.J. Peatlands and global change: response and resilience // Annu. Rev. Environ. Resource. 2016. 41. pp. 35–57. DOI: 10.1146/annurev-environ-110615-085520
- Rappold A.G., Stone S.L., Cascio W.E., Neas L.M., Kilaru V.J., Carraway M.S., Szykman J.J., Ising A., Cleve W.E., Meredith J.T., Vaughan-Batten H., Deyneka L., Devlin R. B. Peat bog wildfire smoke exposure in rural North Carolina is associated with cardiopulmonary emergency department visits assessed through syndromic surveillance // Environ. Health Perspect. 2011, 119, pp. 1415–1420. DOI: 10.1289/ehp.1003206
- Reheis M.S. Dust deposition in Nevada, California. and Utah. 1984-2002. U.S. Geological Survey. Open-File Report 03-138. 2003. 11 p.
- Rosenburg H.A., Alday J.G., Harris M.P.K., Allen K.A., Connor L., Blackbird S.J., Eyre G., Marrs R.H. Changes in peat chemical properties during post-fire succession on blanket bog moorland // Geoderma. 2013. 211–212. pp. 98–106. DOI: 10.1016/j.geoderma.2013.07.012
- Shcherbov B.L. The role of forest floor in migration of metals and artificial nuclides during forest fires in Siberia // Contemp. Probl. Ecol. 2012. 5. p. 191. DOI: 10.1134/S1995425512020114
- Shcherbov B.L., Lazareva E.V. Migration factors of radionuclides and heavy metals during forest fires in Siberia // Advances in Environmental Research. 2010. 4. pp. 99–119.
- Shvidenko A., Schepaschenko D. Climate Change and Wildfires in Russia // Contemporary Problems of Ecology. 2013. 6(7). pp. 683–692. DOI: 10.1134/S199542551307010X
- Turetsky M. R., Wieder R. K., Vitt D. H. Boreal peatland C fluxes under varying permafrost regimes // Soil Biology Biochemistry. 2002. 34(7). pp. 907–912. DOI: 10.1016/S0038-0717(02)00022-6

Author's:

Kharanzhevskaya Yulia A., Cand. Sci. (Geol.-Miner), Senior Researcher, Siberian Research Institute of Agriculture and Peat-branch of Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Associate Professor, Department of Hydrology, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: kharan@yandex.ru

Sinyutkina Anna A., Cand. Sci. (Geography), Senior Researcher, Siberian Research Institute of Agriculture and Peat-branch of Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia.

E-mail: ankalaeva@yandex.ru

Gashkova Lyudmila P., Cand. Sci. (Geography), Junior Researcher, Siberian Research Institute of Agriculture and Peat-branch of Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia.

E-mail: gashkova-lp@rambler.ru

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АГАТОНОСНЫХ БАЗАЛЬТОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО КУЗБАССА (КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Е.В. Звягинцева¹, Н.Н. Борозновская²

¹ Новокузнецкий краеведческий музей, Новокузнецк, Россия

² Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия



В работе исследуются породы пермотриасовой вулcano-плутонической провинции центрального Кузбасса. Целью является рассмотрение геохимических особенностей базальтов, вмещающих агаты. По результатам исследования видно, что геохимические показатели образцов разных проявлений схожи, но есть небольшие различия. Установлена обогащенность крупноионными литофильными элементами и деплетированность тяжелыми лантаноидами. В базальтах наблюдается высокое содержание Cr, Co, Mn, V, что отмечается для пород трапповой формации Сибири. Все пробы попадают в поле внутриплитных базальтов, близких к границе с базальтами вулканических дуг. Кузбасские базальты близки к базальтам сыверминской свиты сибирских траппов, что может быть следствием сходных геохимических параметров источников.

Ключевые слова: базальт, РЗЭ, агат, траппы, Кузбасс.

Введение

Исзуемые породы относятся к пермотриасовому комплексу Кузбасского магматического ареала и представлены трапповой трахибазальтовой формацией Салтымаковской палеовулканической структуры [Буслов и др., 2010].

Траппы Кузбасса давно стали объектом научных исследований, так как с ними связывают проявления и месторождения исландского шпата в Кемеровской области [Кутолин, 1963] и агатов, а в последнее время рассматриваются как результат последствий действия Сибирского суперплюма.

Наш интерес связан с проявлениями кварц-халцедоновых образований в исследуемых базальтах. Ранее была дана геохимическая характеристика кварц-халцедоновых образований Кузбасса [Звягинцева, 2018], где были рассмотрены геохимические и минералогические особенности агатовых проявлений, которые расположены в изучаемых базальтах. Целью работы является изучение геохимических характеристик агатоносных базальтов нескольких проявлений Кузбасса и сравнение их друг с другом, их сопоставление с базальтами других территорий на основе имеющихся данных [Hetzel, Glodny, 2002; Медведев и др., 2003; Буслов и др., 2010; Davies и др., 2010; Наставко и др., 2012].

Для достижения поставленной цели были проанализированы полученные нами данные по геохимии Салтымаковского комплекса пермотриасовой вулcano-плутонической провинции центрального Кузбасса относительно других агатоносных объектов, изученных ранее, проведено сравнение их с предшествующими результатами по исследуемой территории.

Фактический материал

Основные запасы агатового сырья сосредоточены в раннемезозойских породах региона. Проявления локализуются в так называемой Мелафировой подкове, которой отвечают Караканский, Салтымаковский, Ажендаровский хребты, Осташкин камень, Кайлотские горы, Тарадановский увал (рис. 1).

За период 2013–2016 гг. была собрана авторская коллекция образцов кварц-халцедоновых образований и вмещающих пород. Каменный материал был отобран нами со следующих проявлений:

– проявление участка Терсюк (Новокузнецкий район), где миндалекаменные базальты с агатовой минерализацией вскрыты в правом борту р. Терсюк (рис. 2, а). Базальт здесь был отобран с двух точек вскрытой части разреза, третий был взят в борту р. Афониха (10 км от агатовых проявлений);

– проявления Салтымаковского хребта (Крапивинский район), где миндалекаменные базальты с агатовой минерализацией вскрыты в левом борту р. Томь (рис. 2, б).

Краткая геологическая характеристика участков проявлений

Участок Терсюк примыкает к западному склону Кузнецкого Алатау, приурочен к Кузнецкой котловине и расположен в западной части Татарской мульды. Татарская мульда является основной пликативной структурой района. Участок Терсюк – это общее название территории, в которой выделено ранее [Юрьев, 1992] два участка: Пустоваловский и Ливановский. В геологическом строении участка

принимают участие триасовые, юрские и четвертичные отложения. Для нас наиболее интересны триасовые отложения, так как в них заключены кварц-халцедоновые образования.

Триасовые отложения представлены нижним отделом, сосновской и яминской свитами. Сосновская свита (T_{1ss}) не имеет базальтов, средняя ее мощность составляет 650 м.

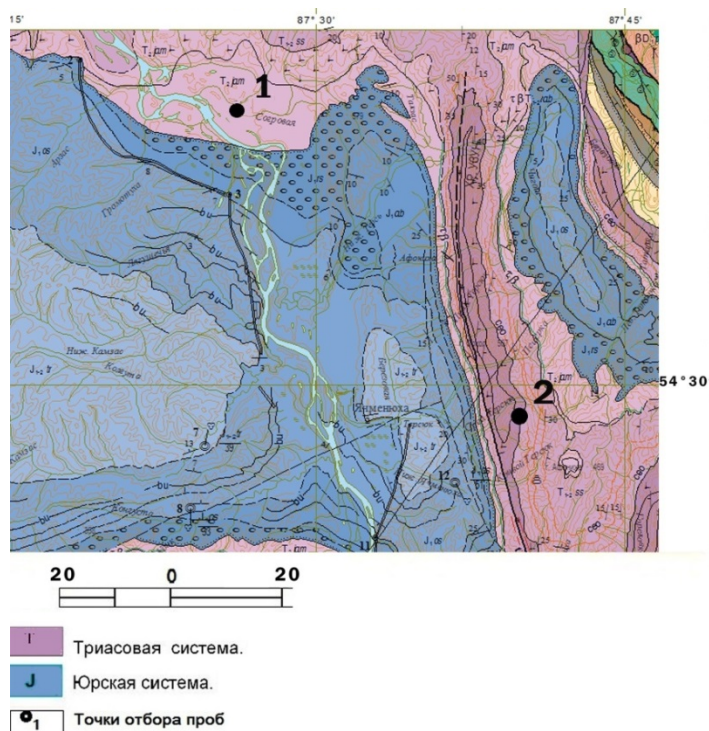


Рис. 1. Локализация точек отбора проб базальта центрального Кузбасса
1 – проявление Салтымаковского хребта, 2 – участок Терсюк. Вырезка из [Лавренов и др., 2015]

Fig. 1. Allocation of basalt sampling points in the central Kuzbass
1 – occurrence of the Saltymakovsky ridge, 2 – Tersyuk site. Geological map clipping [Lavrenov et al., 2015]

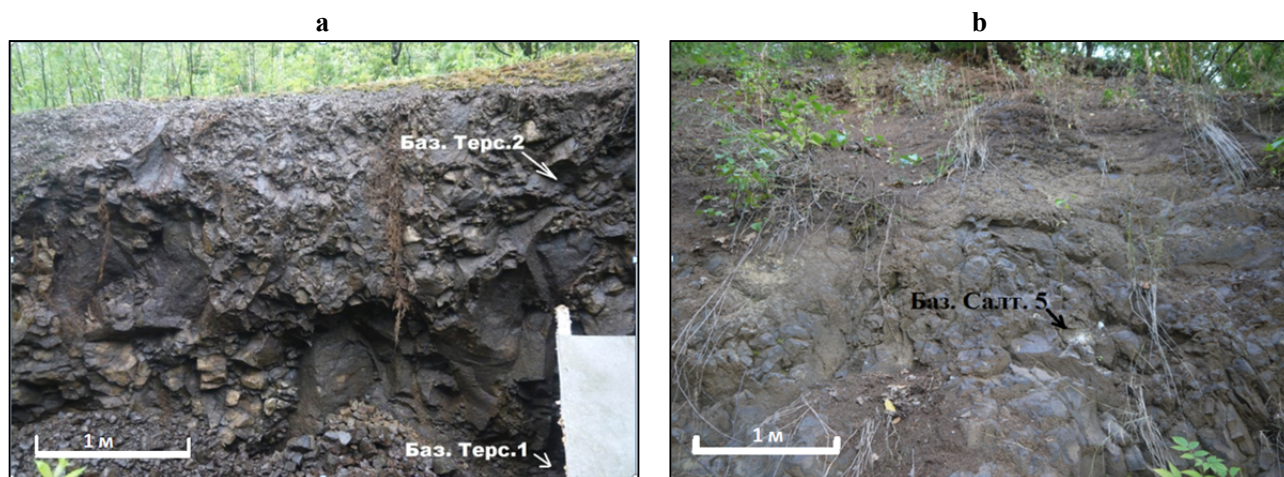


Рис. 2. Точки отбора проб базальта с проявлений
а – участка Терсюк (Терс. 1,2); б – Салтымаковского хребта (Салт. 5)

Fig. 2. Basalt sampling points from the occurrences
а – Tersyuk site (Терс. 1,2); б – Saltymakovsky range (Салт. 5)

В яминской свите (*Tijam*) базальты от грязно-зеленоватого до черного цветов, массивной текстуры, афанитовой и брекчиевидной структуры, в той или иной степени миндалекаменные. Мощность базальтов в свите по данным [Юрьев, 1992] – 30–40 м. В верхней части базальтового покрова здесь отмечается горизонт насыщенный кварц-халцедоновыми образованиями. В Пустоваловском участке продуктивный горизонт представлен темно-серыми до черных миндалекаменными базальтами. Мощность продуктивного горизонта составляет 0,7 м. Количество миндалинов около 10%. Здесь встречаются агаты и серые халцедоны, имеющие моховидные и дендритовидные включения. Также встречены образцы с «муаровым» эффектом. Для этого проявления характерно наличие кварц-халцедоновых трубок. Как правило, такие образования имеют множество трещин и при извлечении из породы рассыпаются на кусочки. Подробное описание текстур и структур кварц-халцедоновых образований дано в [Звягинцева, 2018].

В строении продуктивного горизонта наблюдается следующая вертикальная зональность (сверху вниз):

1. Горизонтально-рассланцованные выветрелые, зеленовато-серые миндалекаменные базальты. Миндалины мелкие, имеют лепешкообразную форму. В этой же зоне находятся кварц-халцедоновые трубки.

2. Темно-серые базальты с миндалинами (3–7 см).

3. Базальты от темно-серых до черных, размеры миндалинов (3–5 см).

В северо-западной части участка длина продуктивного горизонта составляет 370 м, мощность – 0,7 м. Ширина предполагаемой отработки продуктивного слоя – 12 м. Среднее содержание кварц-халцедонового сырья – примерно $15,5 \text{ кг/м}^3$, торгового материала – $2,4 \text{ кг/м}^3$, коллекционного и галтовочного – $18,7 \text{ кг/м}^3$. В юго-восточной части участка длина продуктивного горизонта составляет 100 м, мощность – 0,7 м. Среднее содержание кварц-халцедонового сырья – примерно $36,9 \text{ кг/м}^3$, торгового материала – $2,8 \text{ кг/м}^3$, коллекционного и галтовочного – $22,8 \text{ кг/м}^3$.

Участок Ливановский расположен в правом борту р. Средний Терсюк. Продуктивный горизонт прослежен на 160 м вдоль осевой части хребта, полого погружаясь под рыхлые отложения и базальты в северо-восточном направлении, практически параллельно плоскости северо-восточного склона. Разрез продуктивных отложений в юго-восточной части имеет следующий вид (сверху вниз) [Юрьев, 1992]:

- грязно-зеленые, зеленовато-серые базальты с крупными (до 20 см) миндалинами караваеподобной и лепешкообразной формы. Содержание кварц-халцедонового сырья составляет $50\text{--}60 \text{ кг/м}^3$;

- массивные темно-серые до черных миндалекаменные базальты. Содержание кварц-халцедонового

материала невысокое – $10\text{--}20 \text{ кг/м}^3$. Характерны миндалины малых размеров – до 7 см в диаметре. Формы миндалинов близки к шаровидной. Образцы часто заполнены серым халцедоном.

Триасовые отложения Салтымаковского хребта достаточно хорошо изучены в работах геолого-разведочной партии под руководством В.П. Болтухина [Болтухин, Ивлиева, 1984]. Район сложен триасовыми породами трапповой формации. Эксплозивный индекс толщи довольно высок (около 40). Значительную часть мощности разрезов составляют витрокластические алевролитовые туфы. Базальты практически не затронуты метаморфическими преобразованиями и имеют свежий, кайнотипный облик [Болтухин, Ивлиева, 1984]. В верхних частях покровов, а также по зонам трещиноватости часто наблюдается интенсивная цеолитизация. Триасовые отложения расчленены на мальцевскую, сосновскую и яминскую свиты [Казаков и др., 2002]. Различные части покровов и отдельных потоков базальтов обладают своими текстурно-структурными особенностями. В верхних частях базальты афировые, миндалекаменные, черные. Основная масса гиалиновой или гиалопилитовой структуры. Кварц-халцедоновый материал и пробы базальта были собраны нами со склона южной экспозиции Салтымаковского хребта в месте впадения реки Остяковой в р. Томь в борту дорожного карьера. Центральные и нижние части сложены массивным базальтом; структура – пойкилоофитовая и микродолеритовая с элементами интерсертальной. Интерстиции обычно заполнены стеклом желто-бурого цвета [Лавренов и др., 2015]. Миндалины выполнены хлоритом, халцедоном, цеолитом. Агаты (по большей части ониксы) этого проявления характеризуются голубовато-серой окраской. В центральной части миндалинов часто присутствует кварц (иногда в виде раухтопаза или горного хрусталя).

Методы исследования

Определение элементов-примесей проводилось в центре коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» Национального исследовательского Томского государственного университета на квадрупольном ICP-MS спектрометре Agilent 7500 сх, позволяющем определять концентрации рассеянных элементов от Li до U включительно (аналитик – Е.С. Рабцевич). Для всех анализов использовались порошковые пробы, истертые до состояния пудры.

Результаты исследований и обсуждение

В данной работе был исследован микроэлементный состав агатосодержащих базальтов Кузбасского магматического ареала (табл. 1).

Таблица 1

Содержание элементов-примесей (г/т) в агатоносных базальтах Кузбасса

Table 1

Content of impurity elements (ppm) in agate-bearing basalts of Kuzbass

Element	Баз. Салт.	Баз. Тер.1	Баз. Тер.2	Баз. Тер.3
Li	14,43	13,86	10,78	13,20
Be	1,75	1,40	1,94	2,16
B	4,72	0,28	0,26	6,31
Sc	26,83	27,07	24,28	29,10
Ti	7 973,79	10 047,93	9 368,09	9 407,51
V	172,89	288,61	269,58	188,95
Cr	27,43	64,84	49,18	12,93
Mn	1 218,62	1 322,70	333,98	1 653,53
Co	25,46	34,00	32,33	25,51
Ni	5,89	17,67	19,85	3,59
Cu	12,17	17,41	16,59	26,10
Zn	119,62	128,11	118,63	117,93
Ga	18,09	18,22	19,03	20,84
Rb	14,99	4,14	16,38	26,60
Sr	493,19	475,44	491,55	541,85
Y	32,30	30,83	32,58	37,92
Zr	189,16	207,90	198,64	226,05
Nb	11,79	10,04	9,83	13,73
Sb	0,27	0,07	0,23	0,25
Cs	0,93	0,21	0,80	2,04
Ba	479,87	449,42	781,82	598,69
La	29,11	24,20	27,44	34,03
Ce	65,55	58,15	60,60	77,05
Pr	8,23	7,37	7,91	9,66
Nd	33,56	31,66	32,69	39,62
Sm	7,00	6,75	6,84	8,15
Eu	1,98	1,93	1,77	2,12
Gd	6,63	6,50	6,53	7,43
Tb	1,02	1,02	1,02	1,19
Dy	6,11	6,13	6,15	7,02
Ho	1,33	1,30	1,33	1,49
Er	3,71	3,54	3,73	4,21
Tm	0,58	0,53	0,58	0,65
Yb	3,65	3,42	3,73	4,15
Lu	0,55	0,50	0,56	0,63
Hf	4,58	5,54	5,23	5,66
Ta	0,77	0,72	0,64	0,88
Pb	9,46	9,77	10,36	11,00
Th	4,12	4,36	3,94	4,92
U	2,19	1,33	2,45	2,56
ΣРЗЭ	169,01	153	160,9	197,4
ΣРЭ	11034,3	13334,8	12979,8	13177,2

Приводятся данные о содержании редких и редкоземельных элементов в агатоносных базальтах Кузбасского магматического ареала (см. рис. 3, 4).

В целом можно говорить о схожести характера распределения редких элементов для образцов Салтымаковского хребта и участка Терсюк. Для всех участков отмечены повышенные содержания Ti, V, Mn, Zn, Sr, Zr, Ba. Все пробы характеризуются преобладанием легких лантаноидов над тяжелыми $(La/Yb)_{ch} = 6,0-5,1$ и деплетированы тяжелыми $(Sm/Yb)_{ch} = 2,2-2,0$. Характерно наличие минимумов высокозарядных элементов (HFSE) – Nb, Ta. Спектры РЗЭ обогащены легкими элементами относи-

тельно хондрита $((La/Sm)n = 2,3-2,7)$. Низкое отношение $(Gd/Yb)n = 1,5-1,6$ в наших базальтах коррелирует с данными [Буслов и др., 2010], что допускает, по их мнению, мантийный источник плавления на уровне шпинелевой фации. Наши показатели также коррелируют и с данными [Наставко и др., 2012] по распределению элементов для пород Салтымаковского комплекса, нормированных по примитивной мантии (PM) (см. табл. 2, рис. 4).

В породах Салтымаковского комплекса наблюдается обогащенность легкими лантаноидами $(La/Yb)_{PM} = 2,0-1,7$, и крупноионными литофильными элементами $((U/La)_{PM} = 2,9-1,8$, и деплетированность тяже-

лыми лантаноидами $(\text{Gd/Yb})_{\text{PM}} = 0,6\text{--}0,5$. Деплетированность тяжелыми лантаноидами может свидетельствовать о присутствии граната в родоначальных расплавах [Медведев и др., 2003], а обогащенность легкими РЗЭ – о мантийном источнике. Величина европиевой аномалии в образце Терс. 1 (агатоносный слой) – 0,89, а в образце Терс. 2 (неагатоносный верхний слой) – 0,80, что может говорить о более восстановительной среде в агатоносном слое (рис. 3). Дело в том, что концентратором Eu в ба-

зальтах является плагиоклаз. Известно, что в плагиоклазе накапливается главным образом восстановленная форма Eu (Eu^{2+}) [Беликова, Мороз, 2016], а для этого нужны определенные восстановительные условия среды. Величина европиевой аномалии в пробе Салт. (агатоносный слой) и аналогичной пробы участка Терсюк примерно одинаковая – 0,88 и 0,89 соответственно. Суммарное содержание РЗЭ достаточно высокое для всех проб – от 153 до 197,4 г/т (см. табл. 1).

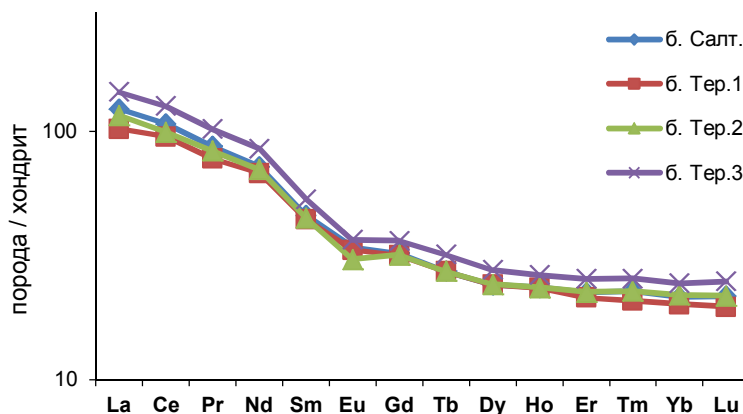


Рис. 3. Нормированные на хондрит [Sun, McDonough, 1989] графики распределения редкоземельных элементов во вмещающих базальтах
1–3 – участок Терсюк, 5 – Салтымаковский

Fig. 3. Normalized to chondrite [Sun, McDonough, 1989] distribution charts of rare-earth elements in the enclosing basalts
1–3 – Tersyuk site, 5 – Saltymakovsky range

Таблица 2

Элементы-примеси в базальтах Караканского хребта по [Наставко и др., 2012]

Table 2

Impurity elements in the basalts of the Karakan ridge. according to [Nastavko et al., 2012]

Обр.	Rb	Sr	Cs	Cr	Co	Sc	Y	Zr	Nb	Ta	Hf	U	Th	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Yb	Lu
Кр-25	48	399	1,8	20	25	32	–	–	–	0,8	5,3	2,3	4,4	33	70	37	8,6	2,1	9,2	1,4	4,7	0,6
К-716	43	471	2,2	22	24	31	44	226	13,7	0,8	4,7	4,7	4,2	36	67	36	8,8	2,1	8,1	1,35	3,8	0,55

В агатоносном слое (проба Терс. 1) происходил, возможно, вынос РЗЭ, так как сумма РЗЭ в пробе Терс. 1 меньше, чем в пробе Терс. 2 (табл. 1). Несмотря на геохимическую схожесть проб базальтов Салтымаковского проявления и участка Терсюк, образцы базальтов Терсюк относительно Салтымаковских содержат большее количество Cr, Ni, Cu, Co, Mn, V. В то же время в агатах, изученных нами ранее [Звягинцева, 2018], наблюдается обратная картина: в салтымаковских агатах значительно больше концентрация Cr, Ni, Cu, V, Co относительно тер-

сюкских образцов. Соответственно, «Салтымаковские флюиды» более интенсивно заимствовали эти элементы из базальтов, нежели Терсюкские. Отсюда и различная обогащенность элементами.

В табл. 2 приводятся данные по элементам-примесям для базальтов Караканского хребта, который простирается в северо-западном направлении южнее на 30 км Ажандаровского хребта и Тарадановского увала. По приведенному редкоэлементному составу и концентрациям в целом наблюдается схожесть с изученными нами образцами, но есть и

различия. В частности, в образцах Караканского хребта содержание Rb в несколько раз больше, чем в образцах Салтымаковского хребта и участка Терсюк. Подобная картина отмечается для Cs. Что касается концентраций Sr и Co, то отмечается примерно одинаковое содержание этих элементов для образцов Салтымаковского и Караканского хребтов, но образцы участка Терсюк отличаются повышенным содержанием (см. табл. 2). В Караканских образцах чуть больше La, Gd, Tb (см. рис. 3).

На дискриминационной диаграмме Ti–Zr для базальтов (модификация Дж. Пирса) [Интерпретация... 2001] наши образцы попадают в поле внутриплит-

ных базальтов близко к границе с базальтами вулканических дуг (рис. 5).

Образцы исследуемых пород характеризуются высокими содержаниями V (170–280 ppm), особенно терсюкские базальты, что отмечается для пород трапповой формации Сибири [Борисенко, 1973]. На рисунке даны графики соотношений Zr–Nb (a) и Zr–Ti (b) для образцов авторов в сравнении с другими базальтами. По диаграмме Zr–Ti (b) точки наших образцов располагаются в поле точек Кузбасских базальтов по данным [Буслов и др., 2010; Davies, 2010], сюда же попадают образцы сыверминского типа Восточно-Сибирских траппов (рис. 6).

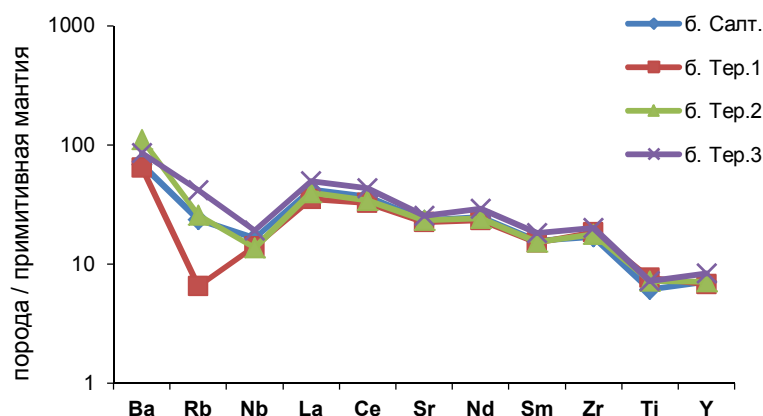


Рис. 4. Нормированные на примитивную мантию [Sun and Mc Donough, 1989] графики распределения РЗЭ во вмещающих базальтах
1–3 – участок Терсюк, 5 – Салтымаковский

Fig. 4. Normalized to primitive mantle [Sun and Mc Donough, 1989] distribution charts of REE in host basalts
1–3 – Tersyuk site, 5 – Saltymakovsky range

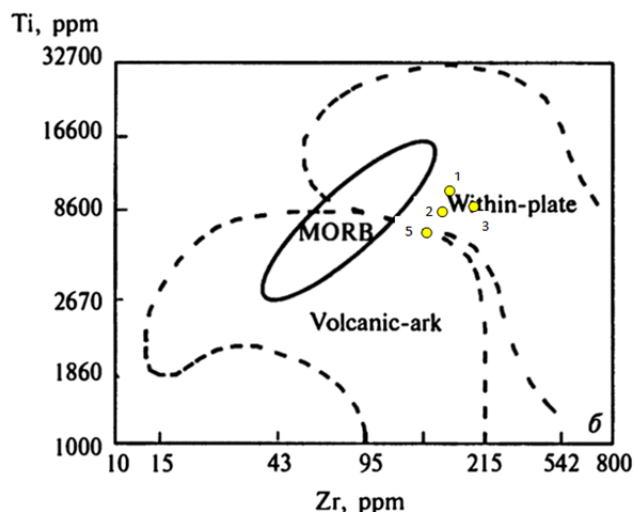


Рис. 5. Дискриминационная диаграмма Ti–Zr для базальтов, модификация Дж. Пирса

Желтые точки: 1–3 – базальт участка Терсюк; 5 – базальт Салтымаковского хребта. MORB – базальты срединно-океанических хребтов; Within-plate – внутриплитные базальты; Volcanic-ark – базальты вулканических дуг

Fig. 5. The Ti–Zr discriminatory basalt diagram, J. Pierce modification

Yellow points: 1–3 – basalt from the Tersyuk occurrence; 5 – basalt from the Saltymakovsky range. MORB – mid-ocean range basalts; Within-plate – intra-plate basalts; Volcanic-ark – volcanic arc basalts

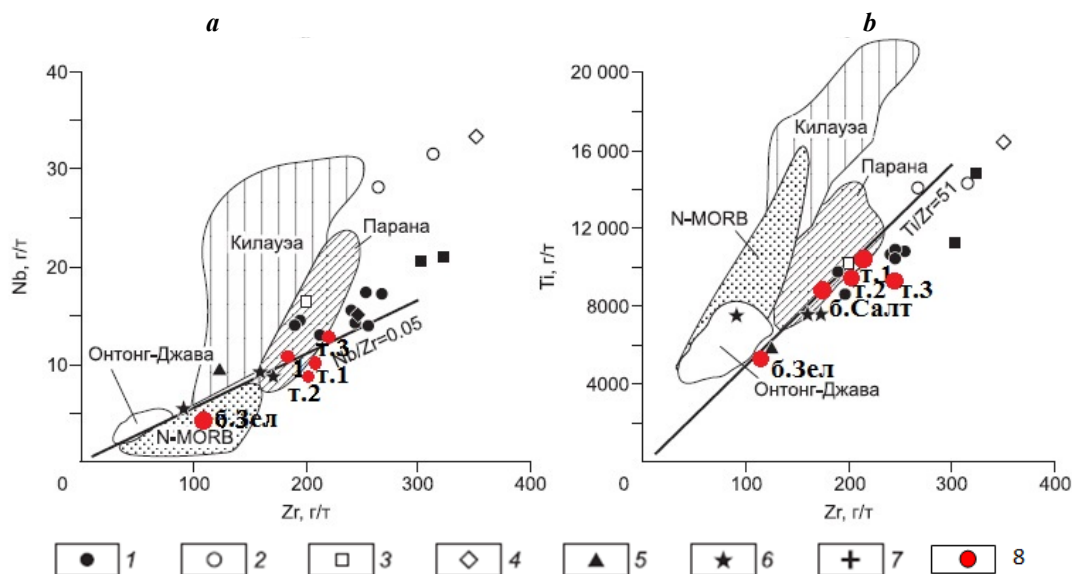


Рис. 6. Графики соотношений Zr–Nb (a) и Zr–Ti (b) в сравнении со спектрами кузбасских базальтов по данным [Буслов и др., 2010], траппов Западной и Восточной Сибири, базальтов Килауэа, океанического плато (Онтонг-Джава), N-MORB и Параны

1–6 – пермотриасовые базальты: 1 – Кузнецкого бассейна [Буслов и др., 2010]; 2 – Кузнецкого бассейна [Крук и др., 1999]; 3–5 – Восточно-Сибирских траппов: 3 – сыверминская, 4 – ивакинская, 5 – надеждинская свиты; 6 – Уренгойского рифта Западно-Сибирского бассейна; 7 – триасовые базальты Северо-Монгольской магматической области, 8 – пермотриасовые базальты Кузбасса (авторские данные)

Fig. 6. Graphs of Zr–Nb (a) and Zr–Ti (b) for kuzbas basalts according to data [Buslov et al, 2010], oceanic plateau (Ontong-Java), N-MORB and Parana

1–6 – Permian-Triassic basalts of: 1 – Kuznetsk basin [Buslov et al., 2010]; 2 – Kuznetsk basin [Kruk et al., 1999]; 3–5 – East Siberian traps: 3 – syverminskaya, 4 – Ivakinskaya, 5 – Nadezhdinskaya Formations; 6 – Urengoi rift of West Siberian basin; 7 – Triassic basalts of North Mongolian igneous region, 8 – Permian-Triassic basalts of Kuzbass

Такие сходные показатели могут быть объяснены наличием одного мантийного источника для данных образцов. По этим соотношениям кузбасские базальты близки к базальтам сыверминской свиты сибирских траппов.

Выводы

Таким образом, все исследуемые базальты попадают в поле внутриплитных базальтов (Within-plate) близко к границе с базальтами вулканических дуг. По геохимическому составу они схожи между собой. Незначительные отличия отмечены для базальтов участка Терсюк, которые более обогащены Sr, Co, Mn, V относительно Салтымаковского хребта, тогда как в самих агатах ранее было отмечено пониженное содержание этих элементов для участка Терсюк относительно агатов Салтымаковского хребта и Ажендаровского (д. Ключи) [Звягинцева, 2018], что может

быть следствием более активного выноса этих элементов из базальтов Салтымаковского хребта. Спектры РЗЭ обогащены легкими элементами ((La/Sm) n = 2,3–2,7). Низкое отношение (Gd/Yb) n = 1,5–1,6 в исследуемых базальтах коррелирует с данными других исследователей и подтверждает допущение о мантийном источнике плавления на уровне шпинелевой фазии. По соотношению Ti–Zr кузбасские базальты близки к базальтам сыверминской свиты сибирских траппов, что может быть следствием единого мантийного источника.

Исследования были проведены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» Национального исследовательского Томского государственного университета при поддержке Правительства РФ в рамках проекта № 14.Y26.31.0012.

ЛИТЕРАТУРА

- Беликова Г.И., Мороз Т.Н. Индикаторная роль европиевой аномалии в эволюции минералообразующих сред // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии, Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. 2016. № 11. С. 84–86.
Болтухин В.П., Ивлиева Т.И. Оценка продуктов пермо-триасового вулканизма в Кузбассе с целью выявления их промышленной цеолитонности и перспектива на другие полезные ископаемые. Новокузнецк, 1984. 212 с.

- Борисенко Л.Ф.** Ванадий. М. : Недра, 1973. 192 с.
- Буслов М.М., Сафонова И.Ю., Федосеев Г.С., Рейков М., Дэвис К., Бабин Г.А.** Пермотриасовый плюмовый магматизм Кузнецкого бассейна (Центральная Азия): геология, геохронология, геохимия // Геология и геофизика. 2010. Т. 51, № 9. С. 1310–1328.
- Звягинцева Е.В.** Геохимическая характеристика кварц-халцедоновых образований Кузбасского магматического ареала // Вестник Института геологии Коми научного центра УрО РАН. 2018. № 4 (280). С. 19–26. DOI: 10.19110/2221-1381-2018-4-19-25
- Интерпретация** геохимических данных : учеб. пособие. / Е.В. Скляров и др. ; под ред. Е.В. Склярова. М. : Интермет-Инжиниринг, 2001. 288 с.
- Казаков А.М., Константинов А.Г., Курушин Н.И.** Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Триасовая система. Новосибирск : СО РАН. 2002. 322 с.
- Крук Н.Н., Плотников А.В., Владимиров А.Г., Кутюлин В.А.** Геохимия и геодинамические условия формирования траппов Кузбасса // Доклады РАН, 1999, т. 369, № 6, С. 812–815.
- Кутюлин В.А.** Трапповая формация Кузбасса. Новосибирск : СО АН СССР, 1963. 122 с.
- Медведев А.Я., Альмухамедов А.И., Кирда Н.П.** Геохимия пермо-триасовых вулканитов Западной Сибири // Геология и геофизика, 2003. Т. 44, № 1–2. С. 86–100.
- Наставко А.В., Бородина Е.В., Изох А.Э.** Петролого-минералогические особенности вулканитов центральной части Кузбасса (Южная Сибирь) // Геология и геофизика. 2012. Т. 53, № 4. С. 435–449.
- Лавренев П.Ф., Снежко Б.А., Щигрев А.Ф., Дмитриева Н.В., Филиппова Н.Е., Носков Ю.С., Зейферт Л.Л.** Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. 2-е изд. Серия Кузбасская. Лист N-45-IX (Крапивинский). Объяснительная записка. М. : МФ ВСЕГЕИ, 2015. 156 с.
- Юрьев А.И.** Отчет по результатам поисково-оценочных работ в междуречье рр. Нижняя и Средняя Терсь с целью оценки миндалекаменных базальтов на поделочные и коллекционные агаты. Новокузнецк, 1992. 65 с.
- Davies C., Allen M.B., Buslov M.M., Safonova I.** Deposition in the Kuznetsk Basin, Siberia: insights into the Permian-Triassic transition and the Mesozoic evolution of Central Asia // *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*. 2010. V. 295, № 1–2. P. 307–322.
- Hetzl R., Glodny J.** A crustal-scale, orogen-parallel strike-slip fault in the Middle Urals: age, magnitude of displacement, and geodynamic significance // *Int. J. Earth Sci.* 2002. V. 91. P. 231–245.
- Sun S.S., McDonough W.F.** Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Magmatism in the ocean basins* // *Geol. Soc. Spec.* 1989. № 42. P. 313–345.

Авторы:

Звягинцева Елизавета Владимировна, заведующая отделом Муниципальное автономное учреждение культуры «Новокузнецкий краеведческий музей», Новокузнецк, Россия.

E-mail: zmei7772006@mail.ru

Борозновская Нина Николаевна, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, кафедра минералогии и геохимии, Томский государственный университет, Томск, Россия,

E-mail: boroznovskaya@mail.ru

Geosphere Research, 2019, 4, 74–82. DOI: 10.17223/25421379/13/7

E.V. Zvyaginceva¹, N.N. Boroznovskaya²

¹ *Novokuznetsk Local History Museum, Novokuznetsk, Russia*

² *National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF AGATE BEARING BASALTS OF THE CENTRAL KUZBASS (KEMEROVO REGION)

In this paper are results of study the rocks of Permian–Triassic volcano-plutonic province of central Kuzbass. The studied rocks are classified as traps and associated with them outcrops and deposits of Iceland spar and agates. The aim of the proposed work is to discuss the geochemical features of agate-bearing basalts. It is important to trace how the content of impurity elements in each of the samples of different deposits varies, to note significant variations in the concentrations of individual elements. Taking into account the identified features, compare the data of samples of the central Kuzbass relative to each other. Stone material was selected from the deposits of the site Tersyuk and Saltymakovsky ridge. Deposits are localized in the so-called “Melaphyro horseshoe”, which is expressed geomorphologically in the form of the Karakan, Saltymakovsky, Ajendarovsky ridges, Ostashki Kamen, the Kaylot mountains and the Tarananovsky ridge. The results of the study showed that the geochemical parameters of the samples of different deposits are similar, but there are slight differences. In the Tersyuk samples, the content of Cr, Co, Mn, V is higher relative to basalt samples of the Saltymakovskiy ridge. Also, it was noted earlier that samples of agate from deposit to deposit have clearer differences than samples of host rock. All samples are characterized by the predominance of light lanthanides over heavy ones. Our data show a correlation with data from earlier studies by other authors. The enrichment of large-ionic lithophilic elements and the depletion of heavy lanthanides, which may indicate the presence of garnet in parental melts, had been established. In basalts, a high content of vanadium is observed, which is noted for the rocks of the trap formation of Siberia. All samples fall into the field of within-plate basalt, to the border with basalts of volcanic arcs. Also, it is noted that agate samples from deposits to deposits have more distinct differences than the samples of the host rock. By the Ti–Zr ratio, the Kuzbass basalts are close to the basalts of the Syverminsky suite of Siberian traps, which may be a consequence of a single mantle source.

Keywords: *basalt, geochemistry, REE, agate, traps, Kuzbass.*

REFERENCES

- Belikova G.I., Moroz T.N. *Indikatornaya rol' evropievoj anomalii v evolyucii mineraloobrazuyushchih sred* [The indicator role of the European anomaly in the evolution of mineral-forming media] // *Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geookologii*, Bashkortostana, Urala i sopredel'nyh territorij. No 11. 2016. pp. 84–86. In Russian
- Boltuhin V.P., Ivlicheva T.I. *Ocenka produktov permo-triasovogo vulkanizma v Kuzbasse s cel'yu vyyavleniya ih promyshlennoj ceolitonosnosti i perspektiva na drugie poleznye iskopaemye* [Evaluation of Permian-Triassic volcanism products in Kuzbass in order to identify their industrial zeoliticity and the prospect for other minerals]. Novokuznetsk. 1984. 212 p. In Russian
- Borisenko L.F. *Vanadij* [Vanadium]. Moscow: Izd. «Nedra», 1973. 192 p. In Russian
- Buslov M.M., Safonova I.YU., Fedoseev G.S., Rejkov M., Devis K., Babin G.A. Permo-Triassic plume magmatism of the Kuznetsk basin (Central Asia): geology, geochronology, geochemistry // *Russian Geology and Geophysics*. No 9. 2010. pp. 1021–1036.
- Zvyaginceva E.V. *Geohimicheskaya karakteristika kvarc-halcedonovykh obrazovanij Kuzbasskogo magmaticheskogo areala* [Geochemical characteristics of quartz-chalcedony formations of the Kuzbass magmatic area.] // *Vestnik Instituta geologii Komi nauchnogo centra UrO RAN*. No (280). 2018. pp. 19–26. In Russian
- Kazakov A.M., Konstantinov A.G., Kurushin N.I. *Stratigrafiya neftegazonosnykh bassejnov Sibiri. Triasovaya sistema* [Stratigraphy of oil and gas basins of Siberia. Triassic system]. Novosibirsk: SO RAN. 2002. 322 p. In Russian
- Kruk N.N., Plotnikov A.V., Vladimirov A.G., Kutolin V.A. *Geohimiya i geodinamicheskie usloviya formirovaniya trappov Kuzbassa* [Geochemistry and geodynamic conditions for the formation of Kuzbass traps] // *Doklady RAN*, 1999, V. 369, No 6, pp. 812–815. In Russian
- Kutolin V.A. *Trappovaya formaciya Kuzbassa* [Trapp formation of Kuzbass] Novosibirsk: SO AN SSSR. 1963. 122 p. In Russian
- Medvedev A.Ya., Al'muxamedov A.I., Kirda N.P. Geochemistry of Permian-Triassic volcanic rock of Western Siberia // *Russian Geology and Geophysics*, 2003. No 1–2. pp. 82–98.
- Nastavko A.V., Borodina E.V., Izoh A.E. Petrological and mineralogical features of volcanics in the central part of Kuzbass (South Siberia) // *Russian Geology and Geophysics*, No 4. 2012. pp. 334–346.
- Lavrenov P.F., Snezhko B.A., Shhigrev A.F., Dmitrieva N.V., Filippova N.E., Noskov Yu.S., Zejfert L.L. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy federatsii. Masshtab 1 : 200 000. Izdanie vtoroe. Seriya Kuzbasskaya. List N-45-IX (Krapivinskiy). Ob'yasnitel'naya zapiska* [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 200,000. Second edition. Series Kuzbass. Sheet N-45-IX (Krapivinsky). Explanatory note]. Moscow: MF VSEGEI. 2015. 156 p. In Russian
- Interpretaciya geohimicheskikh dannykh* [Interpretation of geochemical data] Uchebnoe posobie. E.V. Sklyarov i dr., edit by Sklyarov E.V. Moscow: Izd-vo IntermetInzhiniring. 2001. 288 p. In Russian
- Yur'ev A.I. *Otchet po rezul'tatam poiskovo-ocenочnykh rabot v mezhdurech'e rr. Nizhnyaya i Srednyaya Ters' s cel'yu ocenki mindalekamennykh bazalt'ov na podelochnye i kollekcionnye agaty* [Report on the results of prospecting and appraisal work between rivers Lower and Middle Ters in order to evaluate almond-stone basalts for ornamental and collection agates]. Novokuznetsk. 1992. 65 p. In Russian
- Davies C., Allen M.B., Buslov M.M., Safonova I. Deposition in the Kuznetsk Basin, Siberia: insights into the Permian-Triassic transition and the Mesozoic evolution of Central Asia // *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*, 2010, V. 295, № 1–2, pp. 307–322.
- Hetzel R., Glodny J. A crustal-scale, orogen-parallel strike-slip fault in the Middle Urals: age, magnitude of displacement, and geodynamic significance // *Int. J. Earth Sci.*, 2002, V. 91, p. 231–245.
- Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Magmatism in the ocean basins // *Geol. Soc. Spec.* № 42. 1989. pp. 313–345

Author's:

Zvyagintseva Elizaveta V.I., Department Head of the MAUK "Novokuznetsk Museum of Local", Novokuznetsk, Russia,
E-mail: zmei7772006@mail.ru

Boroznovskaya Nina N., Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Department of Mineralogy and Geochemistry, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.
E-mail: boroznovskaya@mail.ru

ПЕРСОНАЛИИ

УДК 553.311 + 504.4+551.1/4

К ТЕОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ



А.В. Мананков^{1,2}

¹ Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия

² Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

Статья подготовлена к 100-летию юбилею со дня рождения яркого и самобытного человека, каким был Борис Маркович Тюлюпо, профессор кафедры минералогии и кристаллографии Томского государственного университета. Отдавая дань светлой памяти этого замечательного незаурядного человека и большого ученого, я коснусь главных научных идей Б.М. Тюлюпо, которые активно развиваются в научных разработках его учеников, в учебниках и учебных пособиях преподавателей Томского университета при изучении месторождений, в материаловедении и технике.

Ключевые слова: рудная геология, контактовый метасоматоз, магнетит, системность исследований, генетико-информационная минералогия, пространственно-замкнутые динамические структуры.

Посвящается памяти Бориса Марковича Тюлюпо

Введение

По результатам анализа развития науки раскрывается ведущая роль идей одного из основателей Томской научной школы рудной геологии – профессора Томского государственного университета Бориса Марковича Тюлюпо. Научное наследие профессора Б.М. Тюлюпо, достигнутый уровень в области методологии, является фундаментальной основой для минералогии в рудной геологии второй половины XX в. Его системный комплексный подход предопределил рождение тенденций развития науки от преодоления дифференциации минералогических исследований к интеграции минералогического знания с другими геологическими науками, а также теориями и методами современной физики и химии.

В свое время М.В. Ломоносов ратовал за топографическую минералогию нашей страны. Ровно через 150 лет накопленный опыт исследования месторождений, поисков топоминералогических и пространственно-временных закономерностей и взаимосвязей минералов позволил Б.М. Тюлюпо продемонстрировать минерагению как фундаментальную науку в системе геологических, материаловедческих и технических наук.

Минералогия – научная основа металлогенических построений, прогноза, поисков и оценки месторождений. На основе минерагении наиболее полно выявляются знания о физико-химических условиях поведения полезных и сопутствующих элементов,

формировании и распределении рудных минералов, условиях возникновения рудной вкрапленности, рудной минерализации и рудных тел.

На основе полученных знаний Б.М. Тюлюпо создает авторскую систему и классификацию минералогическо-генетических типов железорудных месторождений Кузнецкого Алатау, позволившую разработать новые модели последовательности минералообразования в зонах контактового метасоматоза магнетитовых месторождений, рудогенеза и обосновать наиболее объективные геолого-структурные и минералогическо-геохимические критерии разных типов железорудных месторождений и закономерности их локализации в пределах Кузнецкого Алатау.

Основные идеи профессора Б.М. Тюлюпо не потеряли актуальности за прошедшие десятилетия. Его методология, основанная на системной общности и комплексности, является фундаментальной основой, востребованной и сейчас, в условиях перехода к информационным технологиям.

Достижения кибернетики и системологии в рудной геологии

В своих научных исследованиях и в специальных курсах «Металлогения», «Полезные ископаемые» Б.М. Тюлюпо демонстрировал умение наиболее глубоко и объективно, часто с фирменными, присущими только ему формами амбициозности и иронии, оценивать и сравнивать особенности существующих

генетических подходов, теоретических представлений, анализируя их состоятельность в контексте новых веяний фундаментальных наук. Зная коллектив кафедры минералогии и кристаллографии изнутри, я со студенческих лет занимался переводом статей из двух журналов, выписываемых профессором Иваном Кузьмичом Баженовым, где я начал работать в 1961 г., и могу заверить, что Б.М. Тюлюпо был самым читающим и по-настоящему эрудированным ученым. Борис Маркович в те годы основные журналы геологических наук выписывал на дом, также регулярно посещал Научную библиотеку ТГУ, интересуясь новинками периодических изданий, материалами научных конференций и абонементного отдела. Вместе с тем замечу, что для него, его рукописей самым важным, по моим воспоминаниям, был вердикт Кирилла Владимировича Иванова – всеми уважаемого и сверх меры деликатного доцента кафедры петрографии.

На волне бума кибернетики и системного анализа в научной сфере в 60-е гг. прошлого века возродилась на новом уровне идея о всеобщей системности. Ее суть – в единстве мира, в единстве природы и человека. Поэтому мы обязаны подчиняться общим законам мироздания независимо от того, с какой стороны осуществляем взаимодействие с ним. Таких сторон все больше и больше. В каждой свои большие и маленькие проблемы. Для их разумного разрешения требуются очень серьезные современные профессиональные знания. А из системной общности мира родился соответствующий универсальный алгоритм последовательности действий по решению любых проблем в любой профессии. В эти годы Б.М. Тюлюпо вел студенческий научный кружок по минералогии и геохимии. Вспоминаю свой доклад по изотопии в геологии. Эрудиция, природная любознательность и целеустремленность профессора позволили ему разработать методологию системного анализа для своей профессии. Конечно, на это ушли годы, он давал мне свое глубоко научное исследование аспирантского времени о творческих муках Д.И. Менделеева при создании системы периодичности химических элементов.

Над своей докторской диссертацией Б.М. Тюлюпо работал в период ускоряющегося роста требований к геологическим наукам со стороны базовых отраслей экономики и расцвета новых геологических теорий и методов. В это время рудная геология делала переход от преимущественно эмпирического к системному уровню исследований. Концептуальное отличие нового этапа заключается в том, что он породил возможность изучения обратных связей между взаимно обусловленными компонентами систем. В качестве триггерных эффектов в рудной геологии для каждого объекта с позиции многоуровневого системного анализа начали целенаправленно

исследовать широкий круг факторов. От геофизических особенностей и геодинамических условий взаимодействия геохимически специализированных интрузий с вмещающими породами, реализуемых в определенные этапы развития земной коры, фациальной зональности дорудных, сорудных и пострудных скарнов и метасоматитов до степени подвижности основных и примесных химических элементов, в частности сидерофилов, щелочей, S, F, Cl и др. Я убежден, в становлении этой концепции роль идей профессора Томского государственного университета Б.М. Тюлюпо трудно переоценить. Разработанная методология послужила фундаментом создания концепции системности в рудной геологии и стала научной основой Томской рудно-геологической школы Б.М. Тюлюпо, сохранившей и через 50 лет свое научное значение.

По представлениям профессора Тюлюпо, специфика рудной геологии, по сути, в том, что природный объект – рудное месторождение является сложной мегасистемой с целым набором входящих в нее систем разного масштаба и уровня: геологической, геодинамической, петрологической, металло- и минерогенической, геохимической, рудно-структурной, физико-химической и т.п. Эти подсистемы взаимосвязаны между собой с помощью определенного количества цепей прямых и обратных связей (отрицательных и положительных). Процессы, протекающие в таких сложных мегасистемах, слабо детерминированы, чаще стохастичны. А стохастические процессы не являются чисто случайными, но содержат в себе случайность в той или иной степени. В итоге все подсистемы и уровни как-то взаимообусловлены друг с другом, они создают настоящее переплетение закономерного и случайного и этим формируют мегасистему в виде реального рудного поля в реальном геологическом пространстве и времени.

Минерогения и классификация контактово-метасоматических месторождений

Примерно с таким методологическим багажом мы приступили в 1961 г. к изучению магнетитовых месторождений Ташелгино-Майзасской группы Горной Шории с уникальными метасоматитами и рудами, где отработали шесть полевых сезонов (рис. 1, 2). В полевых отрядах работали по два доцента, младших научных сотрудника (аспиранты по совместительству), остальные – лучшие из лучших студенты-дипломники. Мы ежегодно «выдавали нагора» толстенные научные отчеты, которые сами и защищали в Западносибирском геологическом управлении. Начиная с первого отчета я делал доклады на заседаниях научно-технического совета, а Борис Маркович изредка режиссировал, подкрепляясь таблетками валидола.

Понимая, что только новые данные порождают новые идеи, на кафедре начали появляться первые (из основных) аналитические методы исследования: силикатный, полуколичественный спектральный, рентгенофазовый и изотопный анализы. Тогда же был приобре-

тен первый микротвердометр ПМТ-3. В теоретическом плане нами был освоен метод физико-химического анализа парагенезисов минералов согласно теории академика Д.С. Коржинского и развит для изучения одновременно образующихся метасоматических зон.



Рис. 1. Рабочий стол на свежем воздухе

Fig. 1. Outdoor work table



Рис. 2. Полевой отряд ТГУ-61

Fig. 2. TSU Field Team-61

В полевых и камеральных работах Б.М. Тюлюпо кропотливо выискивал и добивался обнаружения вещественных закономерностей, выделения призна-

ков связи, зональности в пределах подсистем рудных полей – геолого-структурной, петрогенетической, минералого-геохимической. Синтез этих ре-

зультатов служил основой для поиска системных знаний о физико-химических условиях поведения железа и сопутствующих элементов, формирования и зонального распределения рудных минералов (и их парагенезисов), условий возникновения рудной вкрапленности, рудной минерализации и рудных тел.

В докторской диссертации «Минералогия и вопросы генезиса магнетитовых месторождений осевой зоны Кузнецкого Алатау», после скрупулезного описания минералов, около 120 страниц занято сравнительной характеристикой различных гипотез поведения железа, условий генерации магнетита и сопутствующих рудных компонентов в разновозрастных контактово-метасоматических образованиях месторождений осевой зоны Кузнецкого Алатау [Тюлюпо, 1968]. В конце работы приводятся исключительно важные выводы, касающиеся всех магнетитовых месторождений: *«...складчатость, разломы, магматизм и рудообразование связаны и взаимно обусловлены. Образование концентраций металлов – процесс сложный и длительный, поэтому рассматривать его необходимо с учетом всей истории геологического развития того или иного региона. В частности, решение этого вопроса тесно связано с выяснением места и условий зарождения магмы, с проблемами генезиса интрузивных пород.*

Первопричиной складчатости и магматизма являются глубинные процессы, происходящие на границе с поверхностью Мохоровичича. Образование месторождений полезных ископаемых также обусловлено процессами, идущими в области этой границы.

Таким образом, исходя из современных представлений о процессах, идущих в верхней части оболочки Земли, учитывая наблюдения в условиях современной вулканической деятельности и используя последние достижения геофизики, термодинамики, физики, физической химии, мы приходим к выводу о существовании глубинном происхождении рудоносных растворов и металлов. Поступление этих растворов в верхние горизонты земной коры, в участки концентрации рудных компонентов может происходить различными способами и продолжаться длительное время. Большая часть постмагматических растворов связана с интрузивными массивами парагенетически».

В диссертации Б.М. Тюлюпо на основе своей системной концепции обоснована классификация генетических типов железорудных месторождений региона, предложены новые модели последовательности минералообразования в зонах контактового метасоматоза магнетитовых месторождений, рудогенеза, а также геолого-структурные и минералогеохимические критерии генетических типов железорудных месторождений и закономерности их локализации в пределах Кузнецкого Алатау.

Развитие идей и методологии профессора Б.М. Тюлюпо

Основные результаты и выводы диссертации не потеряли актуальности за уже прошедшие 50 лет. Они и сейчас соответствуют уровню мировых достижений в рудной геологии. Нельзя не отметить организаторские способности Б.М. Тюлюпо в полевых условиях, его завидный энтузиазм при камеральных исследованиях, особенно касающихся диагностики рудных минералов. Он активно участвовал в работе диссертационных советов, редактировании трудов конференций и научных сборников. Обладая особым магнетизмом, он воспитал большой коллектив ученых. На методологической основе профессора Б.М. Тюлюпо последующие поколения исследователей (М.П. Мазуров, Г.Б. Князев, С.С. Коляго, Л.Н. Коваленко, Е.К. Коляго, М.П. Астафьев, В.М. Чекалин, В.В. Сыроватский, В.Е. Хохлов, И.Г. Резников, А.А. Зубков, А.В. Поднебесных и др.) продолжают искать железные руды, используя все более наукоемкие закономерности формирования зон контактового метасоматоза, геохимической специализации магм, типоморфных особенностей минералов, участвующих в скарно- и рудообразовании. При этом они используют новые методы и возможности минералогии и их интеграции с другими науками.

В последнее время в системный анализ рудной геологии все увереннее входят компьютерные технологии. С помощью передовых компьютерных программ создаются совершенные геолого-генетические модели скарново-магнетитовых месторождений, модели для количественного локального прогноза магнетитовых руд, в том числе и скрытого оруденения. Этот процесс не обошел и учеников профессора Б.М. Тюлюпо (Г.Б. Князев, А.А. Зубков, А.В. Поднебесных и др.).

Подходя к современному этапу теоретической рудной геологии, которая развивается на основе результатов космических исследований и достижений фундаментальных наук, можно смело констатировать, что научное наследие профессора Б.М. Тюлюпо является определяющим для минералогии в рудной геологии второй половины XX в. Его системный комплексный подход предопределил рождение тенденций развития науки от преодоления дифференциации минералогических исследований к интеграции, к синтезу минералогического знания с геологическими науками, а также теориями и методами современной физики и математики.

Привлечение идей И. Канта в создание резонансно-информационной парадигмы. За более чем полвека космической эры мы узнали о Земле гораздо больше, чем за всю предыдущую историю. Конец XX в. совпал с осознанием физической ограничен-

ности биосферы и евклидова пространства. Начинается трансформация науки со сменой традиционного дискретно-атомарного подхода познания на более целостный резонансно-полевой метод, где форма систем получает фундаментальное значение. Результаты космических исследований, сравнительной планетологии, физической геохимии, астроминералогии [Мананков, 2016; Пушаровский, Пушаровский, 2016] привели к применению синергетики и других, например, макрокинетических подходов, развивающих механизмы связей между отдельными частями сложных комплексов. Рождающаяся парадигма носит информационный характер, что в отношении природных систем и вещества выражается в создании новой, более современной методологии для поисков причин иерархической соподчиненности и структурной упорядоченности. Поэтому неизбежно расширяется поле охвата и количество факторов, что рождает новые теории.

Многочисленные дискуссии в науках о Земле свидетельствуют о значительном объеме накопленного эмпирического материала. Однако рациональный, основанный на логическом анализе синтез имеющихся данных не является достаточным условием для генерации адекватных представлений, что в самом общем виде установил в свое время И. Кант. Формирование нового знания необходимо связано с привлечением «иррациональных» идей и моделей. Иррационализм последних, как правило, снимается следующими этапами процесса познания либо есть следствие переноса представлений отдаленных научных отраслей и по сути иррациональным не является. Сейчас одно из таких интегрирующих научных направлений представляет *голографическая геодинамика* [Локтюшин, Мананков, 1996; Shelli, 2016; Мананков, Локтюшин, 2000], позволяющая исследовать геологические структуры и физические поля как пространственно-замкнутые динамические структуры [Мананков, 2018; Manankov, 20196].

В природе реальные объекты, располагающиеся строго периодически по волновым принципам, встречаются повсеместно в явлениях самого несопоставимого масштаба – от космических до микроскопических. Развитие методологии системного анализа и участие в них низкоэнергетического протонирования подтверждается новыми теориями, например, *электронно-протонная теория* – фундаментальная основа физико-химических процессов выщелачивания оксидных минералов в гидрометаллургии [Киприянов, Горичев, 2006]. Технические устройства с минералами слоистой структуры для протонных мембран, с комбинированными источниками ионов, протонов нашли применение при обработке алмазов, других ювелирных минералов [Kondrat'yev, Turchin, 1994; Турчин, Радько, 2001 и др.].

Первое представление о мире как о голограмме, подтвердившее наши результаты 20-летней давности, появилось в квантовой механике в результате фундаментального открытия XX в. – корпускулярно-волнового дуализма. Оно принадлежит ученым-физикам Дэвиду Бому и Карлу Прибраму, чьи идеи потрясли незыблемость рационализма классиков [Shelli, 2016]. Следующее открытие о скорости процессов, превышающей принятую за максимум, группы ученых под руководством Э. Аспекта при университете в Париже в 1982 г. также относится к одним из самых значительных в XX в. Они обнаружили, что в определенных условиях элементарные частицы, например протоны, способны мгновенно сообщаться друг с другом независимо от расстояния между ними. Проблема этого открытия в том, что оно нарушает постулат Эйнштейна о предельной скорости распространения взаимодействия, равной скорости света. Затем волновую идею подхватили и развивали М. Талбот, К. Хоган, М. Рис и другие ученые и философы [Телбот, 2004 и др.]. Большой вклад в становление голографической парадигмы внес астрофизик Н.А. Козырев, в первую очередь – его научные открытия в планетологии и теории времени [Козырев, 1951].

Новые идеи профессора К. Скендериса с коллегами из Кембриджского университета привели к разработке математической модели, что позволило ему в 2012 г. войти в двадцатку самых выдающихся ученых мира и удостоиться солидной премии. Модель построена с учетом предположения, что у Вселенной на фундаментальном уровне на одно меньше измерений, доступных науке, и она подчиняется законам, похожим на электромагнетизм [Хель, 2013]. Несомненно, объяснение есть всему, но в пределах человеческого разума. Для доказательств нужны факты, подобные открытию Э. Аспекта. Как ни печально для классиков, но они есть. Так, недавно молодой русский ученый М. Лукин из Гарвардского университета осуществил прорыв в постройке квантового компьютера. Найден подход к созданию фотонной материи – нового вида за счет открытия особых фотонных связей [Попсулин, 2012].

В пределах земной коры волновые принципы воплощены повсеместно. Это – сдвиговые структуры, проявляющиеся в ритмичном чередовании горных хребтов, складчатые дислокации массивов пород, ритмично-полосчатые или письменные узоры минеральных агрегатов, полосчатые и зональные узоры агатов, колломорфные микротекстуры природных и синтетических минералов. Профессор кафедры минералогии Томского политехнического университета Алексей Михайлович Кузьмин подобные структурные проявления изучал более 30 лет и систематизировал в своей докторской диссертации «Периодически-ритмические явления в минералогии и геоло-

гии» еще 70 лет назад. Только в 2019 г. опубликована диссертация А.М. Кузьмина благодаря усилиям его любимого ученика – доцента НИ ТПУ Анатолия Яковлевича Пшеничкина и при поддержке и содействии Томского отделения российского минералогического общества [Кузьмин, 2019].

Попытки собственно волновой интерпретации сверхструктур конденсированных сред тоже принимались неоднократно. Авторы работы [Панин и др., 1990] предприняли еще одну такую с применением формализованного подхода. В результате получены уравнения типа деформаций смещения и сдвига, примененные Эйлером в теории упругости и позднее Максвеллом в своей электромагнитной теории. Следует отметить, что классики неоднократно подчеркивали ограниченность этих уравнений. Но еще важнее – эти уравнения уходят от описания вещества к описанию пространства со специфическими свойствами. Ограничения теории Эйлера–Максвелла, скорее всего, связаны с локальной применимостью евклидовой геометрии. Преодоление ограничений возможно на пути торовой интерпретации римановского пространства в евклидовом.

Такой подход позволяет при описании любых вещественных проявлений как замкнутых динамических структур рассматривать их как динамические структуры, которые являются результатом автоинтерференции волновых возмущений пространства. Пространство структурируется областями конструктивной и деструктивной интерференции, причем области конструктивной интерференции обладают признаками вещества. Их взаимодействие порождает структурирование следующих иерархических уровней пространства и определяет единый механизм формирования вещественных динамических систем любого масштаба.

Планетное тело Земли как единая структурированная система содержит в себе замкнутые подсистемы, связанные процессами обмена. Последние включают как вещество, так и взаимообусловленные физические поля. В геологии планеты ведущим процессом обмена является глобальный геологический перенос вещества и энергии. В масштабе геологического времени этот процесс привел к структурированию тела эллипсоида как в радиальном направлении (образование сферических оболочек), так и внутри оболочек. Отношение расстояний между внутренними геосферами (с учетом последних уточнений) можно считать соответствующими волновым числам установившихся колебаний в вертикальном направлении. По такой же циклической схеме происходят процессы обмена между структурными элементами всех более мелких иерархических уровней. В рамках резонансно-полевой теории, до сих пор в петрологии прогрессивный «проект верхней мантии и плюмов» превращается в частную проблему гло-

бальной геодинамики [Мананков, 2018; Manankov, 2019a, 2019b, 2019c], создаваемой на голографических принципах организации вещества [Локтюшин, Мананков, 1996; Мананков, Локтюшин, 2000, 2018].

В объеме земной коры химическая дифференциация при участии автоколебательных длиннопериодических процессов за счет протонно-гидратационного механизма фиксируется в периодических структурах разного масштаба: от ритмически расслоенных рудно-магматических комплексов, рудных месторождений до локальных образований в виде мономинеральных конкреций, жеод и т.п. Периодическо-ритмические явления в минералогии и геологии, выявленные А.М. Кузьминым, теперь находят адекватное научное объяснение.

В целом с участием протонно-гидратационного механизма идут практически все процессы минералообразования в литосфере и на ее поверхности. Их масштабы, благодаря низкоэнергетической активации процессов, значительно превышают те, что следуют из традиционных термодинамических и основанных на них геохимических представлений.

В процессах обмена и структурообразования, по теории академика Д.С. Коржинского, важнейшую роль играют диффузионные и инфильтрационные потоки. У любого вещественного потока существуют замкнутые векторные поля, которые могут или стабилизировать исходный поток, или, напротив, привести к его нелинейности. Последняя возникает при нестационарных условиях, когда векторные поля имеют сжимающий характер для исходного потока, что провоцирует возникновение вихревых потоков вещества.

Обычно в крупных масштабах имеет смысл рассматривать полевые структуры электромагнитной и гравитационно-кинетической природы. В случае электронейтральности вещественных потоков векторное поле представляет собой поле момента импульса, которое при значительных интенсивностях потоков сопровождается аномальными скоростями в геотектонических и тектономагматических процессах. Яркими проявлениями последних выступают землетрясения, вулканизм и катастрофические подвижки в земной коре. Эти катастрофические процессы, как и прочие, менее динамичные, сопровождаются миграцией химических компонентов и генерацией минералов. Процессы квазистационарного развития минералов в природе и технических системах, как правило, имеют *гидратационный и протонно-гидратационный механизмы*.

Эти два механизма неразрывно связаны и, порождая друг друга по волновому принципу, вызывают, например, в остывающем магматическом очаге ритмическую сменяемость этапов высокотемпературного протонирования и гидратации. Такая ритмика проявляется в периодическом изменении кине-

тических параметров как по пространству геологического тела, отдельных минералов или кристаллизатора технологической установки, так и во времени для локальных их подсистем и участков. В итоге за счет циклической смены протонно-гидратных условий формируются кристаллические агрегаты, а на фоне остывания магм и расплавов создаются периодические зональности в строении интрузивного массива с набором полосчатости, слоев и фаций в продуктах минерало- и рудообразования. В более сложных ситуациях, например, при формировании пространственно связанных кварцевых и опаловых жил, возможно, имеем дело с различными временными этапами силификации и более поздней минерализации, обусловленными гидратацией продуктов протонной деструкции вмещающих пород [Мананков, Григорьев, Бирюков, 1992].

По кинетике и энергетике такие процессы несоизмеримы с классической химической ионной сборкой, их необычно низкая энергетика объясняется поразному. Но чаще ссылаются на роль строительных надатомных наноблоков – прима-тел [Чепижный, 1988]. Мы экспериментально показали ведущую роль здесь механизма спинодального распада, что позволило открыть новый класс материалов и получить десятки патентов на составы и способы синтеза. Эти материалы завоевали две серебряные и две бронзовые медали ВДНХ СССР и международные медали [Мананков, Горюхин, Локтюшин, 2002].

Наиболее актуальным является проблема об *источниках протонов*, управляющих процессами дифференциации и структурирования вещества. Частично источник протонов очевиден, он связан с активностью воды, отдающей протон в процессах взаимодействия по механизму гидролиза. Однако такой механизм не в состоянии обеспечить выход за пределы локального химического равновесия и не является основой пространственно-временной сегрегации минеральных новообразований.

На существование глобальных процессов, порождающих зарядовую, в том числе и протонного характера асимметрию любого масштаба, указывают многие исследователи. Например, В.И. Вернадский, а позже В.Н. Ларин и ряд других считают протонные эманиции внутренних частей планеты Земля связанными с разложением протопланетных гидридов [Вернадский, 1960; Ларин, 1980]. В плазмо-газовой модели первичной конденсации источником протонов является сверхплотное плазменное ядро [Кузнецов, 1984]. Другая, также экзотическая возможность генерирования протонов связана с рождением вещества, в первую очередь протонов, из пространства-времени [Козырев, 1958].

Не исключая указанных источников из числа вероятно возможных, мы развиваем предложенную ранее динамическую модель [Мананков, 2016]. В динамической вихревой структуре, каковой является

Земля [Сараев, 1976], потоки вещества претерпевают масштабную зарядовую дифференциацию под воздействием локальных и планетарного масштаба магнитных полей. Протоны, обладая высочайшей подвижностью, формируют в результате магнитной сепарации собственные насыщенные потоки. Протонная продувка сопровождается в глубинных слоях земной коры и верхней мантии формированием канальных и очаговых магматических образований, стремительно развивающихся во времени. Здесь реализуются процессы высокотемпературного протонирования и гидратации, которые являются одной из важнейших причин петрогеохимической специализации, дифференциации, минерагенеза и рудообразования. Значительная доля протонов перемещается по ослабленным зонам в верхние горизонты коры, где протонно-гидратационный механизм реализуется в формировании рудных контактово-метасоматических, гидротермальных и углеводородных месторождений.

Контролируемость процессов минерагенеза протонными потоками один из первых подметил академик Д.С. Коржинский. Свои идеи он представил в гипотезе *опережающей волны кислотности*, в которой кислотные компоненты движутся быстрее, чем основания, и это порождает волнообразный процесс химической дифференциации [Коржинский, 1957, 1982]. Трудными сотрудниками института экспериментальной минералогии РАН теоретическая гипотеза получила экспериментальное подтверждение [Жариков, 1968, 1986], хотя вопрос о высокой подвижности сильных кислот остался открытым. Примерно в то же время волновой характер изменения кислотно-щелочных свойств расплавов и растворов было предложено объяснять *кажущимся изменением кислотности* в результате понижения температуры [Рябчиков, Когарко, 1963; Рябчиков, 1967].

Реальное соотношение обоих механизмов, скорее всего, равнозначно и проявляется совместно, так как в первом и втором случае кислотностью растворов опережающей волны управляют на порядок более подвижные по сравнению с анионами протонные потоки. В первой гипотезе протонные потоки обеспечивают «подвижность кислот», а во второй они делают кажущееся изменение кислотности реально действующим. В обоих случаях работает протонный механизм, позволяющий без привлечения представлений о прерывистом или нестационарном характере растворов описывать и объяснять процессы переноса, концентрации элементов и образования зональных тел, ритмично-полосчатых текстур продуктов минерало- и рудообразования. Нестационарность же возникает вследствие скачкообразного изменения донорно-акцепторных свойств растворителя.

Потоки стационарные, попадая во внешнее для них магнитное поле, претерпевают ионную диффе-

ренциацию, проявляющуюся как бы в пространственном разделении движущихся зарядов. Эти заряды образуют самостоятельные потоки, которые сопровождаются электромагнитными явлениями. В частности, собственные магнитные поля потоков увеличивают их плотность. В итоге происходит канализационный перенос вещества, что стимулирует развитие трубок магматического прорыва с продуктами интенсивного минерало- и рудообразования (рис. 3).

Широко обсуждавшиеся в литературе возможности протонной эманации имеют принципиальное значение для познания особенностей процессов электромагнитного структурирования верхних обо-

лочек планеты, создания канальных систем переноса вещества, реакционных зон метасоматоза и формирования рудных и нерудных высокодифференцированных образований.

В контакте с магматическими диатремовыми прорывами в результате катастрофического развития электрических разрядов такие протонные потоки обеспечивают низкоактивационные, на порядки меньше известных термодинамических параметров, процессы минералого-геохимических превращений (рис. 4). В результате этих процессов водородной продувки, формируются месторождения с высококонцентрированными рудными телами, вплоть до самородных (золото, платина, железо и т.п.)

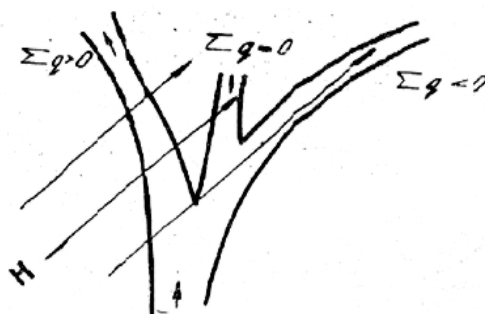


Рис. 3. Анионно-катионная дифференциация флюидных масс во внешнем магнитном поле

Fig. 3. Anionic-cationic differentiation of fluid masses in an external magnetic field

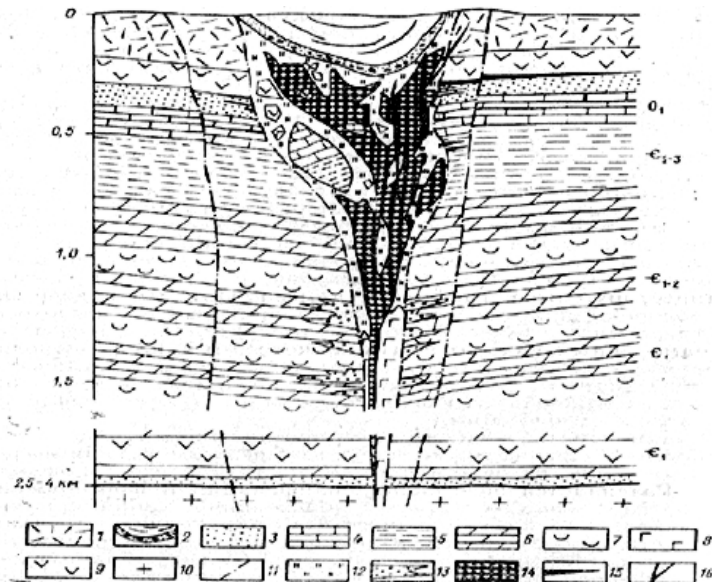


Рис. 4. Обобщенная модель строения магнетитового месторождения в магматогенно-эксплозивной трубке, Сибирская платформа [Синяков, 1994]

1 – туфы; 2 – тонкий слой вулканомиктовых алевролитов с обломками магнетитовой руды; 3 – песчаники; 4 – известняки; 5 – аргиллиты и алевролиты; 6 – доломиты; 7 – каменная соль; 8 – сорудные базальтоиды диатремовой ассоциации; 9 – долериты; 10 – породы кристаллического фундамента; 11 – тектонические разломы; 12 – метасоматиты рудной зоны; 13 – скарны магниевые и известковые; 14 – магнетитовые руды; 15 – стратиформные рудные залежи; 16 – крутопадающие рудные жилы

Fig. 4. A generalized model of the structure of a magnetite deposit in a magmatogen-explosive tube, Siberian Platform [Sinyakov, 1994]

1 – tuffs; 2 – a thin layer of volcanomict siltstones with fragments of magnetite ore; 3 – sandstones; 4 – limestones; 5 – mudstones and siltstones; 6 – dolomites; 7 – rock salt; 8 – ore basaltoids of the diatreme association; 9 – dolerites; 10 – rocks of the crystalline basement; 11 – tectonic faults; 12 – metasomatites of the ore zone; 13 – magnesian and calcareous skarn; 14 – magnetite ores; 15 – stratiform ore deposits; 16 – steeply falling ore veins

Эндогенные протонные потоки вследствие их канализации могут фиксироваться традиционными электрофизическими методами, результаты которых потребуют новой интерпретации. Также изучение остаточной намагниченности горных пород в зонах протонных каналов может свидетельствовать об их локализации, указывая, соответственно, на принципиальную возможность обнаружения высокодифференцированных рудно-минеральных образований. Характер намагниченности пород должен отражать вихревое распределение векторов, что, в свою очередь, может вносить искажения и ошибки при традиционной интерпретации палеомагнитных данных.

Заключение

В 60-е гг. прошлого века возродилась на новом уровне идея о всеобщей системности. Ее суть в единстве мира, в единстве природы и человека, а также в возможности раскрытия обратных связей внутри систем. Разработанная Б.М. Тюлюпо системная методология послужила фундаментом создания концепции системности в рудной геологии и стала научной основой Томской рудно-геологической

школы, которая сохранила свое научное значение и через 50 лет в современной информационно-волновой теории.

Сейчас на смену энергетической парадигме на основе термодинамического подхода создается новая – информационная парадигма. Она основывается на информационно-управляющем взаимодействии в системах, в том числе и в рудной геологии. На новом методическом и техническом уровне, но на фундаментальной основе методологии профессора Бориса Марковича Тюлюпо появляется возможность по-новому подойти к проблемам структурной организации вещества как в планетарном, так и на всех более низких иерархических уровнях, а также выработать современные эффективные гипотезы формирования рудных и прочих других месторождений полезных ископаемых и методы их прогнозирования, поиска и разведки. Они напрямую используются в оптимизации синтеза монокристаллов для лазерной техники и т.п., а также при создании концепции безотходного использования минерального сырья и новых многофункциональных материалов, начиная от наноминералов для стоматологии и заканчивая материалами для новой техники и строительства.

ЛИТЕРАТУРА

- Вернадский В.И.** История минералов земной коры // Избр. соч. М. : Наука, 1960. Т. 4, кн. 2. С. 13–14.
- Жариков В.А.** Экспериментальное и теоретическое исследование фильтрационного эффекта. III. Электрокинетический механизм и возможная геохимическая роль // Метасоматизм и другие вопросы физико-химической петрологии. М. : Наука, 1968. С. 9–30.
- Жариков В.А.** Проблемы экспериментальной минералогии // Тез. докл. XI Всесоюз. совещ. по эксперим. минерал. Черноголовка, 1986. С. 64–95.
- Киприянов Н.А., Горичев Н.Г.** Электронно-протонная теория – фундаментальная основа физико-химического процесса выщелачивания оксидных минералов в гидрометаллургии // Вестник РУДН. Сер. Инженерные исследования. 2006. № 1 (12). С. 101–109.
- Козырев Н.А.** Теория внутреннего строения звезд и источники звездной энергии // Известия Крымской обсерватории. 1951. Т. 1. С. 54–83.
- Козырев Н.А.** Причинная или несимметричная механика в линейном приближении. Пулково, 1958. 41 с.
- Коржинский Д.С.** Режим кислотности постмагматических процессов // Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1957. № 12. С. 3–12.
- Коржинский Д.С.** Теория метасоматической зональности. М. : Наука, 1982. 104 с.
- Кузнецов В.В.** Физика Земли и Солнечной системы (модели образования и эволюции). Новосибирск : ИГиГ СО АН СССР, 1984. 92 с.
- Кузьмин А.М.** Периодическо-ритмические явления в минералогии и геологии. Томск : STT, 2019. 335 с.
- Ларин В.Н.** Гипотеза изначально гидридной Земли. М. : Недра, 1980. 216 с.
- Локтюшин А.А., Мананков А.В.** Пространственно-замкнутые динамические структуры. Томск : Изд-во ТГУ, 1996. 123 с.
- Мананков А.В.** Астроминералогия – новая комплексная наука для решения сырьевых и экологических проблем биосферы // «Петрология магматических и метаморфических комплексов : материалы Всерос. конф. с междунар. участием. Томск: Изд-во томского ЦНТИ, 2016. Вып. 8. С. 204–211.
- Мананков А.В.** Волновые механизмы при формировании литосферы // Материалы Всерос. конф. с междунар. участием «Петрология магматических и метаморфических комплексов». Томск: Изд-во ЦНТИ, 2018. Вып. 10. С. 241–244.
- Мананков А.В., Горюхин Е.Я., Локтюшин А.А.** Волластонитовые, пироксеновые и другие материалы из промышленных отходов и неадекватного природного сырья. Томск : ТГУ, 2002. 168 с.
- Мананков А.В., Григорьев Ю.Г., Бирюков В.Г.** Месторождение опала в Томской области // Вопросы геологии Сибири. Томск : ТГУ, 1992. Вып. 1. С. 144–148.
- Мананков А.В., Локтюшин А.А.** Основные направления развития геодинамики // Проблемы геодинамики и минерализации Южной Сибири. Томск : Изд-во ТГУ, 2000. С. 5–15.
- Мананков А.В., Локтюшин А.А.** Твердофазное состояние в голографической модели вещества // Актуальные вопросы современной науки : сб. ст. по материалам X междунар. науч.-практ. конф. Уфа : Общество с ограниченной ответственностью Дендра, 2018. Ч. 1. С. 22–52.
- Панин В.Е., Гриняев Ю.В., Данилов В.И., Зуев Л.В. и др.** Структурные уровни пластической деформации и разрушения. Новосибирск : Наука, 1990. 254 с.

Попсулин С. Русский ученый из Гарварда осуществил прорыв в пространстве квантового компьютера // Издание о высоких технологиях. 06.07.2012. URL: https://www.cnews.ru/news/top/russkij_uchenyj_iz_garvarda_osushchestvil (дата обращения: 10.11.2019).

Пушаровский Д.Ю., Пушаровский Ю.М. Новый взгляд на состав и строение глубинных оболочек планет земной группы // Вестник Мос. ун-та. Сер. 4. Геология. 2016. № 1. С. 3–9.

Рябчиков И.Д. Термодинамические расчеты направленности метасоматических процессов // Геология рудных месторождений. 1967. Т. 9, № 6. С. 16–27.

Рябчиков И.Д., Когарко Л.Н. Влияние замены анионов на кислотность магматического расплава // Геохимия. 1963. № 3. С. 305–311.

Сараев В.А. Вихревые системы Земли. Томск, 1976. 166 с. Деп. В ВИНТИ № 3137–76 от 23.06.76.

Синяков В.И. Геолого-промышленные типы рудных месторождений. СПб. : Недра, 1994. 248 с.

Турчин В.И., Радько В.Е. Устройство для обработки алмазов. Патент РФ 2211760. Приоритет 31.05.2001. Опубл. 10.09.2003.

Тюлюпо Б.М. Минералогия и вопросы генезиса магнетитовых месторождений осевой зоны Кузнецкого Алатау : дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Томск, 1968. 297 с.

Тэлбот М. Голографическая Вселенная / перев. с англ. М. : София, 2004. 368 с.

Хель И. Голографическая Вселенная: новая теория пространства-времени? // Hi-News.ru. 03 июня 2013. URL: <https://hi-news.ru/science/golograficheskaya-vselennaya-novaya-teoriya-prostranstva-vremeni.html> (дата обращения: 15.12.2019).

Чепижный К.И. Новое в минералогии (теория минералогии). Л. : Наука, 1988. 146 с.

Kondrat'yev B.K., Turchin V.I. Combined ion source // Instruments and Experimental Techniques. 1994. № 3. P. 106–111.

Manankov A.V. Features of composition and plasticity of two asthenospheres of planet Earth // 7-th international Science Conference “Large Igneous Provinces (LIP – 2019)”. Tomsk : CSTI Publishing house, 2019a. P. 80–81.

Manankov A.V. Trigger effects of geodynamics and global toxication of the atmosphere // 7-th international Science Conference “Large Igneous Provinces (LIP – 2019)”. Tomsk : CSTI Publishing house, 2019b. P. 81–83.

Manankov A.V. Two genetic types of metallogenic zones in wave geodynamics // 7-th international Science Conference “Large Igneous Provinces (LIP – 2019)”. Tomsk : CSTI Publishing house, 2019c. P. 83–85.

Shelli R. Joye. The Pribram-Bohm hypothesis a topology of consciousness // Cosmos and History: The Journal of Natural and Social Philosophy. 2016. V. 12, № 2. P. 114–136.

Автор:

Мананков Анатолий Васильевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, кафедра охраны труда и окружающей среды, Томский государственный архитектурно-строительный университет, кафедра динамической геологии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

E-mail: mav.39@mail.ru

Geosphere Research, 2019, 4, 83–94. DOI: 10.17223/25421379/13/8

A.V. Manankov^{1,2}

¹ *Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia*

² *National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

TO THE THEORY OF FORMATION AND FORECAST OF MINERAL DEPOSITS

The leading role of the ideas of one of the founders of the Tomsk Scientific School of Ore Geology - professor of Tomsk State University Boris Markovich Tyulyupo is revealed. Scientific heritage of Professor B.M. Tyulyupo, the achieved level in the field of methodology is the fundamental basis for mineralogy in ore geology of the second half of the twentieth century. His systematic integrated approach predetermined the birth of trends in the development of science from overcoming the differentiation of mineralogical studies to the integration of mineralogical knowledge with geological sciences, as well as theories and methods of modern physics and chemistry. The accumulated experience in the study of deposits of various scales, the search for topomineralogical and spatiotemporal patterns and interconnections of minerals allowed B.M. Tyulyupo demonstrate mineralogy as a fundamental science in the system of geological sciences. Mineralogy is the scientific basis of metallogenic constructions, forecasting, prospecting and evaluation of deposits. Knowledge about the physicochemical conditions of the behavior of iron and related elements, the formation and distribution of ore minerals, the conditions of occurrence of ore dissemination, ore mineralization and ore bodies based on systemic geologized mineralogy are most fully revealed. Deep scientific methodology allowed B.M. Tyulyupo creates an authoring system and classification of mineralogical and genetic types of iron ore deposits of the Kuznetsk Ala-Tau. To develop new models of the sequence of mineral formation in the zones of contact metasomatism of magnetite deposits, ore genesis. And, finally, to substantiate the most objective geological-structural and mineralogical-geochemical criteria of different types of iron ore deposits and the laws of their localization within the Kuznetsk Alatau. The main ideas of professor B.M. Tyulyupo has not lost relevance over the past decades. His methodology, based on systemic community and comprehensiveness, is the fundamental basis demanded now, in the context of the transition to information technology.

Keywords: *ore geology, contact metasomatism, magnetite, systematic research, genetic-informational mineralogy, spatially closed dynamic structures.*

REFERENCES

Vernadskiy V.I. *Istoriya mineralov zemnoy kory* [History of Earth's crust minerals]// Izbr. soch. T. 4. Kn. 2. Moscow : Nauka, 1960. pp. 13–14. In Russian

- Zharikov V.A. *Eksperimental'noye i teoreticheskoye issledovaniye fil'tratsionnogo effekta. III. Elektrokineticheskiy mekhanizm i vozmozhnaya geokhimicheskaya rol'* [Experimental and theoretical study of the filtration effect. III. Electrokinetic mechanism and possible geochemical role] // *Metasomatizm i drugie voprosy fiziko-khimicheskoy petrologii*. Moscow: Nauka, 1968. pp. 9–30. In Russian
- Zharikov V.A. *Problemy eksperimental'noy mineralogii* [Problems of experimental mineralogy] // *Tez. dokl. XI Vsesoyuz. soveshch. po eksperim. mineral.* Chernogolovka, 1986. pp. 64–95. In Russian
- Kipriyanov N.A., Gorichev N.G. *Elektronno-protonnaya teoriya – fundamental'naya osnova fiziko-khimicheskogo protsessa vyshchelachivaniya oksidnykh mineralov v gidrometallurgii* [The electron-proton theory - a fundamental basis of physical and chemical process leaching oxide minerals in different mineral acids] // *Vestnik RUDN, ser. Inzhenernyye issledovaniya*, 2006. № 1 (12). pp. 101–109. In Russian
- Kozyrev N.A. *Teoriya vnutrennego stroyeniya zvezd i istochniki zvezdnoy energii* [Theory of the internal structure of stars and sources of stellar energy] // *Izvestiya Krymskoy observatorii*. 1951. T.1. pp. 54–83. In Russian
- Kozyrev N.A. *Prichinnaya ili nesimmetrichnaya mekhanika v lineynom priblihenii* [Causal or asymmetric mechanics in linear approximation]. Pulkovo, 1958. 41 p. In Russian
- Korzhin'skiy D.S. *Rezhim kislotsnosti postmagmaticheskikh protsessov* [The acidity regime of postmagmatic processes] // *Izv. AN SSSR. Ser. Geol.*, 1957. № 12. pp. 3–12. In Russian.
- Korzhin'skiy D.S. *Teoriya metasomaticheskoy zonal'nosti* [Theory of metasomatic zoning]. Moscow: Nauka, 1982. 104 p. In Russian.
- Kuznetsov V.V. *Fizika Zemli i Solnechnoy sistemy (modeli obrazovaniya i evolyutsii)* [Physics of the Earth and the Solar System (models of formation and evolution)]. Novosibirsk: IGIG SO AN SSSR. 1984. 92 p. In Russian.
- Kuz'min A.M. *Periodicheskio-ritmicheskiye yavleniya v mineralogii i geologii* [Periodic-rhythmic phenomena in mineralogy and geology]. Tomsk: STT. 2019. 335 p. In Russian.
- Larin V.N. *Gipoteza iznachal'no gidridnoy Zemli* [Hypothesis originally hydride of the Earth]. Moscow: Nedra. 1980. 216 p. In Russian.
- Loktyushin A.A., Manankov A.V. *Prostranstvenno-zamknutyie dinamicheskiye struktury* [Spatially closed dynamic structures]. Tomsk: Izd-vo TSU, 1996. 123 p. In Russian
- Manankov A.V. *Astromineralogiya – novaya kompleksnaya nauka dlya resheniya syr'yevykh i ekologicheskikh problem biosfery* [Astro-mineralogy is a new integrated science for solving the raw and environmental problems of the biosphere] // *Materialy Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiyem «Petrologiya magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov»*. Vyp. 8. Tomsk: Izd-vo TSNTI. 2016. pp. 204–211. In Russian
- Manankov A.V. *Volnovyye mekhanizmy pri formirovaniy litosfery* [Wave mechanisms in the formation of the lithosphere] // *Materialy Vseros. konf. s mezhdunar. Uchastiyem. «Petrologiya magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov»*. Vyp. 10. Tomsk: Izd-vo tomskogo TSNTI. 2018. pp. 241–244. In Russian
- Manankov A.V., Goryukhin Ye.Ya., Loktyushin A.A. *Vollastonitovyie, piroksenovyie i drugie materialy iz promyshlennykh ot-khodov i nedefitsitnogo prirodnogo syr'ya* [Wollastonite, pyroxene and other materials from industrial waste and non-deficient natural raw materials]. Tomsk: TSU. 2002. 168 p. In Russian
- Manankov A.V., Grigor'yev Yu.G., Biryukov V.G. *Mestorozhdeniye opala v Tomskoy oblasti* [Opal deposit in the Tomsk region] // *Voprosy geologii Sibiri*. Vyp. 1. Tomsk: TGU, 1992. pp. 144–148. In Russian
- Manankov A.V., Loktyushin A.A. *Osnovnyie napravleniya razvitiya geodinamiki* [The main directions of development of geodynamics] // *Problemy geodinamiki i mineragenii Yuzhnoy Sibiri*. Tomsk: Izd-vo TSU, 2000. pp. 5–15. In Russian
- Manankov A.V., Loktyushin A.A. *Tverdogaznoe sostoyanie v golograficheskoy modeli veshchestva* [Solid state in a holographic model of matter] // *Sbornik statey po materialam X mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Aktual'nye voprosy sovremennoy nauki»*. CH.1. Ufa: Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennoyu Dendra, pp. 22–52. In Russian.
- Panin V.Ye., Grinyayev YU.V., Danilov V.I., Zuyev L.V. i dr. *Strukturnyye urovni plasticheskoy deformatsii i razrusheniya* [Structural levels of plastic deformation and fracture]. Novosibirsk: Nauka. 1990. 254 p. In Russian
- Popsulin S. *Russkiy uchenyy iz Garvarda osushchestvil proryv v prostranstve kvantovogo komp'yutera* [Russian Harvard Scientist Breakthrough Quantum Computer Space] // *Izdaniye o vysokikh tekhnologiyakh*. 06.07.2012. [Electronic resource] URL: https://www.cnews.ru/news/top/russkiy_uchenyj_iz_garvarda_osushchestvil (accessed 10.11.2019). In Russian
- Pushcharovskiy D.YU., Pushcharovskiy Yu.M. New insight into the composition and the structure of the deep layers of the terrestrial planets // *Moscow University Geology Bulletin*, 2016. № 1. pp. 1–7
- Ryabchikov I.D. *Termodinamicheskiye raschety napravlenosti metasomaticheskikh protsessov* [Thermodynamic calculations of the direction of metasomatic processes] // *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*. 1967. T. 9. № 6. pp. 16–27. In Russian
- Ryabchikov I.D., Kogarko L.N. *Vliyaniye zameny anionov na kislotsnost' magmaticheskogo rasplava* [The effect of anion substitution on the acidity of a magmatic melt] // *Geokhimiya*. 1963. №3. pp. 305–311. In Russian
- Sarayev V.A. *Vikhrevyye sistemy Zemli* [Earth Vortex Systems]. Tomsk. 1976. 166 p. Dep. V VINITI № 3137–76 ot 23.06.76. In Russian
- Sinyakov V.I. *Geologo- promyshlennyye tipy rudnykh mestorozhdeniy* [Geological and industrial types of ore deposits]. St.Peterburg: Nedra, 1994. 248 p. In Russian
- Turchin V.I., Rad'ko V.Ye. *Ustroystvo dlya obrabotki almazov* [Diamond processing device]. Patent RF 2211760. Prioritet 31.05.2001. Opubl.10.09. 2003. In Russian
- Tyulyupo B.M. *Mineralogiya i voprosy genezisa magnetitovykh mestorozhdeniy osevoy zony Kuznetskogo Alatau* [Mineralogy and questions of the genesis of magnetite deposits in the axial zone of the Kuznetsk Alatau] // *Dissertatsiya na soiskaniye uch. stepeni doktora geol.-min. nauk*. Tomsk. 1968. 297 p. In Russian
- Telbot M. *Golograficheskaya Vselennaya* [Holographic Universe] / perev. s angl. Moscow: ID «Sofiya», 2004. 368 p. In Russian
- Khel' I. *Golograficheskaya Vselennaya: novaya teoriyaprostranstva-vremeni?* [Holographic Universe: a new theory of space-time?] // *Hi-News.ru* – 03 iyunya 2013. [Electronic resource] URL: <https://hi-news.ru/science/golograficheskaya-vselennaya-novaya-teoriya-prostranstva-vremeni.html> (accessed 10.11.2019). In Russian
- Chepizhnyy K.I. *Novoye v mineralogii (teoriya mineralogii)* [New in mineralogy (theory of mineralogy)]. Leningrad: Nauka, 1988. 146 p. In Russian

Kondrat'yev B.K., Turchin V.I. Combined ion source // Instruments and Experimental Techniques, № 3. 1994. pp.106–111

Manankov A.V. Features of composition and plasticity of two astenospheres of planet Earth // 7-th international Science Conference “Large Igneous Provinces (LIP – 2019)”. Tomsk: CSTI Publishing house. 2019. pp. 80–81.

Manankov A.V. Trigger effects of geodynamics and global toxication of the atmosphere// 7-th international Science Conference “Large Igneous Provinces (LIP – 2019)”. Tomsk: CSTI Publishing house. 2019. pp. 81–83.

Manankov A.V. Two genetic types of metallogenic zones in wave geodynamics // 7-th international Science Conference “Large Igneous Provinces (LIP – 2019)”. Tomsk: CSTI Publishing house. 2019. pp. 83–85.

Shelli R. Joye. The Pribram-Bohm hypothesis a topology of consciousness // Cosmos and History: The Journal of Natural and Social Philosophy. 2016. V. 12. No 2, pp. 114–136.

Author:

Manankov Anatoly V., Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Professor, Department of Engineering Geology and Geo-ecology, Tomsk State University of Architecture and Building Department of Dynamics Geology, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: mav.39@mail.ru

УДК 551.1/4 + 929

АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ РОДЫГИН. К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ



С.А. Родыгин¹, Е.А. Синюкова², О.М. Гринев¹

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

² Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

А.И. Родыгин (1919–2012), доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры палеонтологии и исторической геологии, участник Великой Отечественной войны, кавалер орденов и медалей, обладатель почетных званий: Заслуженный деятель науки РФ, Заслуженный профессор ТГУ. Был деканом геолого-географического факультета ТГУ (1969–1975 гг.), заведующим кафедрой палеонтологии и исторической геологии ГГФ ТГУ (1978–1989 гг.). Геологические исследования проводил в Кузнецком Алатау, Горном Алтае, Рудных горах (ГДР) и др. Открыл ряд месторождений. Основное научное направление – стратиграфия, тектоника, метаморфизм древнейших толщ Алтае-Саянской складчатой области и методы структурного анализа. Основатель научной школы «Структурно-тектонический анализ, петрология и минерагения кристаллических комплексов», двух научно-исследовательских лабораторий. Автор более ста научных трудов, в том числе шести монографий, десяти учебных пособий. Читал ряд курсов структурного и регионально-геологического направлений. Увлекался живописью, поэзией, занимался переводами с английского, немецкого языков.

Ключевые слова: заслуженный профессор, Томский университет.

Введение

Александр Иванович Родыгин родился 20 августа 1919 г. в с. Новый Поросс Новониколаевского уезда Томской губернии. Детство его прошло в сельской местности. Отец – Иван Терентьевич, работал бухгалтером в кредитном товариществе. Мать – Валентина Ивановна, вела большое хозяйство и воспитывала детей. В семье всегда царил культ книги,

имелась обширная библиотека русской и зарубежной классики. Иван Терентьевич был очень скромным, выдержанным человеком, пользовался большим уважением среди односельчан; увлекался охотой. В 1931 г. семья безо всяких на то оснований была раскулачена и выслана в Бакчарский район, где отец продолжил работу бухгалтером теперь уже в Бакчарском райпотребсоюзе. В 1935 г. родители были восстановлены в правах.



Александр Иванович Родыгин в рабочем кабинете. 2004 г.

Александр в 1939 г. окончил с отличием Бакчарскую среднюю школу, где к тому времени сформировался очень сильный педагогический коллектив, в

значительной части состоявший тоже из ссыльных. Александр Иванович всегда с благодарностью вспоминал своих школьных учителей. Говорил, в частно-

сти, что такого великолепного изложения основ генетики он больше никогда ни от кого не слышал (в то время генетика еще не была под запретом, это случилось много позже). Отмечал высочайшее педагогическое мастерство учителя математики; вспоминал великолепные, абсолютно профессиональные театральные постановки, которые любил устраивать тогдашний директор Бакчарской школы – яркая, незаурядная личность (как предполагал Александр Иванович, скорее всего, до ссылки имевший отношение к театальному искусству). В этом же, 1939 г., Александр Иванович поступил в Томский университет на специальность «география» геолого-почвенно-географического факультета, где проучился два года. 5 июня 1941 г., перед самым началом Великой Отечественной войны, был призван в Красную армию и направлен на Дальний Восток. Служил рядовым в различных воинских частях, в 1943 г. стал курсантом Благовещенского военно-пехотного училища. После ускоренного окончания училища, получив звание лейтенанта, служил в качестве командира стрелкового взвода в Петропавловске-Камчатском. В августе–сентябре 1945 г. участвовал в составе десантной группы в освобождении Курильских островов от японских милитаристов и затем был начальником заставы на острове Парамушир.

После демобилизации в конце 1946 г. Александр Иванович продолжил учебу в Томском университете на том же факультете, но уже по специальности «минералогия и петрография». Здесь его педагогами были такие выдающиеся деятели науки, как И.К. Баженов, В.А. Хахлов, А.Я. Булынников, Л.А. Рагозин и многие другие. Во время учебы студент А.И. Родыгин получал сталинскую (повышенную) стипендию. Производственные практики проходил в Хакасии, на восточном склоне Кузнецкого

Алатау, изучая особенности распространения и строения даек основных пород. Собранные материалы вошли в состав производственных отчетов и дипломной работы.

Окончил университет в 1950 г., получив диплом с отличием, и начал свою трудовую деятельность ассистентом кафедры исторической геологии. В 1956 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Геологический очерк северного склона Сайлюгемского хребта в юго-восточной части Горного Алтая», а в 1968 г. докторскую диссертацию на тему «Докембрий Горного Алтая». С 1969 г. – профессор кафедры исторической геологии, в 1969–1975 гг. – декан геолого-географического факультета, с 1978 г. – заведующий кафедрой палеонтологии и исторической геологии, с 1989 г. – профессор той же кафедры.

Александр Иванович придавал большое значение полевым исследованиям, провел множество полевых экспедиций. Начиная со студенческих лет и до преклонного возраста он ежегодно посещал тот или иной регион для сбора фактического материала, так как считал, что только полевые наблюдения должны лежать в основе любых геологических выводов и идей. Геологические исследования А.И. Родыгин проводил в Кузнецком Алатау, Енисейском кряже, Горном Алтае, Рудных горах (ГДР), Туве, Забайкалье, Северном Приладожье. Особенно много работал он в Горном Алтае. В составе геолого-разведочных партий Западно-Сибирского геологического управления проводил съемку масштаба 1:50 000 и различные тематические работы. В Кузнецком Алатау и Горном Алтае открыл ряд месторождений (медное, вольфрамовое, свинцово-серебряное, гипсовое, тальковое). Два года работал в ГДР, где возглавлял научный отдел советско-германского предприятия, изучал петрографию и полезные ископаемые Рудных гор в Саксонии.



Красноармеец Александр Родыгин.
Комсомольск-на-Амуре. Апрель 1942 г.



А.И. Родыгин после демобилизации с семьей. Родители Иван Терентьевич и Валентина Ивановна, сестры Мария (слева) и Вера (справа).
24 ноября 1946 г.



Поле. Горный Алтай. 50-е гг.



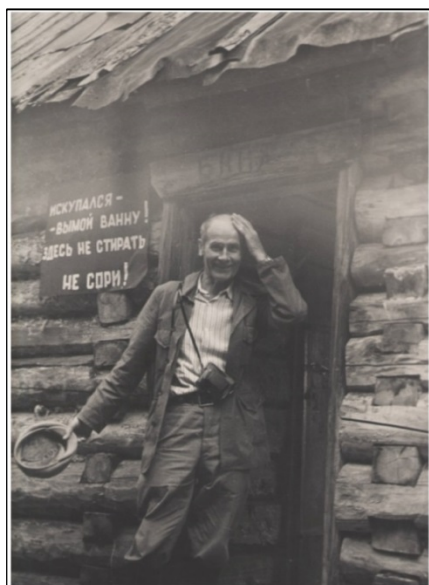
Удачный маршрут!



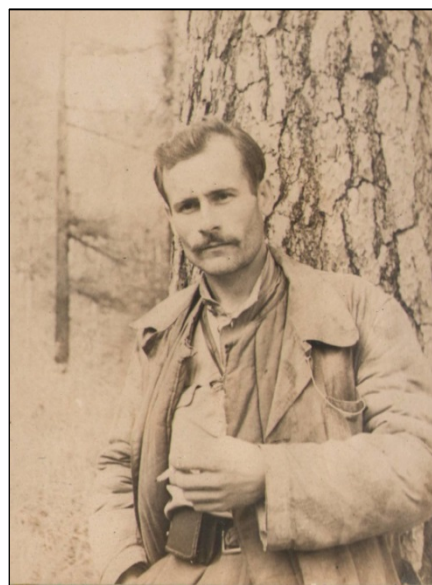
А.И. Родыгин (крайний справа) с немецкими коллегами. ГДР, г. Ауэ, 1958–1959 гг.



Горный Алтай. Северо-Чуйские белки. Х., м.
Картина А.И. Родыгина



Чистота – залог здоровья!
Выход из полевой бани. Забайкалье



В Горном Алтае. 50-е годы

Основное научное направление А.И. Родыгина – стратиграфия, тектоника, метаморфизм древнейших толщ Алтае-Саянской складчатой области и методы структурного анализа сложнодислоцированных комплексов. Александр Иванович Родыгин был известным ученым в области структурной геологии, автором приоритетных разработок стрейн-анализа, микроструктурного анализа кварца. Разработал методику структурного анализа с помощью стереографических проекций. Он основал научную школу «Структурно-тектонический анализ, петрология и минерагения кристаллических комплексов». На его разработках в ТГУ организованы и успешно работают две научно-исследовательские лаборатории – структурной геологии и тектоники, структурной петрологии и минерагении.

Под руководством профессора А.И. Родыгина были защищены докторские и кандидатские диссертации; его научно-методические работы обеспечивали значительный импульс развития структурной геологии. Ученики Александра Ивановича работают в научных и производственных организациях, возглавляют геологические службы России и регионов. Новые разработки, обобщенные в научных трудах (более ста, в том числе шесть монографий, десять учебно-методических пособий), используются в ведущих вузах России и зарубежья, научных и производственных организациях.

Большое внимание уделял Александр Иванович работе со студентами, он был одним из лучших лекторов Томского государственного университета. Читал ряд курсов структурного и регионально-геологического направлений, таких как: геология и полезные ископаемые СССР, историческая геология, методы составления палеогеографических карт, геотектоника, структурная геология, микроструктурный анализ, тектоно-фациальный анализ, анализ сложнодислоцированных комплексов, региональная геоло-

гия России, геология докембрия и др. Он постоянно руководил научной работой студентов, являлся одним из самых внимательных и добросовестных слушателей на научных студенческих конференциях. Лекции Александра Ивановича были четкими, хорошо структурированными, сопровождались прекрасно выполненными рисунками и чертежами. Он доходчиво объяснял непростой материал, никогда не отказывал в консультациях. Один из его учеников, Михаил Паровинчак, вспоминает: *«Невозможно забыть выверенные до тонкости лекции, во время которых из-под руки Александра Ивановича на доске возникали грандиозные картины складчатых структур, их видимые и невидимые особенности состава, строения и формирования. С каждой лекцией по структурной геологии студент-геолог наливался конкретными знаниями, позволяющими решать самые сложные задачи геологического картирования и регионального геологического анализа»*. Он же отмечает такие черты профессора А.И. Родыгина, как добросовестность, тщательность, пунктуальность, потрясающая работоспособность, самодостаточность, широчайшая эрудиция и сознательная сосредоточенность на проблемах региональной геологии и тектоники. Именно эти черты, по мнению ученика, принесли свои плоды: курсы лекций, учебные пособия, статьи, сборники научных трудов, монографии Александра Ивановича получили всеобщее признание геологической общественности, а структурный анализ сложнодислоцированных толщ является наиболее системным, продвинутым и методически обеспеченным циклом регионально-геологических и тектонических дисциплин.

Профессор А.И. Родыгин редактировал многие монографии и сборники научных статей. Пять лет возглавлял совет по защите диссертаций. Был научным руководителем НИЛ структурной геологии и тектоники, членом Российского геологического общества.



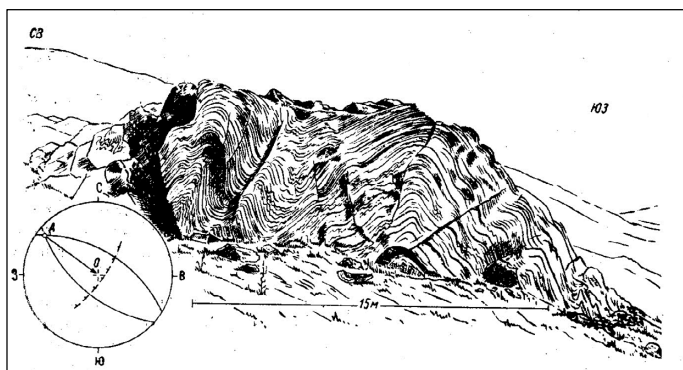
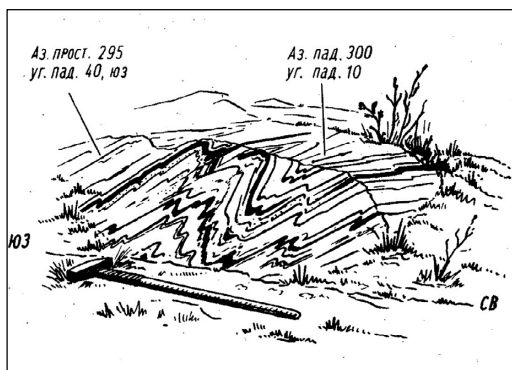
А.И. Родыгин читает лекцию студентам. 2004 г.



А.И. Родыгин с сыном Сергеем и внучками Верой (слева) и Полиной (справа). 9 мая 2006 г.

Александр Иванович всегда пользовался заслуженным авторитетом и международным признанием. Ему были вручены многие правительственные награды за участие в Великой Отечественной войне и за трудовые достижения, в том числе орден Отечественной войны II степени, медали «За победу над Японией», «XX лет Победы в Великой Отечественной войне», «Г.К. Жукова» и другие. В 1995 г. был удостоен почетного звания «Заслуженный деятель науки Российской Федерации». А.И. Родыгин также был удостоен званий «Почетный

работник высшего профессионального образования РФ» (1998), «Почетный разведчик недр» (1999), лауреата премии Томской области в сфере образования и науки (1999), а также премии ТГУ «За лучшую научную работу» (2002). В 2000 г. он был награжден памятным знаком министерства природных ресурсов РФ «300 лет Горно-геологической службе России». Его заслуги высоко ценил родной университет. Он был заслуженным профессором ТГУ (2004), почетным членом ученых советов ТГУ и ТПУ.



Полевые зарисовки Александра Ивановича Родыгина

А.И. Родыгин был разносторонне одаренным человеком. Кроме геологии он серьезно увлекался живописью. Картины его написаны так же профессионально, как и работы по геологии. Ему были подвластны различные изобразительные техники: масло, карандаш, уголь, сангина, графика. Все его монографии, учебные пособия и научные статьи иллюстрированы оригинальными рисунками, многие из которых были сделаны во время полевых маршрутов. Александр Иванович любил поэзию, артистично декламировал в кругу друзей стихи любимых поэтов.

В подлиннике читал английскую и немецкую литературу, увлекался переводами Б. Травена, Г. Лонгфелло. Серьезным творческим достижением является второй в России (после И.А. Бунина) полный перевод романтической поэмы Г. Лонгфелло «Песнь о Гайавате» (опубликован в 2014 г.). Александр Иванович был мастером на все руки, мог сделать любой ремонт, изготавливал мебель, рамки для своих картин. Владел забытым теперь переплетным мастерством. Он вел активный образ жизни, любил совершать пешие и лыжные прогулки.



Александр Иванович с внуком Сережей.
9 мая 2009 г.



Вера Георгиевна и Александр Иванович Родыгины.
60 лет вместе!

Со своей женой Верой Георгиевной Родыгиной (Ижецкой) (1927–2011 гг.) Александр Иванович познакомился еще в студенческой группе, когда возобновил учебу после демобилизации. Вместе они прожили без единой серьезной ссоры более шестидесяти лет. Вырастили двоих детей (сына Сергея и дочь Елену), троих внуков (Веру, Полину и Сергея). В их семье всегда царила добрая, светлая, дружелюбная, гостеприимная атмосфера. Александр Иванович Родыгин скончался вскоре после смерти своей любимой жены, в августе 2012 г.

Профессор А.И. Родыгин, бесспорно, был представителем подлинной русской интеллигенции. Он заслужил глубокое, искреннее уважение коллег по работе и многочисленных учеников каждодневным кропотливым трудом, широчайшим кругозором, верностью выбранному делу, человеческими и политическими пристрастиями, которые не поколебали ни война, ни перестройка, ни лихие годы, ни жизненные трудности. Подобных примеров служения долгу очень мало. Это та профессиональная и человеческая высота, на которую смотришь, высоко запрокинув голову.

Авторы:

Родыгин Сергей Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, кафедра палеонтологии и исторической геологии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

E-mail: rodygin@ggf.tsu.ru

Синюкова Елена Александровна, ассистент отделения информационных технологий инженерной школы информационных технологий и робототехники (ОИТ ИШИТР), Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия.

E-mail: elena.sinyukowa@yandex.ru

Гринев Олег Михайлович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, кафедра палеонтологии и исторической геологии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

Geosphere Research, 2019, 4, 95–100. DOI: 10.17223/25421379/13/9

S.A. Rodygin¹, E.A. Siniukova², O.M. Grinev¹

¹National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

²National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

ALEXANDER IVANOVICH RODYGIN. To the 100th Birthday

Alexander Rodygin was born on August 20, 1919 to a peasant family in the village Nowyi Poross of Tomsk province. He is a veteran of the Second World War. He was drafted into the Red Army in 1941 and served on the Far East, on Kamchatka, participated in the liberation of the Kuril Islands from the Japanese invaders. In 1950, he graduated with honors from Tomsk State University (TSU) with a degree in mineralogy and petrography. In 1956 he defended his PhD thesis, and in 1968, a doctoral thesis. Since 1969 he was a professor of the Department of Historical Geology, and in 1969–75 he was Dean of the Geological and Geographical Faculty. Since 1978 he was Head of the Paleontology and Historical Geology Department; since 1989 – professor of the same department. A.I. Rodygin conducted geological research on the Kuznetsk Alatau, Yenisei Ridge, Altai Mountains, Ore Mountains (GDR), Tuva, Transbaikalia, and Northern Ladoga. He discovered a number of ore deposits. The main scientific interests of A. Rodygin were stratigraphy, tectonics, metamorphism of the Precambrian units of the Altai-Sayan folded region and methods of structural analysis of complexly deformed complexes. He founded the scientific school of Structural-Tectonic Analysis, Petrology of Basement Complexes. Two research laboratories on these themes are currently active at TSU. He was the author of more than a hundred scientific works, including 6 monographs, 10 textbooks. Alexander Ivanovich was one of the best lecturers at TSU, read a number of courses in structural and regional-geology (geology and minerals of the USSR, geotectonics, structural geology, microstructural analysis, analysis of complexly deformed complexes, Precambrian geology, etc.). Alexander Ivanovich enjoyed authority and international recognition. He was a holder of many government awards: medal of the Patriotic War II degree, and additional medals including “For the victory over Japan”, “XX years of Victory in the Great Patriotic War”, etc. He was an Honored Scientist of the Russian Federation, Honored Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Honored Subsoil Prospector, and Honored Professor of TSU. A. I. Rodygin was fond of painting, loved poetry. He read English and German literature in the original, and was engaged in translations. He met his future wife, Vera Rodygina (Izhetskaya) (1927–2011), in a student group, they were married in 1949 and were together for more than 60 years. They raised two children (son Sergei and daughter Elena), and three grandchildren (Vera, Polina and Sergei). Alexander Ivanovich passed away shortly after the death of his beloved wife, in August 2012.

Authors:

Rodygin Sergei A., Cand. Sci. (Geol.-Miner), Associate Professor, Department of Paleontology and Historical Geology, Geological and Geographical Faculty, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: rodygin@ggf.tsu.ru

Siniukova Elena A., Assistant, Department of Information Technology, Engineering School of Information Technology and Robotics, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia.

E-mail: elena.sinyukowa@yandex.ru

Grinev Oleg M., Cand. Sci. (Geol.-Miner), Associate Professor, Department of Paleontology and Historical Geology, Geological and Geographical Faculty, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

ПАМЯТИ УЧИТЕЛЯ – БОРИСА МАРКОВИЧА ТЮЛЮПО

В.Л. Свешникова, А.И. Летувнинкас

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия



Тюлюпо Борис Маркович (15 июня 1919 г., с. Починки Пермской губернии – 9 декабря 1989 г., Томск) – геолог, профессор кафедры минералогии и кристаллографии Томского государственного университета, ветеран Великой Отечественной войны, получил 14 благодарностей, медалей и наград. Основным объектом научных исследований Б.М. Тюлюпо были железорудные месторождения Алтае-Саянской складчатой области. Он разработал и обосновал идею о глубинном источнике большинства рудообразующих элементов, разработал новые классификации месторождений черных, цветных и редких элементов. Благодаря Б.М. Тюлюпо, его ученикам и сотрудникам кафедры разработано важное научное направление «Металлогения контактно-метасоматических месторождений».

Ключевые слова: биография, заслуженный профессор ТГУ, месторождения железа.

15 июня 2019 г. исполнилось 100 лет Борису Марковичу Тюлюпо, геологу, известному специалисту в области рудных месторождений и металлогении. Родился он в деревне Починки Пермской области в семье сельского учителя. В 1925 г. вместе с родителями переехал в Сибирь, Красноярский край. Наряду с учебой в школе в летние каникулы он работал старателем на руднике, наборщиком местной газеты «Артемовский рабочий». Осенью 1934 г. поступил в горнопромышленное училище при руднике, которое окончил в мае 1935 г., получив квалификацию электрослесаря. Далее работал в тресте «Енисейзолото», потом прорабом в одной из партий Западно-Сибирского геологического управления. В 1937 г. поступает на первый курс геолого-почвенно-географического факультета Томского государственного университета, где проучился недолго и в связи с арестом отца был отчислен из университета. После реабилитации отца в 1938 г. продолжил обучение в университете.

Б.М. Тюлюпо не предполагал, что окончить университет сумеет лишь десять лет спустя. В тревожном октябре 1941 г. студент четвертого курса, отличник учебы и именной стипендиат добровольно уходит в ряды защитников Родины. В мае 1942 г. он окончил краткосрочные курсы младших политруков при Сибирском военном округе (Новосибирск). В июне 1942 г. отправлен на фронт в составе 75-го Гвардейского минометного полка 355-го дивизиона в должности замполита. Далее в качестве командира орудия-установки РС М-13 («Катюша») принимает первый бой. Б.М. Тюлюпо участвовал в боях под Воронежем (Воронежский фронт), под Сталинградом (Юго-западный фронт).

После ранения в декабре 1942 г. находился на излечении в полковой санчасти. С сентября по ноябрь 1943 г. участвовал в боях на 2-м Украинском фрон-

те, форсировал Днепр. Был контужен и лечился в одном из московских госпиталей. Вернувшись в конце марта 1944 г. в свой полк, Б.М. Тюлюпо воевал в составе первого Белорусского фронта и при освобождении Варшавы был повторно контужен, что позже не помешало ему почувствовать при взятии Берлина.

За годы войны Б.М. Тюлюпо получил 14 благодарностей от Верховного главнокомандующего. Был награжден орденом Красной Звезды (1945 г.); медалями «За отвагу» (1942, 1945 гг.); «За боевые заслуги» (1944 г.); «За победу над Германией в ВОВ 1941–1945 гг.» (1946 г.); «За взятие Берлина»; «За освобождение Варшавы»; «За трудовую доблесть»; «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения Владимира Ильича Ленина» (1979 г.).

В октябре 1945 г. в звании старшина и в должности командира вычислительного отделения взвода управления был демобилизован по Указу Президиума Верховного Совета СССР как студент 4-го курса вуза. С декабря 1945 г. продолжил учебу в ТГУ. В 1947 г. Б.М. Тюлюпо окончил с отличием геолого-почвенный факультет по специальности «Геология» и был оставлен ассистентом при кафедре минералогии и кристаллографии. Затем аспирантура, увлеченное изучение скарновых железорудных месторождений, завершившееся написанием диссертации, тема которой звучит и сейчас современно – «Геология и минералогия Чебаковской группы железорудных месторождений». В 1950 г. после успешной защиты Тюлюпо была присуждена ученая степень кандидата геолого-минералогических наук.

С 1951 г. Б.М. Тюлюпо – доцент кафедры минералогии и кристаллографии, а вскоре один из ведущих ее преподавателей. Обучал таким дисциплинам: геология месторождений полезных ископаемых; геология редких и радиоактивных элементов; металлог-

ния; геология урановых месторождений. Он умел содержательно и доходчиво изложить учебный материал, был требовательным и бескомпромиссным и в то же время объективным на зачетах и экзаменах. Стро-

гий взгляд и несколько жесткая манера общения настораживали и пугали студентов, но во время летних экспедиций это был совершенно другой человек – заботливый и внимательный.



Борис Маркович Тюлюпо. 1978 г.



Б.М. Тюлюпо среди сотрудников кафедры, 1980 г.

Нижний ряд (слева направо): В.Л. Свешникова, Е.Н. Зыков, В.Г. Родыгина, Б.М. Тюлюпо, Н.И. Власкина

Верхний ряд (слева направо): Ю.В. Индукаев, В.Е. Хохлов, В.А. Баженов, Н.Н. Мысякина, А.И. Летувнинкас, Г.Б. Князев

Из воспоминаний ученика Б.М. Тюлюпо профессора А.И. Летувнинкаса: *«На это время пришлись и мои студенческие годы. Появление доцента Б.М. Тюлюпо, например, на заседании минералогического кружка для нас, студентов I–II курсов, всегда было запоминающимся событием. Своеобразная манера речи, многозначительные паузы, пугающе строгий взгляд и казавшиеся недоступными сложности излагавшихся им условий образования рудных месторождений отодвигали его куда-то далеко, в недоступную даль, на недостижимую высоту, в непостижимое. Передававшаяся с курса на курс легенда о преподавателе Тюлюпо, грозе «геологинь», один внимательный взгляд которого повергал их в смятение (если не больше), находила подтверждение. И в то же время в экспедициях я видел его совершенно другим (и тоже, будучи студентом II курса), когда он колдовал над моей рукой с пробитой осколком кварцита веной или когда практически показывал приемы извлечения “присосавшегося” клеща (в то лето 1958 г. на Алтае их было великое множество). Видел его какое-то особое внимательное отношение к профессору И.К. Баженову. Слышал, как они во время маршрутов состязались в знании различных геологических констант, обычно ионных радиусов химических элементов. При этом один ссылался на плохую память, другой – на возраст (Ивану Кузьмичу осенью того года исполнялось 68). Немного странно было видеть их такими, совсем близкими и понятными и, казалось, чуждаватыми».*

Основным объектом научных исследований Б.М. Тюлюпо являлись железорудные месторождения Алтае-Саянской складчатой области, где он был признан широким кругом специалистов и ученых авторитетом и убежденным «магматистом». Помимо этого, его интересовали полиметаллические месторождения Рудного Алтая, редкометалльные пегматиты Тувы и другие виды минерального сырья. Им развивалась и получила обоснование идея о глубинном источнике большей части рудообразующих элементов, разработаны новые классификации месторождений черных, цветных и редких элементов. Им составлено и издано учебное пособие «Рудные месторождения» в трех частях, долгое время это бы-

ло основным пособием-справочником по рудной геохимии и генезису рудных месторождений.

С 1973 г. Б.М. Тюлюпо был назначен заведующим кафедрой минералогии и кристаллографии ГГФ ТГУ. На руководящей должности он продолжал сложившиеся на кафедре традиции – уделял много внимания подготовке молодого поколения. Более десяти сотрудников под его руководством защитили кандидатские диссертации. Благодаря Б.М. Тюлюпо и сплоченной работе сотрудников кафедры, которые уже давно стали единомышленниками, развивалось важное научное направление «Металлогения контактово-метасоматических месторождений».

Для своих учеников Б.М. Тюлюпо был компетентным, грамотным и не жалеющим собственного времени наставником с большим опытом полевых геологических исследований. Его научный авторитет был чрезвычайно высок. В последние годы жизни Б.М. Тюлюпо часто недомогал, и его обязанности заведующего кафедрой исполнял профессор А.И. Летувнинкас: *«Помощь ли с моей стороны это была? Думаю, что скорее обязанность, возвращение долга учителю».*

Будучи научным руководителем научно-исследовательской лаборатории экспериментальной минералогии и геохимии в 1973–1989 гг., Б.М. Тюлюпо активно занимался поиском новых применений к проводившимся разработкам, в том числе в области синтеза аналогов минерального сырья: получение электротехнического периклаза из магнезитов, выращивание монокристаллов для квантовой электроники, получение стеклокристаллических материалов из отходов переработки полезных ископаемых.

Многие годы Б.М. Тюлюпо входил в состав нескольких специализированных советов при вузах Томска и Института геологии и геофизики Сибирского отделения Академии наук СССР в Новосибирске, являлся ученым секретарем совета ТГУ по защите докторских диссертаций. Его отличали широта кругозора и глубокое знание предмета своих научных интересов, строгость и прямота в решении ряда принципиальных вопросов. Ему были свойственны человеколюбие и бескорыстие. К его мнению прислушивались, уважали и ценили за смелость и открытость позиции.

Авторы:

Свешникова Валентина Леонтьевна, заведующая минералогическим музеем им. И.К. Баженова, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

E-mail: Valya@ggf.tsu.ru

Летувнинкас Арвидас Иосифович, кандидат геолого-минералогических наук, профессор.

Geosphere Research, 2019, 4, 101–104. DOI: 10.17223/25421379/13/10

V.L. Sveshnikova, A.I. Letuvninkas

IN MEMORY OF THE PROFESSOR – BORIS MARKOVICH TYULYUPO

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Tyulyupo Boris Markovich (June 15, 1919, the Pochinki village of Perm province - December 9, 1989, Tomsk) – geologist, Professor of the Department of Mineralogy and Crystallography of Tomsk State University. He was a veteran of World War II, received

14 thanks, medals and awards. The main object of scientific research of B.M. Tyulyupo was the iron ore deposits of the Altai-Sayan folded region, where he was recognized as an authority by a wide range of specialists and scientists. He developed and justified the idea of the deep source of most of the ore-forming elements, developed new classifications of deposits of black, non-ferrous and rare elements. Due to B.M. Tyulyupo, his students and employees of the department, an important scientific direction “Metallogeny of contact-metasomatic deposits” developed.

Keywords: *biography, honored professor of TSU, iron deposits.*

Author:

Sveshnikova Valentina Leontyevna, Director, I.K. Bazhenov Mineralogical Museum, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: Valya@ggf.tsu.ru

Letuvninkas Arvidas Iosifovich., Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Professor.

Научный журнал

ГЕОСФЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

GEOSPHERE RESEARCH

2019. № 4

Редактор Н.А. Афанасьева
Оригинал-макет А.И. Лелоюр
Редактор-переводчик С.И. Гертнер
Дизайн обложки Л.Д. Кривцовой

*Для оформления обложки использована проекция Земного шара
из работы: Stampfli G.M., Borel G.D. / Earth and Planetary Science Letters 196 (2002) 17-33.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0012-821X\(01\)00588-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0012-821X(01)00588-X)*

Подписано к печати 24.12.2019 г. Формат 60х84¹/₈.
Гарнитура Times. Печ. л. 13,2; усл. печ. л. 12,3.
Тираж 50 экз. Заказ № 4195. Цена свободная.

Дата выхода в свет 17.01.2020 г.

Журнал отпечатан на полиграфическом оборудовании
Издательского Дома Томского государственного университета
634050, г. Томск, Ленина, 36
Тел. 8(382-2)–52-98-49; 8(382-2)–52-96-75
Сайт: <http://publish.tsu.ru>; E-mail: rio.tsu@mail.ru