

FSBIS SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES  
FSBIS TUVINIAN INSTITUTE FOR EXPLORATION OF NATURAL RESOURCES  
OF SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

# **NATURAL RESOURCES, ENVIRONMENT AND SOCIETY**

**VOLUME 2**

**TuviENR SB RAS  
Kyzyl – 2023**

ФГБУН СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
ФГБУН ТУВИНСКИЙ ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

# **ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ, СРЕДА И ОБЩЕСТВО**

**Выпуск 2**

**ТувИКОПР СО РАН  
Кызыл – 2023**

UDK 553.59; 551.248.1; 338.012; 598.241.3; 662.74; 528.351.4; 551.435.1

BBK 20.1 (2Поч.Тыв)

П 77

П 77 **NATURAL RESOURCES, ENVIRONMENT AND SOCIETY: ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNAL.**  
VOLUME 2 (18) / Editor-in-Chief Candidate of sociological sciences T.M. Oydup (Access date: 2023]. –  
Kyzyl: TuvIENR SB RAS, 2023. – 76 p. – Free access: <http://tikopr-journal.ru/>.



**ISSN 2658–4441**

Editorial Board:

*candidate of sociological sciences* **T.M. Oydup** — Ch. Editor

*candidate of geol.-min. sciences* **A.A. Mongush** — Deputy of Chief Editor

Editors-in-Chief of the Sections:

*candidate of geol.-min. sciences* **S.G. Prudnikov** — Geology. Seismology. GIS

*doctor of economic sciences* **G.F. Balakina** — Economics. Sociology

*doctor of biological sciences* **V.V. Zaika** — Ecology. Biodiversity

*doctor of enjinerig sciences* **B.K. Kara-Sal** — Technology. Chemistry and physics of materials

*doctor of physical-mat. sciences* **A.I. Zhdanok** — Mathematics. Mathematical modeling

UDK: 553.59; 551.248.1; 338.012; 598.241.3; 662.74; 528.351.4; 551.435.1

BBK 20.1 (2Поч.Тыв)

**ISSN 2658–4441**

© TuvIENR SB RAS, 2023  
© Authors of the articles, 2023

УДК 553.59; 551.248.1; 338.012; 598.241.3; 662.74; 528:351.4; 551.435.1

ББК 20.1 (2Рос.Тув)

П 77

П 77 **ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ, СРЕДА И ОБЩЕСТВО:** ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ. ВЫПУСК 2 (18)  
/ Отв. ред. канд. социол. наук Т.М. Ойдуп [Электрон. ресурс: 2023]. – Кызыл: ТуВИКОПР СО РАН,  
2023. – 76 с. – Режим доступа: <http://tikopr-journal.ru/>, свободный.



ISSN 2658–4441

Редакционная коллегия:

канд. социол. наук **Т.М. Ойдуп** — гл. редактор  
канд. геол.-мин. наук **А.А. Монгуш** — зам. гл. редактора

Ответственные редакторы по разделам:

канд. геол.-мин. наук **С.Г. Прудников** — Геология. Сейсмика. Гис  
докт. экон. наук **Г.Ф. Балакина** — Экономика. Социология  
докт. биол. наук **В.В. Заика** — Экология. Биоразнообразие  
докт. техн. наук **Б.К. Кара-Сал** — Технологии. Химия и физика материалов  
докт. физ.-мат. наук **А.А. Жданок** — Математика. Математическое моделирование

Свидетельство Роскомнадзора Эл № ФС77–74341 от 19 ноября 2018 года

УДК: 553.59; 551.248.1; 338.012; 598.241.3; 662.74; 528:351.4; 551.435.1

ББК 20.1 (2Рос.Тув)

ISSN 2658–4441

© ТуВИКОПР СО РАН, 2023  
© Авторы статей, 2023

СОДЕРЖАНИЕ [CONTENTS]

ФОТОКОНКУРС СРЕДИ СОТРУДНИКОВ ТУВИКОПР СО РАН, ПОСВЯЩЁННЫЙ  
ДНЮ ГЕОЛОГА–2023 ..... 6

**РАЗДЕЛ I**

ГЕОЛОГИЯ. СЕЙСМИКА. ГИС  
[GEOLOGY. SEISMOLOGY. GIS]

*Дятлова И.Н., Бублик А.И., Шарифулин С.К.* МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФРИТА  
ЗАПАДНОГО САЯНА  
[*Dyatlova I.N., Bublik A.I., Sharifulin S.K.* DEPOSITS OF JADE  
OF THE WESTERN SAYAN] ..... 14

*Монгуш А.А., Монгуш С.-С.С., Кадыр-оол Ч.О.* ГЕОДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ  
ДОЛГОЖИВУЩЕЙ ПАЛЕОРИФТОГЕННОЙ КААХЕМСКОЙ СТРУКТУРНОЙ ЗОНЫ  
(ВОСТОЧНАЯ ТУВА)  
[*Mongush A.A., Mongush S.-S.S., Kadyr-ool Ch.O.* THE FORMATION GEODYNAMICS  
OF THE LONG-LIVED PALEORIFTOGENIC KAA-KHEM STRUCTURAL ZONE  
(EASTERN TUVA)] ..... 34

**РАЗДЕЛ II**

ЭКОНОМИКА. СОЦИОЛОГИЯ  
[ECONOMICS. SOCIOLOGY]

*Монгуш А.Д.* МАЛЫЙ БИЗНЕС В ПРИГРАНИЧНЫХ РАЙОНАХ РЕСПУБЛИКИ ТУВА  
[*Mongush A.D.* SMALL BUSINESS IN THE BORDER AREAS OF THE  
REPUBLIC OF TYVA] ..... 49

**РАЗДЕЛ III**

ЭКОЛОГИЯ. БИОРАЗНООБРАЗИЕ  
[ECOLOGY. BIODIVERSITY]

*Арчимаева Т.П., Чоргаар С.С., Балбан-оол Д.К., Саая С.А.* ДЖЕК *Chlamydotis macqueenii*  
И ДРОФА *Otis tarda dybowskii* В ТУВЕ: ИСТОРИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
[*Archimaeva T.P., Chorgaar S.S., Balban-ool D.K., Saaya S.A.* HOUBARA *Chlamydotis*  
*macqueenii* AND GREAT BUSTARD *Otis tarda dybowskii* IN TUVA: HISTORY AND  
RESULTS OF EXPLORATORY RESEARCH] ..... 56

**РАЗДЕЛ IV**

ТЕХНОЛОГИИ. ХИМИЯ И ФИЗИКА МАТЕРИАЛОВ  
[TECHNOLOGY. CHEMISTRY AND PHYSICS OF MATERIALS]

*Чульдум К.К., Куликова М.П.* РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ  
ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ ТУВИНСКИХ УГЛЕЙ  
[*Chuldum K.K., Kulikova M.P.* DEVELOPMENT OF A LABORATORY UNIT FOR  
FLOTATION OF TUVAN COALS] ..... 64

**РАЗДЕЛ V**

МАТЕМАТИКА. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
[MATHEMATICS. MATHEMATICAL MODELING]

*Чурикова С.А., Чульдум А.Ф.* МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА ВОСТОЧНО-  
ТУВИНСКОГО ЛАВОВОГО НАГОРЬЯ (РЕСПУБЛИКА ТУВА) ПО ДАННЫМ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ  
[*Churikova S.A., Chuldum A.F.* MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE RELIEF OF  
THE EAST TUVA LAVA HIGHLANDS (REPUBLIC OF TYVA) ACCORDING TO  
REMOTE SENSING DATA] ..... 68

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ [ABOUT THE AUTHORS] ..... 74

## ФОТОКОНКУРС СРЕДИ СОТРУДНИКОВ ТУВИКОПР СО РАН, ПОСВЯЩЁННЫЙ ДНЮ ГЕОЛОГА–2023

27 апреля 2023 года прошла церемония награждения призёров и победителей фотоконкурса «Природа и люди науки в объективе» среди работников Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения Российской академии наук. Конкурс стартовал 27 марта 2023 г. и стал финальным мероприятием празднования Дня Российской науки в рамках Десятилетия науки и технологий в Российской Федерации и 300-летия Российской академии наук, а также отправной точкой успешной экспедиционной работы геологов в новом полевом сезоне, ведь конкурс был традиционно приурочен ко Дню геолога.

Фотоконкурс проводился с целью развития и популяризации творчества сотрудников, привлечения внимания к проблемам охраны окружающей среды с помощью художественных средств фотографии, а также выявления талантов в области фотографии и фотоискусства среди работников ТувИКОПР СО РАН, их поощрения и продвижения лучших работ в широкую зрительскую аудиторию.

В этом году сотрудники института приносили новые и интересные фотографии, которые оценивались экспертной комиссией: членом профсоюзного комитета, старшим научным сотрудником, кандидатом географических наук Ольгой Ивановой Кальной и приглашёнными специалистами — Сергеем Михайловичем Еловиковым, председателем правления Союза фотохудожников Тувы, членом Союза фотографов Сибири, Союза фотохудожников России, Тувинского регионального отделения Русского географического общества и Дмитрием Николаевичем Шаповаловым, главным геологом ООО «Гардан-Голд». Перед экспертной комиссией стояла весьма непростая задача по отбору — все работы были по-своему интересны, а сам факт участия в конкурсе, желание запечатлеть необычные моменты из жизни, красоты природы, животных, насекомых, людей — уже сам по себе достоин высокой отметки. Члены экспертной комиссии конкурса — опытные фотографы и фоторедакторы. Опыт отбора у них колоссальный, ежедневно по долгу службы они видят тысячи снимков и могут быстро отбирать лучшие. Отметим важный момент: все работы, присланные на конкурс, рассматривались анонимно. Члены жюри не видели имён авторов фотографий, только названия фоторабот. Каждая фотография оценивалась по таким критериям как соответствие теме и номинации конкурса; оригинальность и нестандартность фотографии; художественный уровень; техническое качество изображения; общее восприятие.

Всего для участия в конкурсе подана 81 работа. В конкурсе приняли участие 14 сотрудников нашего института и научный сотрудник Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН из Москвы.

В рамках фотоконкурса были определены победители и призёры в трёх номинациях: «Пейзаж», «Природные ресурсы, животный и растительный мир», «Человек науки в объективе».

В номинации «Пейзаж» было представлено самое большое количество фотографий, иллюстрирующих виды живой природы. Основная цель номинации — отразить красоту и разнообразие просторов России. В данной номинации члены жюри определили четыре фотографии. Третье место в номинации получил наш коллега из Института ИГЕМ РАН Дмитрий Алексеевич Лыхин с серией фотографий «Музыка на песке...». Второе место разделили между собой научный сотрудник Юрий Владимирович Бутанаев с «Первым снегом» и Александр Николаевич Куксин с фотографией

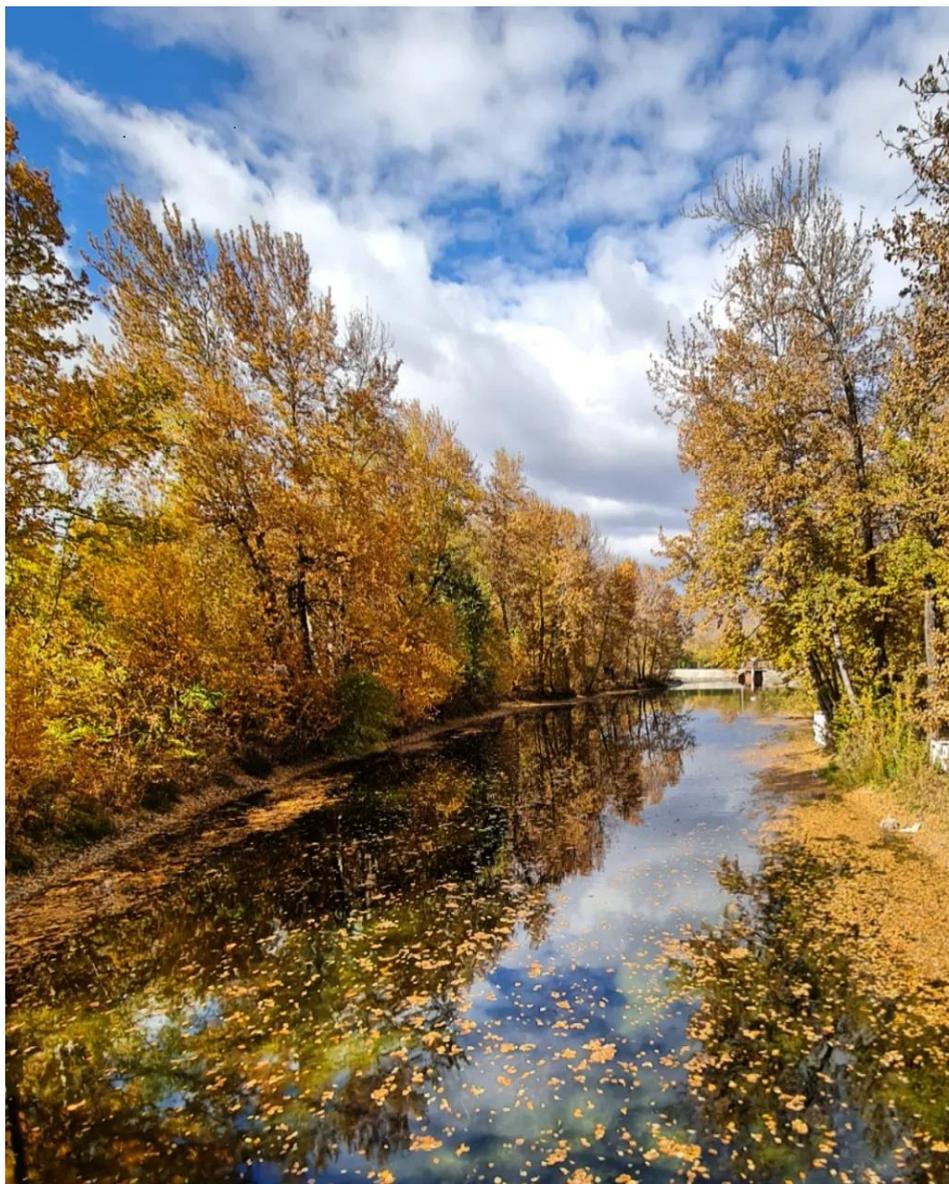
«Лиственница в песках». Обладателем первого места стала фоторабота «Золото осени» учёного секретаря Таны Михайловны Ойдуп.

В номинации «Природные ресурсы, животный и растительный мир» показаны примеры забавного поведения животных, крупные планы растений и насекомых, иллюстрации разнообразия животного и растительного мира, а также природные ресурсы. Призёром третьей степени и победителем в данной номинации стал старший научный сотрудник Александр Николаевич Куксин, его фотоработы «Пара журавля-красавки» (третье место) и «Боярышница на шиповнике» (первое место). Фотография «Изумрудная» инженера Людмилы Константиновны Горшковой заняла второе место.

В номинации «Человек науки в объективе» авторы должны были отразить уникальность, значимость и эстетическую привлекательность научной и инновационной деятельности, процессы и результаты научных экспериментов, веществ, предметов, предоставить фотографии людей науки — всех, кто связан с исследованиями и разработками. В изображении должна угадываться профессиональная принадлежность человека. Абсолютным победителем и призёром в номинации «Человек науки в объективе» стал заведующий лабораторией «Геодинамика, магматизм и рудообразование» ТуВИКОПР СО РАН Сергей Григорьевич Прудников, все три призовых места заняли его фотоработы «Геологическая семья», «Не сошлись характером», «Мы прорвёмся, начальник».

Организаторы и руководство института рады констатировать, что фотоконкурс привлёк внимание такого значительного по сравнению с предыдущим годом количества участников, и отмечают необходимость не прерывать традицию и проводить конкурс фотографий среди сотрудников института каждый год. Директор института, кандидат геолого-минералогических наук Ренат Васильевич Кужугет торжественно вручая дипломы и ценные призы победителям и призёрам конкурса, поздравил участников и организаторов с состоявшимся фотоконкурсом, а также поблагодарил членов жюри за компетентную оценку работ.

## ПЕЙЗАЖ



**Золото осени** (Т.М. Ойдул, 1 место)



**Первый снег** (Ю.В. Бутанаев, 2 место)



**Лиственница в песках** (А.Н. Куксин, 2 место)



Музыка на песке... (Д.А. Лыхин, 3 место)

## ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ЖИВОТНЫЙ И РАСТИТЕЛЬНЫЙ МИР



Боярышница на шиповнике (А.Н. Куксин, 1 место)



**Изумрудная** (Л.К. Горшкова, 2 место)



**Пара журавля-красавки** (А.Н. Куксин, 3 место)

## ЧЕЛОВЕК НАУКИ В ОБЪЕКТИВЕ



**Мы прорвёмся, начальник (С.Г. Прудников, 1 место)**



**Не сошлись характером (С.Г. Прудников, 2 место)**



**Геологическая семья (С.Г. Прудников, 3 место)**

# РАЗДЕЛ I ГЕОЛОГИЯ. СЕЙСМИКА. ГИС [GEOLOGY. SEISMOLOGY. GIS]

УДК: 553.59

DOI: 10.24412/2658-4441-2023-2-14-33

И.Н. ДЯТЛОВА, А.И. БУБЛИК, С.К. ШАРИФУЛИН

*ООО «Прогресс-Инвест» (Красноярск, Россия)*

## МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФРИТА ЗАПАДНОГО САЯНА

Поисково-разведочные работы и добычу нефрита в офиолитовых поясах Западного Саяна не вели с 80-х годов XX в. Специалистами ООО «Прогресс-Инвест» проведена разведка с 2018 по 2022 гг. на Кантегирском, Стан-Таскыльском и Куртушибинском месторождениях нефрита в Борусском и Куртушибинском офиолитовых поясах (6 лицензий, полученных в 2014–2015 гг.). В результате уточнения геологического строения лицензионных площадей в офиолитовых поясах выявлены закономерности образования коренных проявлений нефрита, строение нефритоносных зон, особенности поисковых критериев и признаков для месторождений нефрита в каждом из офиолитовых поясов Западного Саяна.

*Ключевые слова:* нефрит, жилы, метасоматиты, зональность, родингиты, тремолититы, гипербазиты, серпентиниты, парасланцы, метабазальты, габброиды.

Рис. 5. Библ. 17 назв. С. 14–33.

I.N. DYATLOVA, A.I. BUBLIK, S.K. SHARIFULIN

*Progress-Invest LLC (Krasnoyarsk, Russia)*

### DEPOSITS OF JADE OF THE WESTERN SAYAN

Prospecting-exploration and mining of jade in the ophiolite belts of the Western Sayan have not been carried out since the 80s of the twentieth century. The specialists of Progress-Invest company carried out such work from 2018 to 2022 years period at the Kantegir, Stan-Taskyl and Kurtushibin jade deposits in the Borus and Kurtushibin ophiolite belts (6 licenses obtained in 2014–2015). The formation of indigenous manifestations of jade, the structure of jade-bearing zones, the features of search criteria and signs for jade deposits in each of the ophiolite belts of the Western Sayan were revealed as a result of the clarification of the geological structure of the licensed areas in the ophiolite belts.

*Keywords:* jade, veins, metasomatites, zoning, rodingites, tremolitites, hyperbasites, serpentinites, paraschists, metabasalts, gabbroids.

Figures 5. References 17. P. 14–33.

С 70-х до середины 80-х годов прошлого века поисками нефрита в офиолитовых поясах Западного Саяна занимались крупные геологические партии экспедиций ЦГРЭ «Центркварцсамоцветы» и «Байкалкварцсамоцветы». Ими были обнаружены месторождения нефрита — Кантегирское (в междуречье ручьёв Виноградов–Приисковский) и Куртушибинское (в верховьях р. Левый Коярд); проявления нефрита на Изыхском, Верхне-Шушенском, Стан-Таскыльском, Куртушибинском, Иджимском и других гипербазитовых массивах. Самый значительный объём данных о проявлениях нефри-

та получен в 1973–1985 гг. в связи с проведением на массивах альпинотипных гипербазитов поисковых работ на хризотил-асбест, жадеит, нефрит (Подкаменный и др., 1974; Ковалев и др., 1984, 1985; Ренев и др., 1985; Иванов и др., 1994). В постсоветское время разведочных работ и добычи нефрита в Западном Саяне не проводилось.

ООО «Прогресс-Инвест» в 2014 г. на конкурсной основе получило три лицензии с целевым назначением: геологическое изучение, разведка и добыча нефрита в пределах Борусского офиолитового пояса (Кантегирская и Стан-Таскыльская лицензионные площади) и Куртушибинского офиолитового пояса (Западный и Центральный участки Куртушибинского месторождения). Кроме того, в 2015 г. получено три лицензии с целевым назначением: геологическое изучение, включающее поиски и оценку нефритовых месторождений на участках Тихий, Бляликский, Сатпый-Омуловский (рис. 1).

В связи с новым этапом изучения и освоения месторождений нефрита в условиях частного финансирования всех работ, дефицита квалифицированных геологических кадров директором предприятия А.И. Бубликом с целью консультаций и сотрудничества были привлечены первооткрыватели — наиболее опытные высококвалифицированные специалисты-нефритчики, такие как: А.Г. Ренев, А.П. Секерин, А.Г. Васильев, А.Н. Петров и др.

Считается, что Кантегирское и Куртушибинское месторождения нефрита в геологическом отношении достаточно изучены, а шесть выделенных предшественниками основных поисковых критериев и признаков промышленной нефритоносности вполне охватывают все аспекты, необходимые для поисков и добычи нефрита.

Авторы статьи считают, что на новом этапе поисково-оценочных и разведочных работ (в XXI в.), очень важно правильно проинтегрировать современные взгляды на геологию и металлогению офиолитовых поясов Западного Саяна с достижениями предшественников, изучавших месторождения с применением всех доступных в то время методов (петрография, минералогия, геохимия, геофизика и т. д.). Как выяснилось, установленные для месторождений нефрита Восточного Саяна поисковые критерии и признаки не всегда подходят для изучаемых нами месторождений Западного Саяна из-за различия геологического строения и металлогении этих крупных геологических структур. Поэтому, для относительно новой нефритоносной Западно-Саянской провинции в настоящее время требуется большая конкретность в терминологии и принципах выделения нефритоносных зон.

По результатам поисково-оценочных и разведочных работ, проведённых ООО «Прогресс-Инвест» на лицензионных площадях в Борусском и Куртушибинском офиолитовых поясах с 2018 по 2022 гг. были получены фактические материалы, которые значительно уточняют общее, весьма сложное геологическое строение лицензионных площадей с месторождениями нефрита. Эти факты могут способствовать не только рентабельной отработке известных месторождений и проявлений, но и расширению перспектив добычи нефрита, уточняя строение и учитывая специфические особенности нефритоносных зон на каждом проявлении нефрита.

Несмотря на то, что в 70–80-е годы прошлого века на всех лицензионных участках была проведена крупномасштабная геологическая съёмка (1 : 50 000), а в XXI в. Государственная геологическая съёмка среднего масштаба (ГГС–200/2), остаётся ещё много спорных вопросов по геологическому строению этих структур Западного Саяна.

Полученные материалы могут иметь большое значение и для уточнения общерегиональных вопросов по строению стратифицированных и интрузивных отложений офиолитовых поясов Западного Саяна.

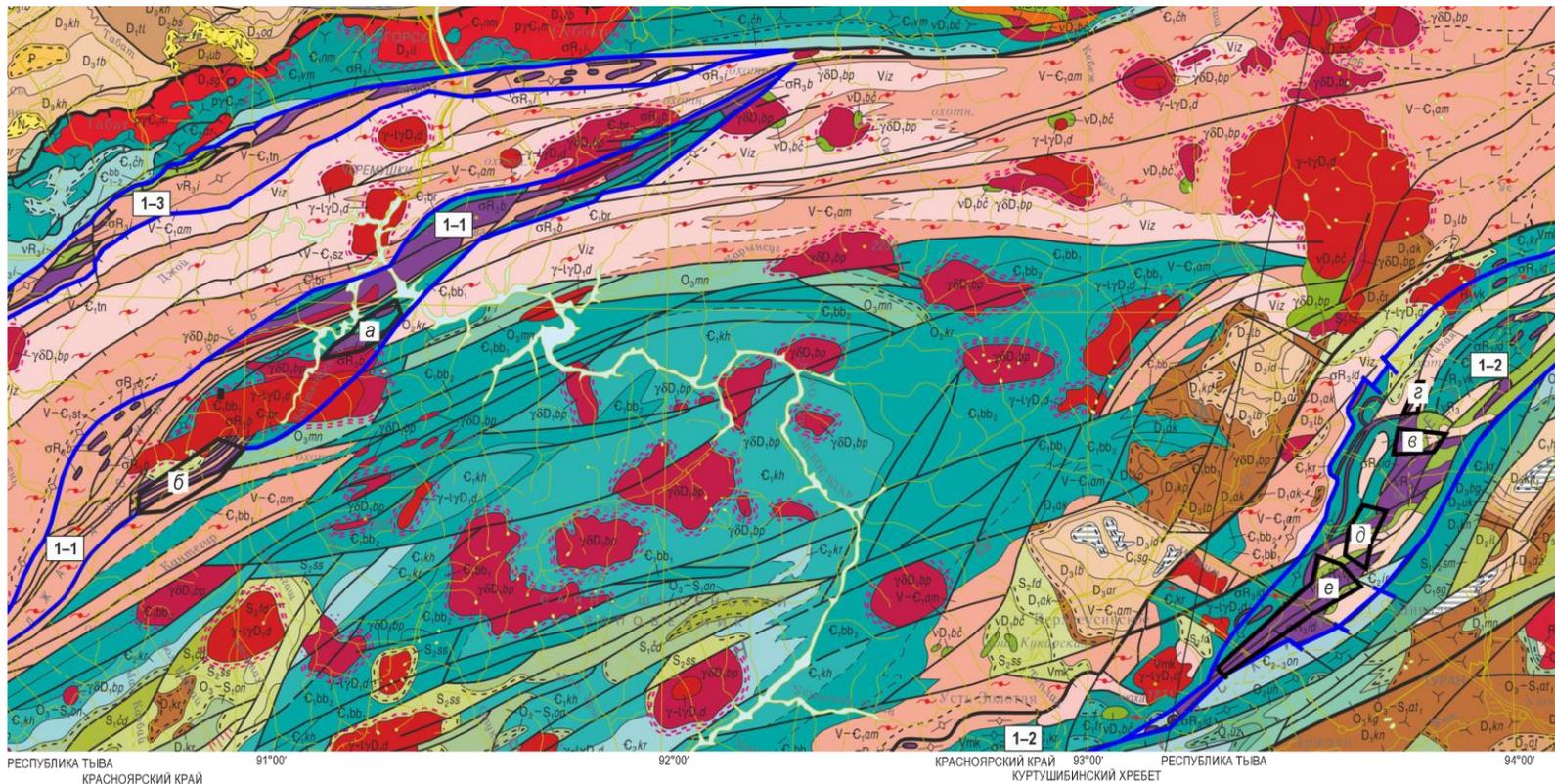


Рисунок 1. Фрагмент ГГК. М-6 1 : 1 000 000. Лист N-46 (Абакан)

1-1 — Борусский офиолитовый пояс; 1-2 — Куртушибинский офиолитовый пояс; 1-3 — Изыский офиолитовый пояс. Лицензионные площади: Кантегирская (а), Стан-Таскыльская (б), Куртушибинская (в), Тиховская (г), Бляликская (д), Сатпый-Омуловская (е).

## ОБЩАЯ ГЕОЛОГО-ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФРИТА

С первого года изучения лицензионных площадей авторы статьи уделяли большое внимание изучению, анализу и уточнению геологических карт, зная, что они несут много ценной информации о любых месторождениях.

Приводим описание строения офиолитовых поясов Западного Саяна по карте ГГС–1000, изданной в 2000 г<sup>1</sup>:

- Борусский, Куртушибинский и Изыхский офиолитовые пояса Западного Саяна являются обособленными структурами первого порядка в Алтае-Саянской складчатой области (см. рис. 1), где альпинотипные гипербазиты считаются самыми древними, условно позднерифейскими его образованиями (Добрецов, Татаринов, 1983; Бармина и др., 2000);
- в Борусском и Изыхском офиолитовых поясах из чингинской свиты (серии) выделены три докембрийские толщи: стантаскыльская, абдырская и турунташская, в Куртушибинском офиолитовом поясе — коярдская и макаровская толщи (Митинская, Зальцман, 1994; Бармина и др., 2000; Бабин и др., 2003; Шаталина и др., 2015; Семёнов и др., 2015, 2019);
- Борусский офиолитовый пояс имеет ассиметричное строение из трёх тектонических пластин, разделённых тремя ветвями Борусского глубинного разлома со специфическими особенностями геологического строения и металлогении: Северной (хризотил-асбестовой), Центральной (жадеитоносной) и Южной (нефритоносной); при наращивании разреза офиолитов Борусского офиолитового пояса с юго-востока на северо-запад одновременно появляются габброидные тела, рассматриваемые в качестве верхних частей разреза офиолитовой ассоциации (см. рис. 1);
- Куртушибинский офиолитовый пояс имеет протяжённость более 300 км, лицензионные площади Куртушибинского месторождения нефрита и другие площади с его проявлениями (Тиховская, Бляликская, Сатпый-Омуловская) находятся в юго-западной «половине» этого офиолитового пояса (см. рис. 1), все участки с известными в настоящее время проявлениями нефрита располагаются в центре офиолитового пояса с северо-востока на юго-запад вдоль Куртушибинского глубинного разлома, т. е. геоструктурные и геохимические условия этой части офиолитового пояса предрасположены к образованию промышленных проявлений нефрита; жадеит на этих площадях не отмечается;
- в крупных гипербазитовых массивах (Куртушибинском и Иджимском) выделяются следующие, сменяющие друг друга снизу-вверх по разрезу петрографические зоны: нижняя — дунит-гарцбургитовая, переходная — перидотит-пироксенит-габбровая и верхняя — габброидная;
- в центральных (ядерных) частях массивов наблюдаются слабо серпентинизированные дуниты, гарцбургиты, перидотиты и, редко, пироксениты; ядра окаймлены переходной зоной неравномерно серпентинизированных гипербазитов и линзовидными полосами серпентинитов, нередко вмещающих залежи хризотил-асбеста;
- периферические части гипербазитов сложены аподунитовыми и апогарцбургитовыми серпентинитами;
- обосновано парагенетическое единство иджимского габбро-гипербазитового комплекса и вулканитов коярдской толщи (Бармина и др., 2000).

Месторождения и проявления нефрита приурочены к краевым серпентинизированным частям крупных гипербазитовых массивов, там, где последние нарушены разломами северо-восточного или субмеридионального простирания, связанными с Куртушибинским глубинным разломом.

Условия образования нефрита до сих пор окончательно не выяснены. Основной гипотезой до конца XX в. было происхождение нефрита из серпентинитов под воз-

<sup>1</sup> Являясь её соавторами, мы не согласны с изменениями строения Куртушибинского офиолитового пояса, сделанными при ГГС–200/2; изучаем эти районы с 2006 г. по настоящее время, но уже в другой организации.

действием метасоматических процессов на границе горячего гипербазитового массива с интродуцированными его дайками габбро (Методические..., 1974; Секерин, 1979; Сутурин, Замалетдинов, 1984).

В объяснительных записках к ГГС–200/2 происхождение нефрита связывают с серпентинитовым меланжем в основании тектонических чешуй (Добрецов, Татарин, 1983; Семёнов, 2015). Гидротермально-метасоматический тип эндогенных месторождений нефрита, установленный предшественниками, которые связывали образование нефрита с гидротермально-метасоматической переработкой на контакте серпентинитов с алюмосиликатными породами, не сочетается с «тектоникой плит и меланжем, образующимся при их передвижениях».

Жилы нефрита (спутано-волокнистый амфибол тремолит-актинолитового ряда) и сопутствующие ему минералы (гранат, диопсид, волластонит, везувиан, альбит) образуются в высокотемпературную стадию Fe–Mg–Ca-метасоматоза (Т 700–600°); в среднетемпературную стадию образуется парагенезис цоизита, широко-призматического тремолита, кварца, талька и пренита (Т 400–300°) и в низкотемпературную стадию включается ассоциация серпентина, хлорита, талька и карбоната — такова общая схема образования нефрита (Методические..., 1974).

Гидротермально-метасоматические образования локализируются на контакте серпентинизированных гипербазитов и габброидов или metabазальтов, которые внедрялись в консолидированный, но ещё не остывший гипербазитовый субстрат. Определённая метасоматическая зональность, наблюдаемая в коренных жилах нефрита, выглядит как «интрузивный экзоконтакт» с образованием родингитов (везувиано-гранато-диопсидовые породы) во вмещающих породах (metабазальтов, габброидов, амфиболитов) и тремолититов (породы сложенные широко-призматическим тремолитом) и тремолитизированных серпентинитов в ультрабазитах (Методические..., 1975, 2014; Секерин, 1979).

Противоречия во взглядах на происхождение нефрита можно попытаться прояснить с помощью уточнения геологического строения поисковых участков, нефритоносных зон и других фактических материалов, полученных авторами статьи в процессе поисково-оценочных и разведочных работ на проявлениях нефрита в Западном Саяне, применяя принцип: от общего к частному.

#### **МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФРИТА В БОРУССКОМ ОФИОЛИТОВОМ ПОЯСЕ**

Кантегирская и Стан-Таскыльская лицензионные площади, располагаются в юго-восточном «нефритоносном» блоке, ограниченном Центральной и Южной ветвями Борусского глубинного разлома (см. рис. 1). Границами лицензионных площадей оконтурены «рудные поля» и нефритоносные зоны в пределах которых были выявлены жилы, элювиально-делювиальные глыбы нефрита и сопровождающие их метасоматиты (тремолититы, родингиты и тремолит-альбитовые породы).

По мнению предшественников, нефритоносные зоны — это участки метасоматических преобразований в гипербазитах, сопровождающиеся нефритообразованием, где формы ореолов нефритоносных зон определяются конфигурацией зон повышенной проницаемости метасоматических растворов и могут иметь любую форму. Влияние литологического фактора вмещающих пород на сложность состава метасоматических агрегатов предшественниками не установлена, более значимым фактором они считают пострудный катаклаз, сопровождающийся вторичными изменениями и перекристаллизацией (Секерин, 1979; Сутурин, Замалетдинов, 1984).

На геологической карте (рис. 2) Кантегирская лицензионная площадь на 70 % сложена вулканогенно-осадочными отложениями абдырской толщи условного верхнего рифея, 30 % площади занимают гипербазиты верхнерифейского борусского интрузивного комплекса (см. рис. 1, 2)

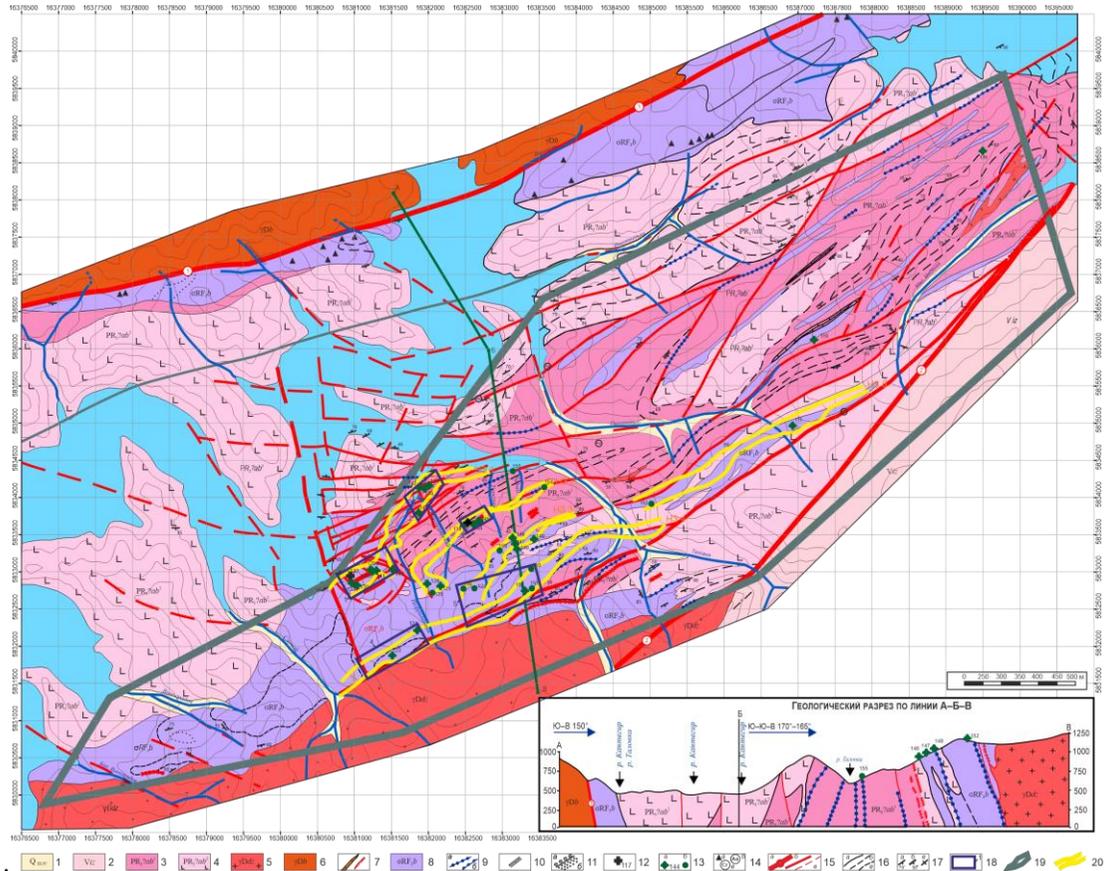


Рисунок 2. Геологическая карта Кантегирской лицензионной площади и окрестностей (карта составлена И.Н. Дятловой по материалам: Ренева и др., 1983; Бармина и др., 2000; Шаталина и др., 2015)

1 — четвертичная система (верхний–средний отдел): ледниковые глыбы, щебень, аллювиальные галечники, валуны, пески; 2 — венд (изербельская свита): сланцы, преимущественно серицит-хлорит-альбит-кварц-кальцитового состава, реже силициты и мраморы; 3–4 — верхний рифей (абдырская толща): 3 — нижняя подтолща (сланцы хлорит-кварц-углеродистые, кремнисто-кварцевые, амфиболовые, апобазальтовые, редко мраморы светло-серые), 4 — верхняя подтолща (лавы metabазальтов с редкими прослоями кварцитовидных и других парасланцев); 5–8 — интрузивные образования: 5 — джойский комплекс (лейкограниты крупнозернистые, часто порфиоровые, биотитовые граниты, лейкограниты), 6 — большепорожский комплекс (кварцевые диориты, тоналиты, низкощелочные граниты, граниты, лейкограниты, гранодиориты), 7 — тела, дайки и жилы кислых пород неясного комплекса и возраста, 8 — Брусский перидотитовый комплекс (ранее актовракий интрузивный комплекс) (серпентиниты хризотил-лизардитовые, ангоритовые, перидотиты, пироксениты, пироксен-карбонатные, оливин-пироксен-тальк-карбонатные породы); 9 — маркирующие горизонты: мелкие тела серпентинитов (а), пироксенитов (б); 10 — известняки мраморизованные; 11 — конгломераты (а), песчаники (а); 12 — проявления нефрита в коренном залегании; 13 — нефриты расланцованные в коренном залегании (а), элювий (б); 14 — проявления жадеита (а), золота (б), хрома (в); 15 — тектонические нарушения: ветви региональных разломов (а): Среднебрусский (1), Южнобрусский (2), тектонические нарушения достоверные (б), предполагаемые (в); 16 — геологические границы: достоверные (а), предполагаемые (б), контуры тел перидотитов и литологически выдержанных протяжённых слоёв; 17 — элементы залегания и углы падения: слоистости и контактов пород (а), плитчатости и полосчатости (б), вертикального залегания (в); 18 — участки поисково-оценочных работ 2018 г. и их номера: Конторки (1), Устьево (2); участок проведения оценочных работ Студенческий (3); 19 — контур лицензионной площади Кантегирского участка (лицензия КРР № 02549 ТР); 20 — границы нефритоносных зон и их номера.

Разномасштабные тела гипербазитов группируются в виде узких (5–250 м), но протяжённых (5–14 км) тел с довольно извилистыми в плане контурами. Эти тела рассматриваются нами как апофизы Таловской гипербазитовой интрузии (см. рис. 2). Напряжённая складчатая структура контролируется северо-восточной древней системой тектонических дислокаций и большинство нефритоносных зон вытянуты вдоль них. Меридиональная система разломов является секущей к северо-восточной и моложе её, т. к. прослеживаются не только в офиолитах, но и в девонских гранитоидах. Разломы эти имеют крутые углы падения (60–85°), делят складчатую структуру с офиолитами на тектонические блоки, смещённые относительно друг друга.

Геологическая структура правобережья Кантегирского залива, где располагается лицензионная площадь, представляет собой сильно нарушенную антиклиналь с Таловским массивом гипербазитов и его апофизами, «внедрёнными» в отложения абдырской толщи (см. рис. 2). В нижней половине разреза абдырской толщи преобладают парасланцы с редкими прослоями ортосланцев и metabазальтов, а в верхней — мощные потоки metabазальтов с редкими прослоями сланцев. Все породы метаморфизованы в зелёносланцевой стадии.

К северо-западу от лицензионной площади (вдоль бортов Кантегирского залива) преобладают существенно вулканогенные отложения, залегающие в виде относительно пологих складок, в ядерных частях синклиналей которых эпизодически сохраняются фрагменты менее метаморфизованных терригенных пород (песчаников, алевролитов и конгломератов). Эти терригенные отложения могут быть сопоставлены с чеханской или арбатской свитами нижнего-среднего кембрия (см. рис. 2). Близ юго-восточной рамки лицензионной площади разрез абдырской толщи так же, как и на северо-западе наращивается metabазальтами с которыми по разлому контактируют метасланцы докембрийской изербельской свиты (нижняя свита джебашской серии).

В левобережной части Кантегирского залива (в Центральном блоке офиолитов), видно расположение проявлений жадеита (см. рис. 2), которые приурочены к эндоконтакту или внутри гипербазитового массива.

Аналогичное геологическое строение наблюдается и на Стан-Таскыльской лицензионной площади, только вмещающие отложения — это метаморфические породы (metабазальты, орто- и парасланцы) стантаскыльской условно верхнерифейской

толщи, в которую внедрены апофизы Стан-Таскыльской гипербазитовой интрузии (см. рис. 1: 1–1 б).

Массивы (Таловский и Стан-Таскыльский) борусского гипербазитового комплекса сложены перидотитами, пироксенитами в виде овальных ядер, несущих следы первичных пластинчатых деформаций. Ядра окаймлены переходной зоной неравномерно серпентинизированных гипербазитов с линзовидными полосами серпентинитов нередко включающих прожилки хризотил-асбеста. Периферические части массивов и апофизы сложены хризотил-лизардитовыми и антигоритовыми серпентинитами. Габброиды борусского интрузивного комплекса полностью отсутствуют.

На Кантегирском месторождении выделено 5 нефритоносных зон вдоль длинных апофизов Таловской интрузии, в них сосредоточены все проявления нефрита. Внутри Таловского массива гипербазитов проявлений нефрита не установлено (см. рис. 2). Это справедливо и для Стан-Таскыльского массива на одноимённом месторождении нефрита, открытом геологами ООО «Прогресс-Инвест» в 2018 г. На лицензионной площади этого месторождения вмещающей толщей является стантаскыльская толща. По вещественному составу разрез этой толщи близок ко второй (верхней) половине абдырской толщи. На Стан-Таскыльской лицензионной площади выделяются три апофизы и шесть нефритоносных зон, но они значительно короче кантегирских и не до конца изучены (Ренев и др., 1985).

Оба нефритовых месторождения приурочены к нижней части разреза офиолитов, которые в Южной ветви Борусского глубинного разлома представлены относительно небольшими гипербазитовыми массивами с узкими апофизами, прослеживающимися на многие километры в северо-восточном простирании на Кантегирском месторождении или в юго-западном на Стан-Таскыльском месторождении. Крупный гранитоидный Копенский массив девонского возраста нарушает древнюю докембрийскую структуру и разделяет площади двух этих месторождений нефрита (см. рис. 1).

Фактический материал, полученный при проведении рекогносцировки и увязки известных коренных месторождений и проявлений нефрита, геолого-поисковых маршрутов, по горным выработкам, вскрывшим контакты различных метасоматитов на семи участках детализации показал, что литологический состав вмещающих гипербазиты отложений и характер их контактов с последними имеют важные закономерности, обуславливающие образование жил нефрита. Геофизические методы уточнили геологическое строение детализационных участков, показали распространение ультраосновных пород и пород «рамы», тектонические нарушения, но собственно нефритовые жилы и сопутствующие метасоматиты не смогли выявить.

На геологических картах всех исследованных геологами ООО «Прогресс-Инвест» участков Кантегирского месторождения нефрита: Конторки, Устьевои, Студенческий, Слепой, Отметка 1160,5 и др. перспективные жилы нефрита находятся на экзоконтакте серпентинитов с родингитизированными метабазами абдырской толщи, реже — с квацитовидными сланцами той же толщи; всегда присутствует чёткая метасоматическая зональность: со стороны контакта нефритовой жилы с серпентинитами — тёмно-серые альбитизированные тремолиты и массивно-плитчатые «калёные» конгломератовидные серпентиниты, а в контакте с метабазами — зелёные, реже серые массивные родингиты. Оба контакта, обычно, чёткие и вместе с жилой создают в рельефе уступ. Контакты жильных тел с вмещающими метабазами всегда падают в одну сторону; контакты парасланцев с серпентинитами — неперспективны, т. к. здесь не образуются метасоматиты, сопутствующие нефритообразованию. Проявления нефрита сосредоточены на извилистых контактах серпентинитов с родингитизированными метабазами.

Оносительно крупные (1,5 × 6,5 км) тела гипербазитов (Таловский массив) не обнаруживают в себе проявлений нефрита, тогда как в серпентинизированных краевых их частях и узких (до 60 м) вытянутых в северо-восточном направлении апофизах, на контактах с метабазами выявлены все проявления этого полезного ископаемого.

Нефритоносные зоны (НФЗ) имеют обычно линейную форму, т. к. приурочены к наиболее древним тектоническим нарушениям северо-восточного простирания с остатками вулканоподобных структур. Наличие даек кислого состава, связанных с гранитоидами девонского возраста видимого влияния на образование нефритовых жил не имело.

Жилы нефрита образованы в высокотемпературную стадию Fe–Mg–Ca-метасоматоза с зональностью, похожей на интрузивный экзоконтакт (родингиты – роговики или «скарны») с вмещающими эффузивами (толеитовыми метабазами). При остывании в среднетемпературную стадию образуется другой парагенезис минералов — цоизита, широко призматического тремолита, кварца, талька и пренита, т. е. нефритоподобные качественно другие породы.

На примере наиболее исследованных участков Конторки и Устьево́й (*рис. 3*) покажем описанные выше закономерности.

Участок Конторки на геологических планах предшественников сложен на 80 % рассланцованными конгломератовидными хризотил-лизардитовыми серпентинитами, местами породы превращены в серпентиновые сланцы; среди серпентинитов залегают линзовидные, глыбообразные тела со сложно изгибающимися контактами, представленные метаэффузивами основного, реже кислого состава, кварцитами и сланцами углисто-глинистыми, углисто-глинисто-кремнистыми (Ренев и др., 1985).

По данным авторов, отложения абдырской толщи занимают на участке гораздо большую площадь (*см. рис. 3*), а гипербазиты, без включения вмещающих пород, с крутыми и вертикальными ограничениями слагают полукольцевую структуру, разбитую 4-мя тектоническими нарушениями северо-восточного простирания. Центральную часть участка слагают хризотил-лизардитовые серпентиниты полого (от 30–40° до 50–60°) залегающие на вмещающих отложениях абдырской толщи, представленной преимущественно метабазами.

Все обнаруженные жилы нефрита сосредоточены между двумя средними тектоническими нарушениями северо-восточного простирания (*см. рис. 3*), в контактах конгломератовидных серпентинитов с метабазами в небольших антиклинальных структурах (изгибах по предшественникам).

На всех жилах нефрита участка описана метасоматическая зональность:

- со стороны контакта нефритовой жилы с серпентинитами — тёмно-зелёно-серые альбитизированные тремолититы (мощность зоны от 5 до 40 см), затем — массивно-плотчатые тремолитизированные конгломератовидные серпентиниты тёмно-зелёные до чёрных (мощность до 2,0 м);
- в контакте жилы с метабазами — зелёные, реже серые родингиты (мощность до 2,0 м), затем — родингитизированные метабаза́лы.

В северо-западной части участка Конторки, прослеживается тектоническая зона северо-восточного простирания мощностью до 50 м. В этой зоне гипербазиты превращены в серпентинитовые сланцы с серпофитом на поверхностях сколов и зеркалами скольжения, а вдоль юго-восточного извилистого края сосредоточены выходы тремолититов, но нефрита и других сопровождающих нефрит метасоматитов не отмечено (*см. рис. 3*).

На юго-восточной границе участка Конторки конгломератовидные серпентиниты слагают полосу шириной 50–60 м. Эти характерные субслоистые отложения являются хорошим маркером для прослеживания, они простираются в сторону поискового участка Студенческий. Здесь отмечены глыбы нефрита, родингитов и тремолититов, выходы родингитизированных метабаза́лов, т. е. данная нефритоносная зона может оказаться очень перспективной.

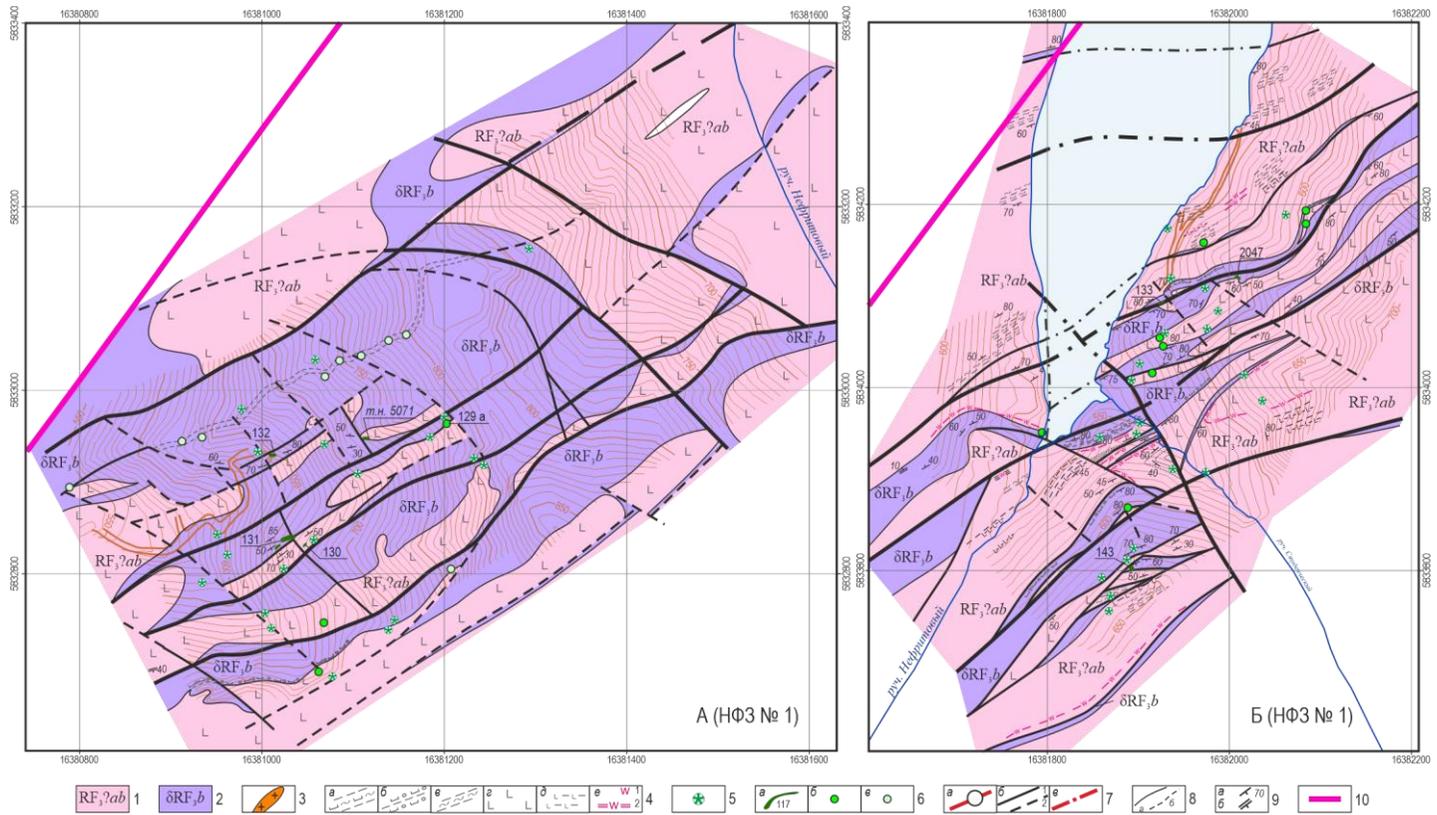


Рисунок 3. Геологические карты детализационных участков Конторки (А) и Устьево (Б)

Условные обозначения к рисунку 3

1 — абдырская толща: сланцы хлорит-кварц-углеродистые, кремнисто-кварцевые, амфиболовые, апобазальтовые, редко мраморы светло-серые; 2 — борусский перидотитовый комплекс (ранее актоврацкий интрузивный комплекс) (серпентиниты хризотил-лизардитовые, антигоритовые, перидотиты, пироксениты, пироксен-карбонатные, оливин-пироксен-талык-карбонатные породы); 3 — маркирующие горизонты: а — серпентинитовые сланцы, б — серпентиниты конгломератовидные, в — парасланцы, г — metabазальты массивные, д — metabазальты плитчатые, е — кварциты массивные (1) и полосчатые (2); 4 — метасоматиты: родингиты и родингитизированные породы; 5 — нефритовые жилы и их номера (а), глыбы нефрита (б), глыбы тремолитов (в); 6 — тектонические нарушения: по геофизическим и геологическим данным (а), по геологическим данным достоверные (1) и предполагаемые (2), предполагаемые скрытые (в); 7 — геологические границы: достоверные (а) и предполагаемые (б); 8 — элементы залегания и углы падения: слоистости контактов пород (а), плитчатости и полосчатости (б); 9 — контур лицензионной площади Кантегирского участка (лицензия КРР № 02549 ТР)

На участке Устьевой трассируются разломы С-В простираения, сопровождающиеся относительно узкими телами серпентинитов. В северной части участка с отложениями парасланцевой нижней подтолщи абдырской толщи, на контактах с серпентинитами образуются массивные кварциты, проявлений нефрита нет. Вдоль двух центральных разломов тянется самая северная «апофиза» Таловской вулканической структуры, мощность «потоков» ультрабазитов северо-восточного направления достигает 60 м. Падение «потоков» крутое, а залегание субсогласное с вмещающими породами абдырской толщи, представленной здесь главным образом metabазальтами. Проявления нефрита сосредоточены на извилистых северо-западных и юго-восточных контактах хризотил-лизардитовых серпентинитов с родингитизированными metabазальтами. Контакты серпентинитов и metabазальтов падают вместе с жилами в одну сторону. Это нефритоносная зона №1 (см. рис. 3).

В юго-западной части участка есть ещё одно проявление нефрита. Здесь контакты метасоматитов и вмещающих metabазальтов падают в разные стороны (синклиальная министруктура), характерны значительные коренные выходы (мощностью до 7,0 м) тремолитов, много глыб тремолитов, а жила нефрита известна только одна — № 143.

То есть нефритоносная зона № 1 берёт начало от центральной части участка Конторки, вдоль первой апофизы на участке Устьевой, а нефритоносная зона № 2 должна начинаться от юго-восточной части участка Конторки и протягиваться на восток, к участку Студенческий.

Участок Студенческий находится во второй апофизе Таловской интрузии, на водораздельном гребне между ручьями Горелый и Студенческий в НФЗ № 2, контролируемой разломом С-В простираения. Жилы нефрита располагаются в мелких (15 × 10 м) вулканоподобных сложенных серпентинитами структурах, в экзоконтакте с родингитизированными metabазальтами (см. рис. 2). Длина НФЗ № 2 более 5 км. В северной и северо-восточной части участка, как и на участке Устьевом, ультрабазиты контактируют с различными парасланцами, где проявлений нефрита не обнаружено. Серпентиниты и metabазальты в центральной части участка образуют ряд мелких антиклинальных (с жилами) и синклиальных (без жил) складок. Три нефритовые жилы расположены на контакте конгломератовидных серпентинитов с родингитами, родингитизированными metabазальтами. На всех жилах этого участка (№ 144, 145, 117) есть метасоматическая зональность, подобная описанной на участке Конторки.

В нефритоносной зоне № 3 и № 4 перспективные жилы нефрита находятся также на контакте серпентинитов или пироксенитов с родингитизированными metabазальтами абдырской толщи, реже — с кварцитовидными сланцами той же толщи. На карте (см. рис. 2) нефритоносная зона № 4 показана как бы вдоль контакта гранитоидов и гипербазитов, но на участках детализации выявлено, что она приурочена к тектонической относительно узкой (до 200 м при длине более 6 км) пластине серпентинитов с многочисленными «включениями» отложений абдырской толщи и дайками пироксенитов,

отделена от гранитоидов мощной субширотной зоной разломов с выходами сланцев и базальтов внутри (Шарифулин, 2022 а).

### ГЕОЛОГО-ПОИСКОВАЯ МОДЕЛЬ НЕФРИТОНОСНЫХ ЗОН КАНТЕГИРСКОГО И СТАН-ТАСКЫЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФРИТА

1. Нахождение в крайней юго-западной тектонической пластине Борусского офиолитового пояса, вскрывающей нижнюю часть разреза офиолитовой ассоциации. Гипербазиты внедрены в вулканогенно-осадочные отложения докембрия и согласно смяты в узкие напряжённые складки с северо-восточным направлением длинных осей. Южная ветвь Борусского глубинного разлома являлась источником лавы и флюидов в магмоподводящие каналы, фиксируются «вулканоподобные» структуры вдоль разломов.
2. Вмещающими ультраосновные массивы являются условно верхнерифейские вулканогенно-осадочные отложения абдырской и стантаскыльской толщ, возраст которых близок гипербазитам, возможно, более древний.
3. Литологический состав толщ рамы имеет важное значение, т. к. в контакте серпентинитов с парасланцами нижней подтолщи абдырской толщи нет проявлений нефрита, но и не все метабаазальты в соприкосновении с серпентинитами подвергались кальциевому метасоматозу.
4. Генетический тип — гидротермально-метасоматический. Метасоматические образования с проявлениями нефрита локализуются на контакте серпентинизированных гипербазитов и толеитовых, известково-щелочных базальтов.
5. Важны размеры тел гипербазитов — это относительно маломощные, но относительно протяжённые тела серпентинитов (чаще хризотил-лизардитовых, чем антигоритовых).
6. Нефритоносные зоны (НФЗ) на месторождениях нефрита в Борусском офиолитовом поясе — это экзоконтактовые зоны не остывших маломощных тел гипербазитов в местах соприкосновения с метабаазальтами близкого возраста. НФЗ обычно, имеют линейную форму и приурочены к наиболее древним тектоническим нарушениям северо-восточного простирания.
7. Большинство жил на месторождениях нефрита Борусского офиолитового пояса имеют небольшие размеры по мощности и протяжённости (от 7,0 до 25,0 м длиной при мощности от 0,5 до 2,0 м) и представлены разностями второго, реже третьего сорта поделочного камня, присутствуют и ювелирные разности.

В процессе проведения разведочных работ на Кантегирском и Стан-Таскыльском месторождениях нефрита протоколом ФБУ ГКЗ № 7022 от 29 июня 2022 года утверждены запасы нефрита-сырца в количестве: 776,44 т — Кантегирское месторождение (жилы нефрита №№ 131, 43, 121, 122, 152, 117); 593,77 т — Стан-Таскыльское месторождение (жила № 1) (Шарифулин, 2022 б).

### МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФРИТА В КУРТУШИБИНСКОМ ОФИОЛИТОВОМ ПОЯСЕ

В Куртушибинском офиолитовом поясе расположены четыре лицензионные площади с месторождением и проявлениями нефрита. Они были изучены с различной детальностью ООО «Прогресс-Инвест» с 2018 по 2022 г. Главным участком является площадь Куртушибинского месторождения нефрита (26,8 км<sup>2</sup>), также здесь находятся участки Тихий (23,1 км<sup>2</sup>), Бляликский (45,3 км<sup>2</sup>) и Сатпый-Омуловский (98,4 км<sup>2</sup>).

Все участки расположены к востоку и юго-востоку от Куртушибинского глубинного разлома-надвига, разбитого на тектонические блоки по разломам северо-западной ориентации (см. рис. 1). Поисково-оценочные и разведочные работы, проведённые авторами, значительно уточнили геологическое строение этой части офиолитового пояса, так как на среднемасштабных геологических картах нового поколения оно отображено приблизительно и порой ошибочно, особо это касается мощных зон тектонического меланжа на ГГС–200/2 листа N–46–XXXIV (Семенов и др., 2019).

В структурном отношении площади поисков нефрита находятся в юго-западной половине Куртушибинского офиолитового пояса с развитыми здесь массивами иджим-

ского габбро-гипербазитового комплекса верхнего рифея. Массивы дунит-гарцбургитовой формации площадью от 0,1 до 10 км<sup>2</sup> вытянуты в северо-восточном направлении. По долинам левых притоков р. Ус проходят относительно молодые региональные тектонические нарушения северо-западного простирания, которые «разбивают» офиолиты и вмещающие отложения на тектонические плиты-блоки с различиями в геологическом строении и гипсометрическом стоянии выходов гипербазитовых массивов и вмещающих эффузивов коярдской толщи близкого возраста (см. рис. 1).

В Орешском блоке офиолитов на Куртушибинской и Тиховской лицензионных площадях поисково-оценочными и разведочными работами охвачено до 10-ти участков детализации, где выяснено их геологическое строение, произведена рекогносцировка и увязка известных коренных проявлений и элювиально-делювиальных развалов нефрита, обнаружены новые его проявления и открыто Иджимское месторождение нефрита.

В пределах Куртушибинского месторождения нефрита выделяются участки Западный, Восточный и Центральный. Здесь выделены и изучены три нефритоносные зоны (НФЗ). В пределах Центрального участка, расположенного в северной трети Куртушибинского габбро-гипербазитового массива, вдоль регионального ответвления от Куртушибинского глубинного разлома, проходящего по вершинной части Куртушибинского хребта от верховьев р. Левый Коярд на северо-восток к верховьям рр. Козларт и Правый Бажи-Хем выделены нефритоносные зоны № 1 и № 2. На Западном участке, находящемся в зоне Куртушибинского глубинного разлома — НФЗ № 3 (рис. 4).

Наиболее перспективная нефритоносная зона № 1 имеет протяжённость более 4,5 км, прослеживается от верховий р. Левый Коярд (жила № 3) на северо-восток до седловины Куртушибинского хребта между истоками рр. Правый Бажи-Хем и Козларт (жила № 5), ширина зоны — от 150 до 250 м. Две трети нефритоносной зоны № 1 протягивается вдоль северо-западного склона Куртушибинского хребта, большинство жил нефрита приурочены к контакту серпентинитов с метабаазальтами коярдской толщи, здесь везде наблюдается описанная выше зональность на контактах жил нефрита (жилы №№ 16, 28, 25 и др.). Большая часть жил имеет крутое падение на юго-восток. Нефритоносная зона № 1 в своей северо-восточной «трети» разворачивается на восток, через водораздельную часть рр. Козларт и Правый Бажи-Хем, продолжается на юго-восточном склоне Куртушибинского хребта в тувинской части месторождения (Восточный участок, жила № 5). Вокруг и восточнее озера-истока р. Правый Бажи-Хем обширное тело габброидов иджимского комплекса «разделяет» гипербазиты на две ветви северо-восточного и субширотного простирания. Северо-восточные выходы гипербазитов ограничены с северо-запада метабаазальтами коярдской толщи, с востока и юго-востока — габброидами и кольцевыми тектоническими нарушениями. На контактах серпентинитов и габбро характерны метасоматические изменения серпентинитов, превращённых в листвениты (см. рис. 4). Субширотная «ветвь» гипербазитов в восточной части месторождения «ограничивается» выходами метабаазальтов коярдской толщи и телами габброидов.

Детальное геологическое изучение всех участков НФЗ № 1 обнаружило «переслаивание» вулканитов коярдской толщи с потоками серпентинизированных гипербазитов (чаще всего хризотил-лизардитовых конгломератовидных серпентинитов), а изометричные небольшие тела габброидов «секут» субслоистую структуру. Тектонические нарушения С-В направления часто пронизывают и тела габброидов (см. рис. 4).

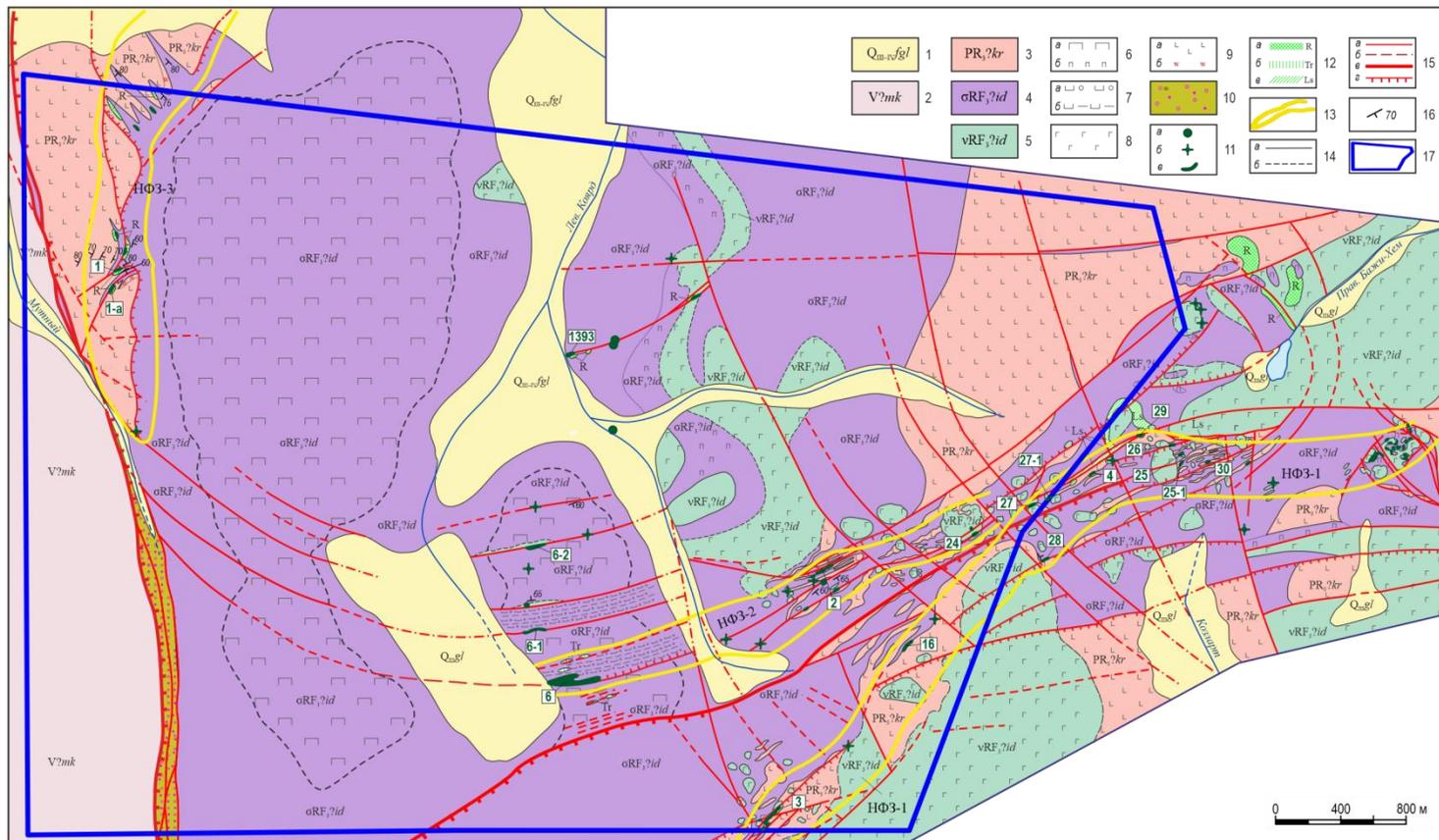


Рисунок 4. Геологическая карта Куртушибинской лицензионной площади и восточной части одноимённого месторождения нефрита  
 карта составлена И.Н. Дятловой с использованием материалов: Ковалев и др., 1984 ф., 1985; Ренев и др., 1983; Семенов и др., 2019

#### Условные обозначения к рис 4

1 — верхнечетвертичные современные водно-ледниковые аллювиальные отложения: галечники, валуны, пески; 2 — венд (макаровская толща): metabазальты миндалекаменные, их метатифы, сланцы кремнистые, гидрослюдисто-кремнистые, углеродисто-гидрослюдисто-кремнистые, хлорит-кремнистые; 3 — верхний рифей (коярдская толща): metabазальты, единичные прослои и линзы силицитов, кварцитов, 4 — зона ультрабазитов иджимского габбро-гипербазитового комплекса: серпентиниты аподунитовые, апоперидотитовые, апироксенитовые, 5 — зона габброидов: метагаббро, метагаббронориты; 6 — перидотиты «ядерных» частей массивов (а), тела пироксенитов (б); 7 — серпентиниты конгломератовидные (а), серпентиниты рассланцованные (б); 8 — габброиды; 9 — metabазальты, кварциты; 10 — меланж тектонический серпентинитовый полимиктовый; 11 — нефрит: глыбы (а), коренные проявления (б), жилы (в); 12 — метасоматиты: родингиты (а), тремолиты (б), листвениты (в); 13 — нефритоносная зона; 14 — геологические границы: достоверные (а), предполагаемые (б); 15 — тектонические нарушения: достоверные (а), предполагаемые (б), главные (в); 16 — элементы залегания и угол падения плитчатости, полосчатости, контактов пород; 17 — лицензионная площадь.

Жилы нефрита, описываемые предшественниками (Ковалев и др., 1984 ф., 1985 ф.), как «впаянные» внутри массивов габбро (жилы №№ 3, 26, 29 и др.) расположены в узких (менее 20 м) тектонических зонах северо-восточного простирания, пересекающих эти габброиды. В одном из контактов с жилами нефрита всегда наблюдаются метасоматически изменённые серпентиниты, а в другом — родингиты. Родингиты всегда наблюдаются в одном из контактов нефритовых жил (с габбро или с базальтами). Родингитовые «дайки» сохраняют остатки тонко- и среднекристаллических габброидов (рис. 5).

В восточной части Куртушибинского месторождения установлены интрузивные контакты габброидов иджимского комплекса с metabазальтами коярдской толщи, а присутствие выходов амфиболитов и других метасланцев среди metabазальтов говорят о более древнем, чем габбро, возрасте вмещающей толщи. В её состав необходимо включить, кроме основных эффузивов, метаморфические сланцы.

Нефритоносная зона № 2 протягивается от верховий р. Левый Коярд в северо-восточном направлении на расстояние до 3,0 км при ширине до 200 м. Характерной особенностью этой нефритоносной зоны является ограничение её тектоническими нарушениями с падением сместителей на север-северо-запад. На востоке месторождения нефритоносные зоны № 1 и № 2 разделены узкими тектоническими зонами лиственитов (см. рис. 4).

Почти 2 км западной части нефритоносной зоны № 2 слагают слабо серпентинизированные гарцбургиты и пироксениты, а восточная её часть аналогична по геологическому строению нефритоносной зоне № 1 (см. рис. 4). В западной части нефритоносной зоны № 2 выявлена жила диопсидового нефрита № 6 длиной более 35 м, залегающая в субширотной тектонической зоне шириной до 150 м. Жила в лежачем боку контактирует со слабо изменёнными гарцбургитами, а внутри тектонической зоны — только тремолит-лизардитовые и конгломератовидные серпентиниты. Никаких других метасоматически изменённых пород не обнаружено, контакты прямолинейные, круто падающие на север. Предположительно, это полукольцевое древнее тектоническое нарушение, образовавшееся при остывании и проседании центральной части (северной части) Куртушибинского массива. Своеобразны декоративные свойства жилы № 6: рисунок камня представляет сочетание изумрудно-зелёных пятен и прожилков на светло-зелёном фоне основной массы; ориентировка прожилков и пятен беспорядочная. Поверхность полировки совершенная с перламутровым отливом; просвечиваемости нет, твёрдость по шкале Мооса 6,5; порода состоит из тремолита (80–90 %) и диопсида (10–20 %).

## НЕФРИТОНОСНАЯ ЗОНА № 1

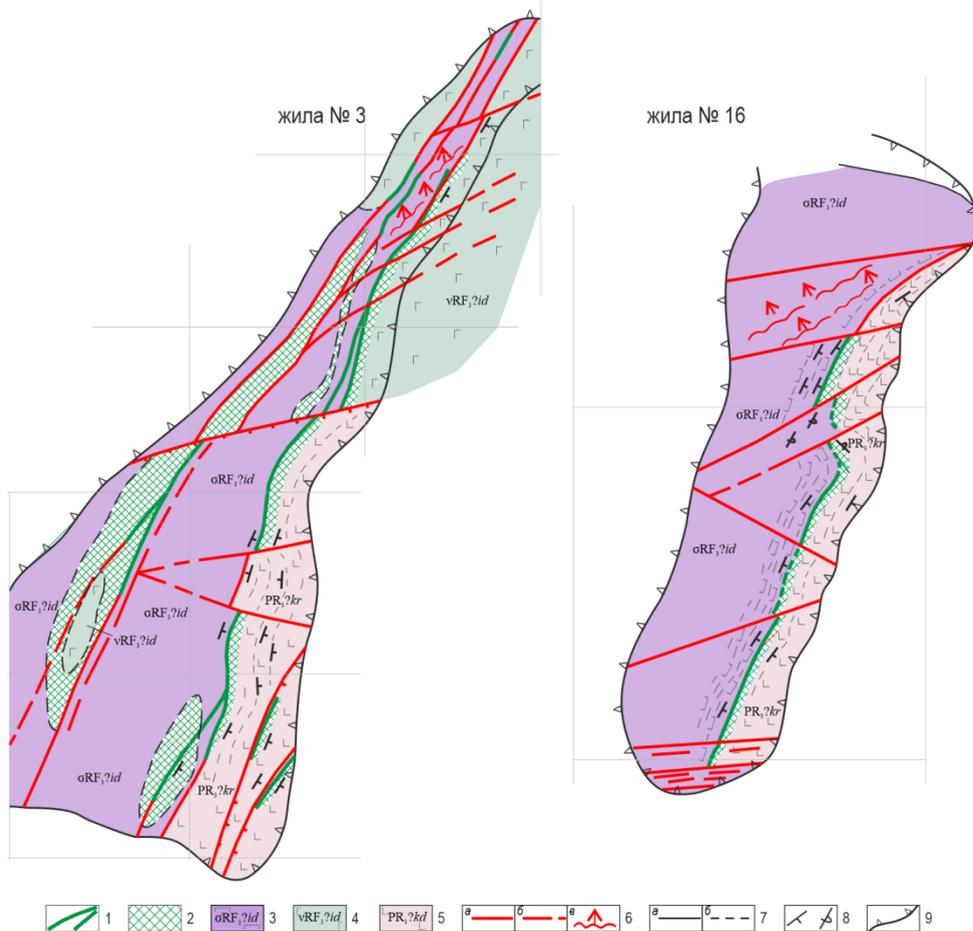


Рисунок 5. Строение нефритоносной зоны № 1 в карьерах жил № 3 и № 16

1 — нефриты; 2 — родингиты; 3 — серпентиниты иджимского комплекса; 4 — габбро иджимского комплекса; 5 — metabазальты коярдской толщи; 6 — тектонические нарушения достоверные (а) и предполагаемые (б), направление падения зеркал скольжения (е); 7 — геологические границы: достоверные (а) и предполагаемые (б); 8 — элементы залегания контактов, плитчатости, полосчатости; 9 — контуры разведочного карьера.

В восточной части Куртушибинского месторождения установлены интрузивные контакты габброидов иджимского комплекса с metabазальтами коярдской толщи, а присутствие выходов амфиболитов и других метасланцев среди metabазальтов говорят о более древнем, чем габбро, возрасте вмещающей толщи. В её состав необходимо включить, кроме основных эффузивов, метаморфические сланцы.

Нефритоносная зона № 2 протягивается от верховий р. Левый Коярд в северо-восточном направлении на расстояние до 3,0 км при ширине до 200 м. Характерной особенностью этой нефритоносной зоны является ограничение её тектоническими нарушениями с падением сместителей на север-северо-запад. На востоке месторождения нефритоносные зоны № 1 и № 2 разделены узкими тектоническими зонами листвинитов (см. рис. 4).

Почти 2 км западной части нефритоносной зоны № 2 слагают слабо серпентинизированные гарцбургиты и пироксениты, а восточная её часть аналогична по геологическому строению нефритоносной зоне № 1 (см. рис. 4). В западной части нефрито-

носной зоны № 2 выявлена жила диопсидового нефрита № 6 длиной более 35 м, залегающая в субширотной тектонической зоне шириной до 150 м. Жила в лежачем боку контактирует со слабо изменёнными гарцбургитами, а внутри тектонической зоны — только тремолит-лизардитовые и конгломератовидные серпентиниты. Никаких других метасоматически изменённых пород не обнаружено, контакты прямолинейные, круто падающие на север. Предположительно, это полукольцевое древнее тектоническое нарушение, образовавшееся при остывании и проседании центральной части Куртушибинского массива. Своеобразны декоративные свойства жилы № 6: рисунок камня представляет сочетание изумрудно-зелёных пятен и прожилков на светло-зелёном фоне основной массы; ориентировка прожилков и пятен беспорядочная. Поверхность полировки совершенная с перламутровым отливом; просвечиваемости нет, твёрдость по шкале Мооса 6,5; порода состоит из тремолита (80–90 %) и диопсида (10–20 %).

Западный участок Куртушибинского месторождения нефрита расположен вдоль нефритоносной зоны № 3, протяжённость которой составляет около 2,5 км при средней ширине 150 м. На северо-востоке зона перекрыта аллювием в широкой долине р. Коярд, а на юге ограничивается полукольцевыми тектоническими нарушениями от верховьев руч. Мутного до истоков р. Левый Коярд (см. рис. 4). Нефритоносная зона № 3 расположена восточнее Куртушибинского глубинного разлома-надвига, изображённого на ГГС–200/2 в виде широкой зоны меланжа шириной до 1 км, что не соответствует действительности (Семенов и др., 2015).

Строение нефритоносной зоны № 3 «зеркально» аналогично по геологическому строению южной части Тиховской лицензионной площади: все коренные жилы нефрита приурочены к контактам тремолитизированных серпентинитов с метабазами коярдской толщи с образованием родингитов.

Куртушибинский глубинный разлом простирается на Тиховской лицензионной площади и западном участке Куртушибинского месторождения субмеридионально.

В ходе проведения разведочных работ на Куртушибинском месторождении нефрита протоколом ФБУ ГКЗ № 6421 от 15.07.2020 г. утверждены запасы нефрита-сырца по жилам №№ 3 и 16 в количестве 954 т. В северной части Сатпый-Омуловской лицензионной площади (участок Иджимский) проведены поисково-оценочные работы. Протоколом ФБУ ГКЗ № 7098 от 6.10.2022 г. утверждены запасы нефрита-сырца по жилам нефрита № И-131, № 9990 и россыпи Сергеевская в количестве 341,16 т (Шарифулин, 2022 а).

### ГЕОЛОГО-ПОИСКОВАЯ МОДЕЛЬ КУРТУШИБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФРИТА

1. Геолого-тектоническая позиция — нахождение в Орешском тектоническом блоке Куртушибинского офиолитового пояса, вскрывающем дунит-гарцбургитовую ядерную часть северной трети Куртушибинского массива иджимского интрузивного комплекса. Гипербазиты внедрены (?) в сланцево-вулканогенную коярдскую толщу докембрия. В краевых серпентинизированных частях массива ультрабазитов, контактирующих с метабазами коярдской толщи вблизи Куртушибинского глубинного разлома и его ответвлений, которые и являлись источником лавы и флюидов происходили метасоматические процессы, приводящие к образованию жил нефрита.
2. Генетический тип — гидротермально-метасоматический; характер метасоматоза — кальциевый. Метасоматические образования локализуются на контакте серпентинизированных гипербазитов и пород основного состава; зональность, наблюдаемая на коренных жилах выглядит, как интрузивный экзоконтакт (родингиты – роговики или «скарны») с вмещающими эффузивами или габброидами. Жилы нефрита образуются в высокотемпературную стадию Fe–Mg–Ca-метасоматоза. Никаких пород кислого и даже среднего состава на данном месторождении не установлено.
3. Нефритоносные зоны на месторождениях нефрита в Куртушибинском офиолитовом поясе — это экзоконтактовые зоны тел гипербазитов в местах соприкосновения с

- вмещающими отложениями близкого возраста (более древнего?), обычно имеют линейную форму, т. к. приурочены к долгоживущим нарушениям, связанным с Куртушибинским глубинным разломом.
4. На ГГС–200/2 Тиховская лицензионная площадь и Западный участок Куртушибинского месторождения нефрита «падают» в бесструктурную зону тектонического меланжа, что не соответствует действительности, а тектонические движения играют в образовании жил нефрита важную, но несколько иную роль.
  5. Тектонические нарушения субмеридионального простирания являются более поздними, чем время формирования жил нефрита. Установлено не менее 3-х зон кварцево-золото-сульфидной минерализации, приуроченных к этим тектоническим нарушениям.
  6. Большинство жил поделочного камня Куртушибинского месторождения представлено разностями второго, реже третьего сорта, ювелирные разности отсутствуют.

## ЛИТЕРАТУРА

- Бабин Г.А., Щигрев А.Ф., Зейферт Л.Л. и др.* Легенда Алтае-Саянской серии листов Государственной геологической карты РФ м-ба 1 : 1 000 000 (третье издание). – Новокузнецк, 2003. – Кемеровский филиал ФБУ ТФГИ по СФО. – Инв. № 22795.
- Бармина С.А., Беззубцев В.В., Берзон Е.И. и др.* Государственная геологическая карта РФ. М-б 1 : 1 000 000. Серия Новая. Лист N–46 (47) (Абакан): Объясн. зап. к ГГС–1000. – СПб.: Санкт-Петербургская картогр. ф-ка ВСЕГЕИ, 2000. – 297 с.
- Добрецов Н.Л., Татаринцев А.В.* Жадеит и нефрит в офиолитах / Отв. ред. Н.В. Соболев. – Новосибирск: Наука, 1983. – 125 с.
- Иванов В.В., Попов А.Н.* Поиски жадеита и нефрита в бассейне р. Кантегир и поисково-оценочные работы на участках Путевый и Конторки. – Минусинск, 1994 ф. – Красноярский фил. ФБУ ТФГИ по СФО, Инв. № 466242.
- Ковалев Г.Н., Федоренко М.Б., Белолопатков В.Д. и др.* Поисковые и поисково-оценочные работы на нефрит в пределах Куртушибинского, Агардагского, Бельдыкского и других более мелких массивов Северо-, Восточно- и Южно-Тувинского гипербазитовых поясов (1981–1984 гг.). – М., 1984. – ФБУ Росгеолфонд. – Инв. № 409716.
- Ковалев Г.Н., Федоренко М.Б., Белолопатков В.Д. и др.* Отчёт о результатах поисковых и поисково-оценочных работ на нефрит в пределах Куртушибинского гипербазитового пояса (Тувинская АССР) за 1984–1985 гг. – М., 1985. – ФБУ Росгеолфонд. – Инв. № 416995.
- Методические указания по поискам и перспективной оценке месторождений цветных камней (ювелирных, поделочных декоративно-облицовочных).* Вып. 3: Нефрит / Авт. Замалетдинов Р.С., Лузина В.Г., Сутурин А.Н., Горбатова К.Ю. – М.: Мин-во геологии СССР, 1974. – 46 с.
- Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых (нефрит).* – М.: ФГУ Гос. комиссия по запасам пол. иск., 2014. – 24 с.
- Митинская Т.С., Залыман В.Д.* Легенда Западно-Саянской серии Государственной геологической карты РФ. М-б 1 : 200 000 (издание второе): Объясн. зап. – Кызыл, 1994. – Тыв. фил. ФБУ ТФГИ по СФО, Инв. № 2224.
- Подкаменный В.А., Секерин А.П., Кузнецов И.Н.* Отчёт о результатах поисковых работ на нефрит на Куртушибинском гипербазитовом массиве в Западном Саяне. – с. Смоленщина, 1974. – Красноярский филиал ФБУ «ТФГИ по СФО». – Инв. № 18872.
- Ренев А.Г., Храмов И.П., Жильников В.Г.* Отчёт о детальных поисковых работах на нефрит на участке Стан-Таскыл за 1983–1985 гг. – Красный Хутор, 1985. – 181 с. – ФБУ Росгеолфонд. – Инв. № 416603.
- Секерин А.П.* К вопросу об условиях образования нефрита // Изв.АН СССР. Сер. геологическая. – 1979. – № 9. – С. 90–95.
- Семёнов М.И.* Геологическое доизучение масштаба 1 : 200 000 и подготовка к изданию геологической карты–200 листа N–46–XXXIV (Макаровская площадь). – Красноярск, 2015. – Красноярский фил. ФБУ ТФГИ по СФО. – Инв. № 32762.

- Сутурин А.Н., Замалетдинов Р.С. Нефриты. – Новосибирск: Наука, 1984. – 292 с.
- Шарифуллин С.К., Мундурга Э.М., Дятлова И.Н. и др. Разведочные работы на Кантегирском месторождении нефрита с подсч. запасов по состоянию на 01.01.2022 г. (лицензия КРР 02549 ТР). – Красноярск, 2021 а. ФБУ Росгеолфонд. – Инв. № 546696.
- Шарифуллин С.К., Секерин А.П., Петров А.Н. и др. Разведочные работы на Стан-Таскыльском месторождении нефрита с подсч. запасов по состоянию на 01.01.2022 г. (лицензия КРР 02551 ТР). – Красноярск, 2021 б. ФБУ Росгеолфонд. – Инв. № 546695.
- Шаталина Т.А., Сосновская О.В., Александровский Ю.С. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации м-ба 1 : 200 000: Объясн. зап. Издание второе. Серия Запад-но-Саянская. Лист N–46–XXVI (Саяногорск). – СПб.: ВСЕГЕИ, 2019. – 224 с.: ил. 33.

## REFERENCES

- Babin G.A., Shchigrev A.F., Zeyfert L.L. et al. *Legenda Altaye-Sayanskoy serii listov Gosudarstvennoy geologicheskoy karty RF masshtaba 1 : 1 000 000 (tret'ye izdaniye)* [Legend of the Altai-Sayan block of the State Geological Map of the Russian Federation, scale 1 : 1 000 000 (third edition)]. Novokuznetsk, 2003, stock. (OF FGUGP Zapsibgeolsemka). (In Russ.)
- Barmina S.A., Bezzubtsev V.V., Berzon Ye.I. et al. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF. M-b 1 : 1 000 000. Seriya Novaya. List N–46 (47) (Abakan)* [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1 : 1 000 000. New Series. Map sheet N–46 (47) (Abakan)]: Explanatory note to the GGS–1000. St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2000, 297 p. (In Russ.)
- Dobretsov N.L., Tatarinov A.V. *Zhadeit i nefrit v ofiolitakh* [Jadeite and jade in ophiolites] / ed. by N.V. Sobolev. Novosibirsk, Nauka Publ., 1983, 125 p. (In Russ.)
- Ivanov V.V., Popov A.N. *Poiski zhadeita i nefrita v bassejne r. Kantegir i poiskovo-otsnochnyye raboty na uchastkakh Putevy i Kontorki* [Studying for jadeite and jade in the basin of the river. Kantegir and prospecting and evaluation works in the Putevy and Kontorki sections]. Minusinsk, 1994, stock. Krasnoyarsk branch of FBU TFGI in the Siberian Federal District, inv. no. 466242. (In Russ.)
- Kovalev G.N., Fedorenko M.B., Belolapotkov V.D. et al. *Otchot o rezul'tatakh poiskovykh i poiskovo-otsnochnykh rabot na nefrit v predelakh Kurtushibinskogo giperbazitovogo poyasa (Tuvinskaya ASSR) za 1984–1985 gg.* [Report on the results of prospecting and evaluation works for nephrite within the Kurtushibin ultramafic belt (Tuva ASSR) for 1984–1985]. Moscow, 1984, stock, FBU Rosgeolfond, inv. no. 416995. (In Russ.)
- Kovalev G.N., Fedorenko M.B., Belolapotkov V.D. et al. *Poiskovyye i poiskovo-otsnochnyye raboty na nefrit v predelakh Kurtushibinskogo, Agardagskogo, Bel'dykskogo i drugikh boleye melkikh massivov Severo-, Vostochno- i Yuzhno-Tuvinskogo giperbazitovykh poyasov (1981–1984 gg.)* [Prospecting and evaluation works on jade within the Kurtushibin, Agardag, Beldyk and other smaller massifs of the North, East and South Tuva hyperbasite belts (1981–1984)]. Moscow, 1985, stock, FBU Rosgeolfond, inv. no. 409716. (In Russ.)
- Metodicheskiye rekomendatsii po primeneniyu Klassifikatsii zapasov mestorozhdeniy i prognozykh resursov tvordykh poleznykh iskopayemykh (nefrit)* [Methodological instructions for the application of the Classification of reserves of deposits and probable resources of solid minerals (nephrite)]. Moscow, State Commission for Mineral Reserves, 2014, 24 p. (In Russ.)
- Metodicheskiye ukazaniya po poiskam i perspektivnoy otsenke mestorozhdeniy tsvetnykh kamney (yuvelirnykh, podelochnykh dekorativno-oblitovochnykh). Vypusk 3: Nefrit* [Methodological instructions for the prospecting and evaluation works for deposits of colored stones (jewelry, ornamental decorative facing). Issue 3: Jade] / Authors: Zamaletdinov R.S., Luzina V.G., Sutturin A.N., Gorbatoва K.Yu. Moscow, USSR Ministry of Geology, 1974, 46 p. (In Russ.)
- Mitinskaya T.S., Zal'tsman V.D. *Legenda Zapadno-Sayanskoy serii Gosudarstvennoy geologicheskoy karty RF. M-b 1 : 200 000* [Legend of the West Sayan block of the State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1 : 200 000 (second edition)]: Explanatory note. Kyzyl, 1994, stock. Tuva branch of FBU TFGI in the Siberian Federal District, inv. no. 2224. (In Russ.)
- Podkamenny V.A., Sekerin A.P., Kuznetsov I.N. *Otchot o rezul'tatakh poiskovykh rabot na nefrit na Kurtushibinskom giperbazitovom massive v Zapadnom Sayane* [Report on the results of prospecting for jade in the Kurtushibin ultramafic massif in the Western Sayan]. selo Smolenshchina, 1974, stock, Krasnoyarsk branch of FBU TFGI in the Siberian Federal District, inv. no. 18872. (In Russ.)

- Renev A.G., Khramtsov I.P., Zhil'nikov V.G. *Otchot o detal'nykh poiskovykh rabotakh na nefrit na uchastke Stan-Taskyl za 1983–1985 gg.* [Report on detailed prospecting for jade at the Stan-Taskyl area for 1983–1985]. Krasny Khutor, 1985, stock, 181 p., FBU Rosgeolfond, inv. no. 416603. (In Russ.)
- Sekerin A.P. K voprosu ob usloviyakh obrazovaniya nefrita [The formation conditions of jade]. *Izvestiya AN SSSR. Seriya geologicheskaya = Izvestiya of the Academy of Sciences of the USSR. Geological series*, 1979, no. 9, pp. 90–95. (In Russ.)
- Semonov M.I. *Geologicheskoye doizucheniye masshtaba 1 : 200 000 i podgotovka k izdaniyu gosgeolkarty–200 lista N–46–XXXIV (Makarovskaya ploshchad')* [Additional geological study at a scale of 1 : 200 000 and preparation for publication of the State Geological Map-200 sheet N-46-XXXIV (Makarovskaya area)]. Krasnoyarsk, stock, Krasnoyarsk branch of FBU TFGI in the Siberian Federal District, inv. no. 32762. (In Russ.)
- Suturin A.N., Zamaletdinov R.S. *Nefrity [Jades]*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1984, 292 p. (In Russ.)
- Sharifulin S.K., Mundurga E.M., Dyatlova I.N. *Razvedochnyye raboty na Kantegirskom mestorozhdenii nefrita s podschetom zapasov po sostoyaniyu na 01.01.2022 g.* [Exploration work at the Kantegir jade deposit with the estimation of reserves as of 01.01.2022] (KRR license 02549 TR). Krasnoyarsk, 2021 a, stock, FBU Rosgeolfond, inv. no. 546696. (In Russ.)
- Sharifulin S.K., Sekerin A.P., Petrov A.N. *Razvedochnyye raboty na Stan-Taskyl'skom mestorozhdenii nefrita s podschetom zapasov po sostoyaniyu na 01.01.2022 g.* [Exploration work at the Stan-Taskylsky jade deposit with an estimation of reserves as of 01.01.2022] (KRR license 02551 TR). Krasnoyarsk, 2021 b, stock, FBU Rosgeolfond, inv. no. 546695. (In Russ.)
- Shatalina T.A., Sosnovskaya O.V., Aleksandrovskiy Yu.S. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1 : 200 000* [State geological map of the Russian Federation, scale 1 : 200 000]: Explanatory letter. Second edition. Series West Sayan. Sheet N-46-XXVI (Sayanogorsk). St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2019, 224 p. (In Russ.)

А.А. МОНГУШ, С.-С.С. МОНГУШ, Ч.О. КАДЫР-ООЛ

*Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл, Россия)*

## **ГЕОДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ ДОЛГОЖИВУЩЕЙ ПАЛЕОРИФТОГЕННОЙ КААХЕМСКОЙ СТРУКТУРНОЙ ЗОНЫ (ВОСТОЧНАЯ ТУВА)**

Проявления магматизма в Каахемской структурной зоне на субдукционном этапе проявлены в виде: раннекембрийских (?) задуговых офиолитов и субщелочных габброидов зубовского комплекса; на аккреционно-коллизийном этапе: габброидным и плагиогранитоидным магматизмом (Тапсинский и Караосский массивы); на постаккреционном этапе: позднеордовикскими (Майский массив) и раннесилурийскими (Караосский / Перевальный массив) габброидами, девонским кислым магматизмом в обрамлении рифта, единичными проявлениями кайнозойского базальтового вулканизма. Каахемский палеорифт образовался, возможно, в ответ на коллизию Таннуольско-Хамсаринской островной дуги и океанического плато (метабазальты джебашской серии) в результате раскола и дальнейшего спрединга субконтинентального склона Тувино-Монгольского микроконтинента в пределах Восточно-Тувинского задугового бассейна в раннекембрийское (?) время. Субортогональное простирание Каахемской зоны по отношению к Таннуольско-Хамсаринской островной дуге обусловило разделение дуги на Таннуольский и Хамсаринский сегменты при её обдукции на Тувино-Монгольский микроконтинент с одновременным разворотом по часовой стрелке. И именно субортогональное положение Каахемской зоны к зоне субдукции и, соответственно, к генеральной линии тектонического сжатия во время аккреционно-коллизийных процессов, возможно, обусловило её долгоживущий характер в качестве зоны повышенной тектонической и магматической проницаемости.

*Ключевые слова:* палеорифт, аккреция, задуговый бассейн, тектоника, магматизм.

Рис. 5. Библ. 39 назв. С. 34–48.

*Работа выполнена в рамках работ по государственному заданию ТувИКОПР СО РАН: Научная тема № 222020400035-4*

A.A. MONGUSH, S.-S.S. MONGUSH, Ch.O. KADYR-OOL

*Tuvian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS (Kyzyl, Russia)*

### **THE FORMATION GEODYNAMICS OF THE LONG-LIVED**

### **PALEORIFTOGENIC KAA-KHEM STRUCTURAL ZONE (EASTERN TUVA)**

Magmatism manifestations in the Kaa-Khem structural zone at the subduction stage are manifested in the form of: Early Cambrian (?) back-arc ophiolites and sub-alkaline gabbroids of the Zubovsky complex; at the accretion-collision stage: gabbroid and plagiogranitoid magmatism (Tapsa and Karaos massifs); at the post-accretion stage: Late Ordovician (Maysky massif) and Early Silurian (Karaos / Perevalny massif) by gabbroids, Devonian acid magmatism framed by the rift, isolated manifestations of Cenozoic basalt volcanism. The Kaakhem paleorift was formed, possibly due to the collision of the Tannuola-Khamsara island arc and the oceanic plateau (metabasalts of the Dzhebash series) as a result of the faultline and further spreading of the subcontinental slope of the Tuva-Mongolian microcontinent within the East Tuva back-arc basin in the Early Cambrian (?) time. The suborthogonal extension of the Kaakhem zone in relation to the Tannuola-Khamsara island arc caused the arc to be divided into the Tannuola and Khamsara segments when it was projected onto the Tuva-Mongolian microcontinent with a simultaneous clockwise reversal. And it is

precisely the suborthogonal position of the Kaakhem zone to the subduction zone and, accordingly, to the general line of tectonic compression during accretion-collision processes that may have caused its long-lived character as a zone of increased tectonic and magmatic permeability.

*Keywords:* paleorift, accretion, back-arc basin, tectonics, magmatism.

Figures 5. References 39. P. 34–48.

**ВВЕДЕНИЕ.** Каахемская зона представляет собой долгоживущую сквозькоровую зону тектонических нарушений, к которой приурочены выходы магматических и осадочных пород разной геодинамической позиции и возраста (докембрийского, кембрийского, ордовикского, силурийского, девонского, кайнозойского). Она представляет собой палеорифтогенную зону, известную под названием Каахемской, а также наследующую её зону нео- и новейшей тектоники, называемую Каахемской зоной разломов. В кайнозое тектоническая активность выразилась в образовании хр. Акад. Обручева вдоль Каахемской зоны разломов и в сейсмической активности. Возникает вопрос: чем обусловлен долгоживущий характер данной зоны? В имеющихся публикациях, посвящённых магматизму и тектонике этой зоны, данный вопрос не рассматривался.

**ТЕКТОНИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ.** Каахемская зона протяжённостью до 200 км и шириной до 20 км представляет собой палеорифтогенную зону или палеорифт (Черезов и др., 1999; Лебедев и др., 1999; Зайков, 2006; Сугоракова, Бутанаев, 2014). Последний был заложен на субконтинентальном склоне Тувино-Монгольского микроконтинента (Черезов и др., 1999; Добрецов и др., 2005). По отношению к генеральному север-северо-восточному простиранию основных структурных зон Тувы и Западного Саяна (с юго-востока на северо-запад): Тувино-Монгольского микроконтинента, Восточно-Тувинской задуговой зоны, Таннуольско-Хамсаринской островодужной зоны, Саяно-Тувинской преддуговой зоны, Западно-Саянского турбидитового бассейна, Каахемский палеорифт имеет поперечную, западную-юго-восточную, ориентировку. Он пересекает Таннуольско-Хамсаринскую зону на южный Ондум-Таннуольский и северный Хамсаринский блоки, что, видимо, является следствием аккреционно-коллизионных процессов.

Согласно результатам палеомагнитных исследований, на рубеже раннего-среднего кембрия произошла глобальная тектоническая перестройка, выразившаяся в смене направления движения раннекалендонских структур Алтае-Саянской складчатой области, в частности, развороте островодужных структур по часовой стрелке, в т. ч. более чем на 90° (Кунгурцев и др., 2001; Куренков и др., 2002). Свидетельствами такого разворота могут являться:

- 1) поперечная или диагональная ориентировка палеоструктурных элементов Таннуольско-Хамсаринской зоны к её генеральному простиранию, установленная на основании геологических и петрохимических данных (Берзин, Кунгурцев, 1996; Гоникберг, 1999; Зайков, 2006); в частности, с Тувино-Монгольским микроконтинентом контактируют и фронтальная Ондумская, и тыловая Таннуольская островодужные подзоны (*рис. 1*) (Монгуш и др., 2013);
- 2) образование глубокометаморфизованных комплексов на северо-западной периферии Тувино-Монгольского микроконтинента, которые в наибольшей степени испытали коллизию с островодужными террейнами — моренский, эрзинский и шутхулайский метаморфические комплексы (*см. рис. 1*); тектонический этап эволюции северо-западной части Сангилена в интервале 510–490 млн л. фиксируется сменой правосдвигово-взбросовой на левосдвиговую кинематику на фоне косой коллизии Тувинского сегмента V–Є<sub>1</sub> островной дуги с Тувино-Монгольским массивом (Владимиров и др., 2005), что согласуется с вышеуказанными данными о развороте по часовой стрелке островодужных структур начиная с рубежа раннего и среднего кембрия (Монгуш, 2017).

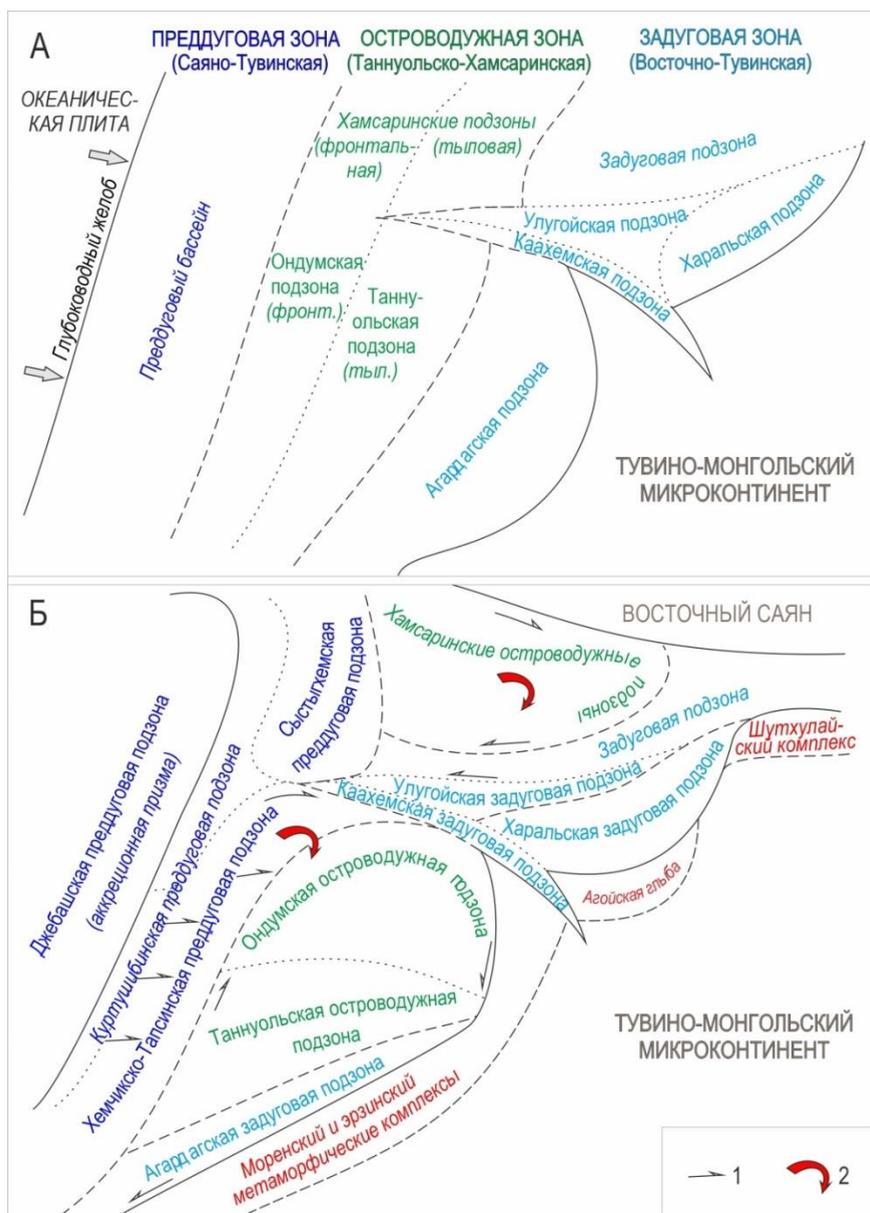


Рисунок 1. Схема тектонической эволюции островодужных комплексов Тувы:

**А** — доколлизийный этап (до 510 млн л.)

**Б** — коллизийный этап (510–480 млн л.)

1 — направление сдвиговых перемещений палеотектонических единиц; 2 — разворот палеотектонических единиц по часовой стрелке.

Динамика Каахемского палеорифта как структуры, образованной при спрединге субконтинентальной коры на склоне Тувино-Монгольского микроконтинента и тем самым жёстко «привязанной» к нему, во время коллизии, видимо, была совершенно иной по сравнению с островодужными структурами Таннуольско-Хамсаринской зоны. Последние, по всей видимости, были обдуцированы на субконтинентальный склон Тувино-Монгольского микроконтинента и развернуты на  $\sim 90^\circ$ .

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ.** Каахемская палеорифтогенная зона сложена структурно-вещественными комплексами, выделяемыми в составе Каахемской подзоны Восточно-Тувинской задуговой зоны и Хемчикско-Тапсинской подзоны Саяно-Тувинской преддуговой зоны (см. рис. 1). В Каахемской задуговой подзоне наиболее древними являются метаморфические образования, относящиеся к Тувино-Монгольскому микроконтиненту. В данной подзоне представлены также офиолиты, имеющие определённые черты сходства состава пород с аномально обогащёнными задуговыми базальтами бассейна Вудларк на юго-западе Тихого океана и образованные в ходе спрединговых процессов при расколе субконтинентальной литосферы (Котляров, Симонов, 2003; Добрецов и др., 2005). С каахемскими офиолитами ассоциирует нижнекембрийская тапсинская карбонатно-терригенная толща с фауной археоциатов (Бухаров, 1979), что предполагает близкий к ней возраст офиолитов (рис. 2, 3).

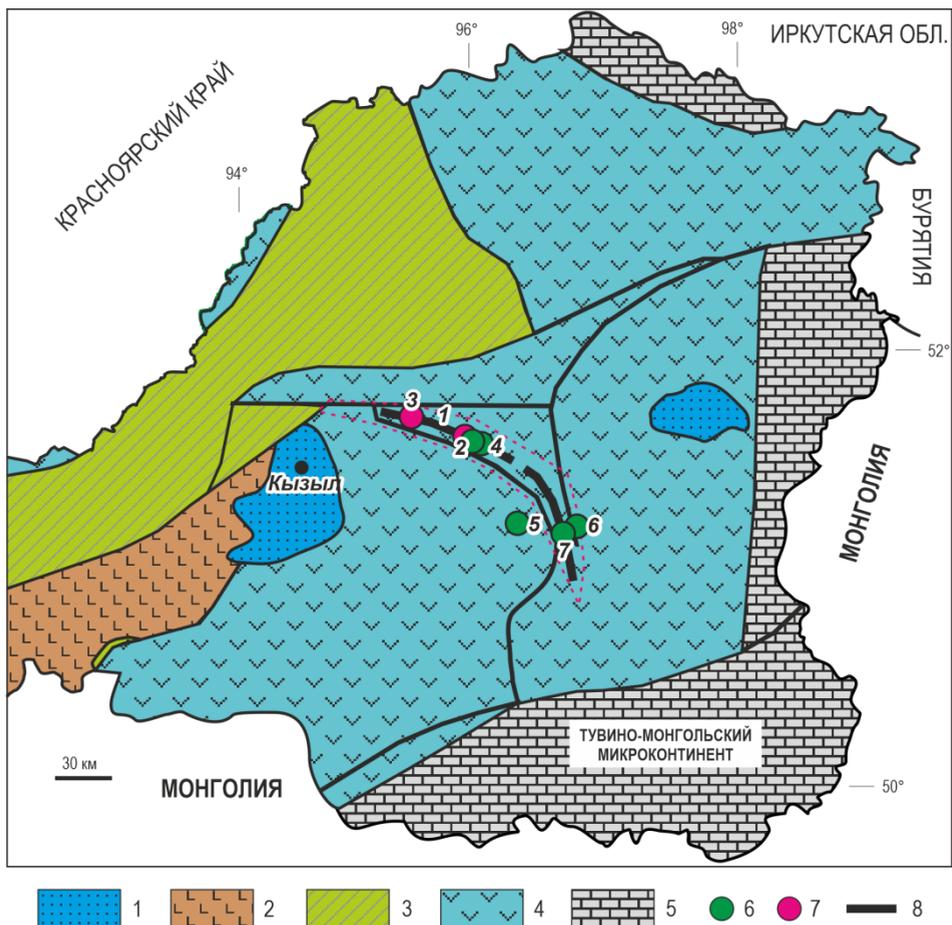


Рисунок 2. Схема структурно-формационного районирования восточной части Республики Тыва (составлена с использованием данных: Никитчин и др., 1983)

1 — мезозойские наложенные впадины; 2 — герциниды; 3 — поздние каледониды; 4 — ранние каледониды; 5 — байкалиды; 6 — габброидные массивы; 7 — гранитоидные массивы; 8 — офиолиты. Цифрами показаны номера упомянутых в тексте массивов: 1 — массив офиолитов в верховьях р. Бол. Копто, 2 — Караосский, 3 — Тапсинский, 4 — массив раннекембрийских (?) субщелочных габбро зубовского комплекса, 5 — Шуйский, 6 — Майский, 7 — Чадалский. Контуром показана Каахемская зона.

Каахемская рифтогенная зона, сформированная в виде поперечной депрессии на континентальном склоне Тувино-Монгольского континента, имеет западный наклон

поверхности её фундамента и клиновидное уменьшение мощности земной коры при продвижении в этом направлении. Этим обстоятельством обусловлена продольная зональность магматизма, выраженная в тенденции к повышению глинозёмистости, общей щёлочности и калиевости его продуктов при продвижении с запада на восток (Черезов и др., 1999; Зайков, 2006).

В северном обрамлении Каахемского рифта представлены V–E<sub>1</sub> осадочно-вулканогенные образования Улугуйской подзоны, по геохимическим характеристикам соответствующие в основном базальтам задуговых бассейнов (Зайков, 2006; Симонов и др., 1999, 2003). В раннем девоне между структурами Каахемской и Улугуйской задуговых подзон образовался Дерзигский грабен. В южном обрамлении Каахемского рифта представлены островодужные комплексы Ондумской подзоны, среди которых находятся тектонические окна (?) метаморфических пород (PR<sub>2</sub> билинская свита) Тувино-Монгольского микроконтинента (Никитчин и др., 1983).

К западу Каахемская задуговая подзона тектонически контактирует с Хемчикско-Тапсинской преддуговой подзоной; последняя, в своём восточном окончании, также тектонически соприкасается с Ондумской островодужной подзоной (см. рис. 1). В зоне контакта этих трёх разнотипных подзон проявлен олистостромовый комплекс, а также малые, предположительно синколлизийные, тела габброидов (E<sub>2-3</sub>?). В восточном окончании Хемчикско-Тапсинской подзоны, на её стыке с Ондумской подзоной, среди олистолитов олистостромы присутствуют: а) крайне низкощелочные ультранатровые плагиориолиты, аналогичные островодужным плагиориолитам ондумской свиты и очень похожие по геохимическому составу на наиболее древние островодужные плагиограниты Ондумской подзоны с возрастом 563–572 млн л. (Руднев и др., 2020), б) высокотитанистые базальты, в т. ч. по геохимическому составу похожие на базальты алдынбулакской толщи Западной Тувы, в) нерасчленённые базальты с низкими содержаниями несовместимых элементов и их слабофракционированным распределением (наши неопубликованные данные).

Отметим, что на предварительной геодинамической карте Алтае-Саянского региона рассматриваемая нами Каахемская рифтогенная зона представляет собой восточную часть Хемчикско-Каахемской аккреционной зоны, сложенную преимущественно океаническими породами (Berzin, 1999). Однако, данные о задуговых геохимических характеристиках каахемских офиолитов (см. выше) приводят к необходимости отчленить Каахемскую задуговую подзону в рамках традиционной схемы структурно-формационного районирования Тувы (Никитчин и др., 1983).

В центральной части Каахемской рифтогенной зоны, в поле развития *каахемских офиолитов* в истоках р. Бол. Копто, выявлены постофиолитовые средне-позднекембрийские синколлизийные плагиограниты с возрастом  $499 \pm 16$  млн л. (Симонов и др., 2009; Котляров, 2010). Вероятно, парагенетически с ними связаны и штоки габбро, «сидящие» на том же участке каахемских офиолитов (наблюдения А.А. Монгуша в 1997 г.). Здесь известны также синколлизийные *Караосский* ( $490 \pm 3$  млн л.) и *Тапсинский* ( $486 \pm 4$  млн л.) плагиогранитоидные массивы, прорывающие нижнекембрийскую тапсинскую толщу. В юго-восточной части Караосского массива закартированы предположительно раннекембрийские габброиды субщелочного ряда (*зубовский комплекс*) (Никитчин и др., 1983). В пределах Караосского плагиогранитоидного массива выявлен также небольшой перидотит-пироксенит-габброноритовый массив (Караосский/Перевальный) раннесилурийского ( $437 \pm 7$  млн л.) возраста (Монгуш и др., 2006; Монгуш, 2019).

В юго-восточной части данной зоны выявлены позднеордовикские внутриплитные габброидные *Майский* и *Шуйский* ( $449 \pm 2$  млн л.) массивы в ассоциации с гранитоидами аналогичного возраста  $450 \pm 5$  млн л. (Руднев и др., 2006; Монгуш, Сугоракова, 2013), а также находящиеся в минглинговых соотношениях субщелочные габброиды *Чадальского массива* и щелочные гранитоиды шивейского комплекса, сформированные в возрастном промежутке 290–280 млн л. (Сугоракова и др., 2011; Кадыр-оол и др., 2017; Кармышева и др., 2022).

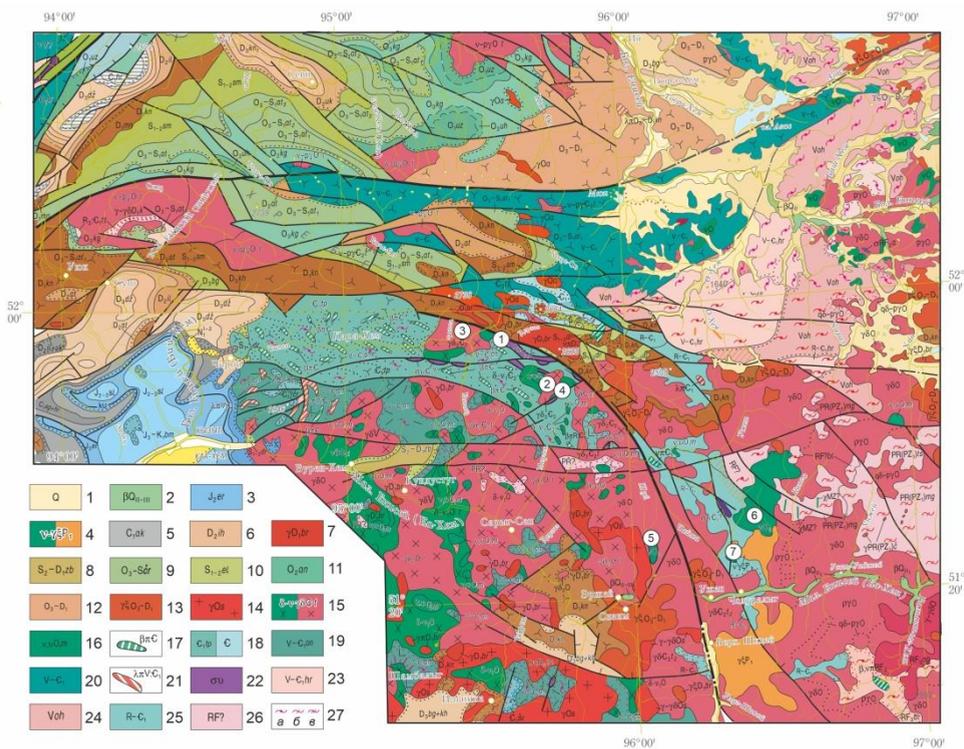


Рисунок 3. Геологическая карта нижнего течения рек Каа-Хем и Бий-Хем (по данным геологической съёмки м-ба 1 : 1 000 000 нового поколения (Беззубцев, Перфилова, 2008; Александровский, Должковой, 2008; Александровский и др., 2011; Галимова, Пашкова, 2012) с изменениями в легенде)

1 — Q отложения; 2 — Q базальты; 3 — J отложения; 4 — P<sub>1</sub> габбро и щелочные граниты (минглинг); 5 — C отложения; 6 — D отложения; 7 — D<sub>1</sub> бреньский граносиенит-гарнитный комплекс; 8 — S<sub>2</sub>-D<sub>1</sub> песчаники, алевролиты, карбонатные конкреции; 9 — O<sub>3</sub>-S песчаники, алевролиты, аргиллиты, известняки, конгломераты; 10 — S отложения; 11 — O отложения; 12 — O<sub>3</sub>-D<sub>1</sub> отложения; 13 — O<sub>3</sub>-D<sub>1</sub> граниты; 14 — O сархойский гранодиорит-гранитный комплекс; 15 — преимущественно O габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитные ассоциации; 16 — O<sub>1</sub> мажалыкский перидотит-пироксенит-габброноритовый комплекс; 17 — E<sub>1</sub> малые интрузии габбро; 18 — E отложения: E<sub>1</sub> тапсинская толща, в т. ч. олистостромовая, археоциатосодержащая, другие кембрийские толщи нерасчленённые; 19 — V-E<sub>1</sub> отложения онудумской свиты; 20 — V-E<sub>1</sub> отложения (туматтайгинской свиты); 21 — V-E<sub>1</sub> субвулканические порфиры (онудумской свиты); 22 — офиолитовые базиты и гипербазиты; 23 — V-E<sub>1</sub> отложения харальской серии; 24 — V отложения охемской свиты; 25 — R-E<sub>1</sub> вулканогенно-осадочные отложения; 26 — R(?) метаморфические образования; 27 — фации метаморфизма: а — зеленосланцевая, б — эпидот-амфиболитовая, в — амфиболитовая. Массивы: 1 — офиолиты Бол. Копто, 2 — Караосский, 3 — Тапсинский, 4 — массив зубовского комплекса, 5 — Шуйский, 6 — Майский, 7 — Чадалский.

Вдоль север-северо-восточного экзоконтакта Каахемской рифтогенной зоны широко проявлен девонский магматизм (Дерзигский грабен), представленный вулканитами нижнедевонской кендейской свиты и гранитными массивами, наиболее известным из которых является Дерзигский массив бреньского комплекса. U-Pb датировка одного из массивов этого комплекса составляет 385 ± 5 млн л. (Руднев и др., 2006).

В северном и юго-восточном экзоконтактах Каахемской зоны разломов, а также предположительно в бассейне р. Тапса проявлен позднеолигоцен-раннемиоценовый базальтовый вулканизм (Сугоракова и др., 2003).

Таким образом, в пределах Каахемской рифтогенной зоны магматическая активность широко была проявлена в кембрии и ордовике, эпизодически в раннем силуре, ранней перми и кайнозое. В девоне вдоль северного экзоконтакта

Каахемского рифта был заложен Дерзигский грабен как составная часть Тувинского рифтогенного прогиба (Телешев, Поляков, 1978).

### О СХЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ ИЛИ ИДЕЯХ ФОРМИРОВАНИЯ КААХЕМСКОГО РИФТА

1. *Мантийный диапиризм.* В позднем рифее происходит внедрение мантийного диапира. В его эпицентральной области происходит образование субрадиальных рифтоподобных зон, выходящих за пределы этой области, в т. ч. Каахемского (рис. 4) и Агардагского рифтов (Коробейников, Исаков, 1981).

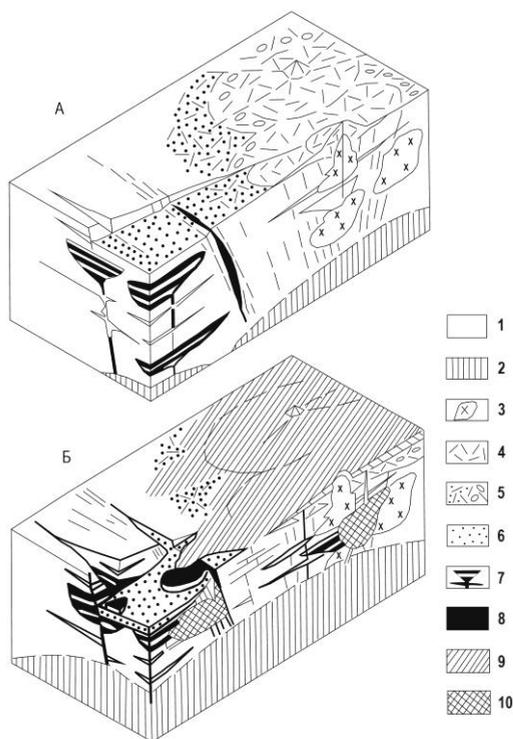


Рисунок 4. Схема формирования Каахемского жёлоба-разлома в позднем рифее (по: Коробейников, Исаков, 1981)  
А, Б — последовательные стадии формирования

1 — субстрат; 2 — апикулярная часть термально-мантийного диапира; 3 — очаги генерации кислой магмы и субвулканические гранитоиды; 4 — липариты; 5 — пирокластика липаритов; 6 — турбидиты; 7 — расслоенные базит-ультрабазиты, силлы; 8 — ультрабазиты; 9 — базальты; 10 — габбро.

2. *Погружение литосферной мантии.* Наличие в районе Тувы «заливообразного» в направлении Сибирского кратона изгиба единой субдукционной границы Палеоазиатского океана резко затруднило субдукцию и способствовало утолщению и охлаждению здесь океанической литосферы с дальнейшим очень длительным, медленным и пульсационно-прерывистым погружением «охлаждённого» и «отяжелённого» блока мантийной части литосферы, сопровождавшегося компенсационной дегазацией подстилающих горизонтов мантии и компенсационным перемещением вверх магматических расплавов. Над краевой частью погружающегося блока мантии размещался Таннуольско-Хамсаринский блок, представляющий собой блюдцеобразное горстовое поднятие активизированного шельфа Тувино-Монгольского микроконтинента. Блок подвергался интенсивному горизонтальному сжатию. Оно вызвано как схождением смежных литосферных плит, так и погружением подстилающего блока мантии, под воздействием которого он как бы «засасывался» внутрь Земли. Под воздействием погружающегося блока мантии Таннуольско-Хамсаринский блок коры подвергался гравитационному раздавливанию («будинированию»), следствием которого явилось возникновение в его центральной части Каахемской рифтогенной зоны, контролируемой системой дугообразных расходящихся обратных сбросов, выступавших в качестве границ структурно-формационных подзон и проникавших в смежные тектонические зоны (Черезов и др., 1999;

Лебедев и др., 1999).

3. *Раскрытие рифта в окраинном море.* Геодинамический режим в венде–кембри для Восточной Тувы соответствовал активной континентальной окраине кордильерского типа, рассечённой рифтами (Каахемским, Агардагским, Хемчикско-Куртушибинским). К характерным чертам окраин такого типа относятся заложение вулканических сооружений на континентальном склоне и шельфе и широкое проявление вулcano-плутонической ассоциации. К раскрытию рифтов привели горизонтальные перемещения в Саяно-Тувинском окраинном море. Причины горизонтальных перемещений усматриваются либо в поддвижении коры океанического типа под континентальную окраину вследствие спрединга, либо в надвигании Тувино-Монгольского микроконтинента на окраинное море (Зайков, 2006).

**ОБСУЖДЕНИЕ.** Из вышеприведённых трёх схематических моделей образования Каахемского рифта более реалистичным, на наш взгляд, является третья модель. Тектоническое положение Каахемской рифтогенной зоны похоже на таковое бассейна Вудларк на юго-западе Тихого океана. Бассейн Вудларк, в котором идёт спрединг субконтинентальной коры, примыкает с юго-запада к Соломоновым островам, которые, в свою очередь, с северо-востока контактируют с океаническим плато Онтонг Джава (рис. 5) (Taylor, Huchon, 2002; Котляров, Симонов, 2003; Добрецов и др., 2005).

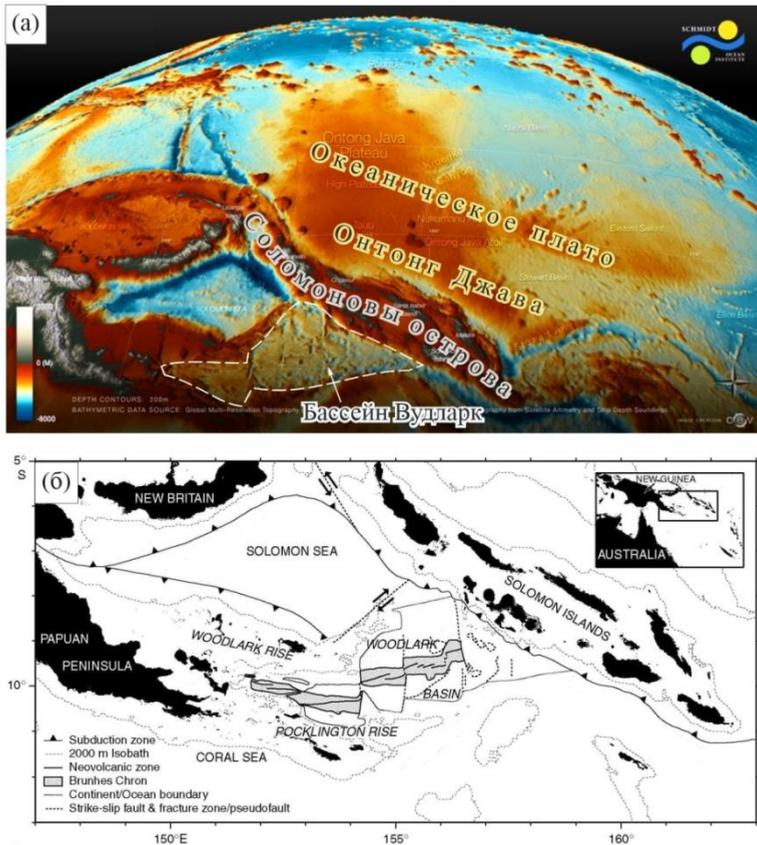


Рисунок 5. Расположение бассейна Вудларк Соломоновых островов и океанического плато Онтонг Джава на 3D-карте Океанического института SCHMIDT (а) и тектоническое строение бассейна Вудларк (б) (по: Taylor, Huchon, 2002) с упрощениями)

С учётом данных вышеуказанной третьей схематической модели раскрытия

*рифта в окраинном море* (по В.В. Зайкову) и данных по бассейну Вудларк можно предположить, что в раннем кембрии (?) в пределах Восточно-Тувинского задугового бассейна начался раскол субконтинентальной коры на склоне Тувино-Монгольского микроконтинента. В ходе спрединговых процессов были сформированы каахемские офиолиты, возраст которых, предположительно, является раннекембрийским в виду их ассоциации с археоцитатсодержащей тапсинской толщей.

Каахемский рифт мог появиться в процессе аккреционно-коллизийных событий, в частности, в ответ на коллизию островной дуги и океанического плато (метабазальты джебашской серии). Субперпендикулярная ориентация Каахемского рифта по отношению к границе Тувино-Монгольского микроконтинента может являться кинематическим следствием коллизийного рифтинга в зонах лобового столкновения (Лобковский и др., 2004). Вместе с тем, геодинамика формирования Каахемского рифта может быть во многом обусловлена теми же процессами, что привели к образованию задуговой спрединговой котловины Вудларк. В данном случае предполагается циклическая смена сжатия и растяжения во время аккреции океанской литосферы и плавный закруглённый контур, образующийся под воздействием вихревой компоненты тектоники (Мирлин, Миронов, 2014).

Время формирования Каахемского рифта, возможно, соответствует началу аккреционных событий в тувинском сегменте Центрально-Азиатского подвижного пояса на рубеже венда и кембрия (при этом субдукция продолжалась до конца раннего кембрия, после чего началась главная фаза аккреции-коллизии) (Гоникберг, 1999; Владимиров и др., 2005; Монгуш и др., 2011). Субперпендикулярное простираие Каахемского рифта к Таннуольско-Хамсаринской островной дуге привело к тому, что в процессе обдукции дуги на Тувино-Монгольский микроконтинент, с одновременным её разворотом по часовой стрелке, она была разделена на два блока: Ондум-Таннуольский и Хамсаринский, а преддуговые комплексы пришли в непосредственное соприкосновение с задуговыми каахемскими офиолитами (см. рис. 1). На постаккреционном этапе в девонское время вдоль северо-восточного обрамления Каахемского рифта был образован рукав Тувинского рифтогенного пригиба.

Проявления магматизма в Каахемской зоне на субдукционном этапе: раннекембрийские (?) задуговые офиолиты и субщелочные габброиды зубовского комплекса; аккреционно-коллизийном этапе: габброидный (штоки габбро?) и плагиогранитоидный магматизм (Тапсинский и Караосский массивы); постаккреционном этапе: позднеордовикские (Майский массив) и раннесилурийские (Караосский/Переваальный массив) габброиды, девонский кислый магматизм в обрамлении рифта, единичные проявления кайнозойского базальтового вулканизма.

**ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ.** Образование Каахемской палеорифтогенной зоны связано с расколом и дальнейшим спредингом субконтинентального склона Тувино-Монгольского микроконтинента в пределах Восточно-Тувинского задугового бассейна в раннекембрийское (?) время.

Субортогональное простираие Каахемской зоны по отношению к Таннуольско-Хамсаринской островной дуге обусловило разделение дуги на Таннуольский и Хамсаринский сегменты при её обдукции на Тувино-Монгольский микроконтинент с одновременным разворотом по часовой стрелке. Именно субортогональное положение Каахемской зоны к зоне субдукции и, соответственно, к генеральной линии тектонического сжатия во время аккреционно-коллизийных процессов, возможно, обусловило её долгоживущий характер в качестве зоны повышенной тектонической и магматической проницаемости.

*Работа выполнена в рамках работ по государственному заданию  
ТувИКОПР СО РАН: Научная тема № 222020400035-4.*

## ЛИТЕРАТУРА

- Александровский Ю.С., Должковой Б.М.* Государственная геологическая карта м-ба 1 : 1 000 000 (третье поколение). М-46 (Кызыл). – СПб.: ВСЕГЕИ, 2008.
- Александровский Ю.С., Семенов М.И., Шаталина Т.А.* Государственная геологическая карта м-ба 1 : 1 000 000 (третье поколение). М-47 (Кунгуртуг). – СПб.: ВСЕГЕИ, 2011.
- Безубуцев В.В., Перфилова О.Ю.* Государственная геологическая карта м-ба 1 : 1 000 000 (третье поколение). N-46 (Абакан). – СПб.: ВСЕГЕИ, 2008.
- Берзин Н.А., Кунгурцев Л.В.* Геодинамическая интерпретация геологических комплексов Алтае-Саянской области // Геология и геофизика. – 1996. – Т. 37. – № 1. – С. 63–81.
- Бухаров Н.С.* О стратиграфии отложений нижнего кембрия в Восточной Туве // Материалы по геологии Тувинской АССР: Вып. IV. – Кызыл: Тув. кн. изд-во, 1979. – С. 39–52.
- Владимиров В.Г., Владимиров А.Г., Гибиер А.С., Травин А.В., Руднев С.Н., Шемелина И.В., Барабаш Н.В., Савиных Я.В.* Модель тектоно-метаморфической эволюции Сангилен (Юго-Восточная Тува, Центральная Азия) как отражение раннекаледонского аккреционно-коллизийного тектогенеза // Докл. РАН. – 2005. – Т. 405. – № 1. – С. 82–88.
- Галимова Т.Ф., Пащикова А.Г.* Государственная геологическая карта м-ба 1 : 1 000 000 (третье поколение). N-47 (Нижнеудинск). – СПб.: ВСЕГЕИ, 2012.
- Гоникберг В.Е.* Роль сдвиговой тектоники в создании орогенной структуры ранних каледонид Юго-Восточной Тувы // Геотектоника. – 1999. – № 3. – С. 89–102.
- Добрецов Н.Л., Симонов В.А., Буслов М.М., Котляров А.В.* Магматизм и геодинамика Палеоазиатского океана на венд-кембрийском этапе его развития // Геология и геофизика. – 2005. – Т. 46. – № 9. – С. 952–967.
- Зайков В.В.* Вулканизм и сульфидные холмы палеоокеанических окраин: на примере колчеданосных зон Урала и Сибири. – М.: Наука, 2006. – 429 с.
- Кадыр-оол Ч.О., Сугоракова А.М., Хертек А.К.* Минералого-геохимические особенности пород зоны минглинга Шивейского и Чадалского массивов (Восточная Тува) // Региональная экономика: технологии, экономика, экология и инфраструктура: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. (18–20.10.2017, Кызыл, Россия). – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2017. – С. 169–173.
- Кармышева И.В., Яковлев В.А., Сугоракова А.М., Руднев С.Н., Семёнова Д.В.* Позднепалеозойский контрастный магматизм восточной части Каахемского магматического ареала (Центрально-Азиатский складчатый пояс) // Геодинамика и тектонофизика. – 2022. – Т. 13. – № 3. – С. 1–24.
- Коробейников В.И., Исаков В.М.* Структура сопряжения Каахемской и Восточно-Тувинской зон и формирование древнего жёлоба-разлома // Геология и геофизика. – 1981. – № 11. – С. 18–28.
- Котляров А.В., Симонов В.А.* Геологическое строение и особенности формирования офиолитов Каахемского пояса (Восточная Тува) // Металлогения древних и современных океанов–2003. Формирование и освоение месторождений в островодужных системах: Материалы 9 науч. студенческой шк. / Отв. ред.: В.В. Зайков, Е.В. Белогуб. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2003. – С. 35–39.
- Котляров А.В.* Петрология офиолитовых ассоциаций Южной и Восточной Тувы: Дисс. ... канд. геол.-мин. наук. – Новосибирск, ИГМ СО РАН, 2010. – 185 с.
- Кунгурцев Л.В., Берзин Н.А., Казанский А.Ю., Метелкин Д.В.* Тектоническая эволюция структуры Юго-Западного обрамления Сибирской платформы в венде-кембрии по палеомагнитным данным // Геология и геофизика. – 2001. – Т. 42. – № 7. – С. 1042–1051.
- Куренков С.А., Диденко А.Н., Симонов В.А.* Геодинамика палеоспрединга. – М.: ГЕОС, 2002. – 294 с.
- Лебедев В.И., Черезов А.М., Лебедева М.Ф.* Особенности металлогении фанерозоя Тувы и Северо-Западной Монголии // Геология и геофизика. – 1999. – Т. 40. – № 11. – С. 1646–1654.
- Лобковский Л.И., Никишин А.М., Хаин В.Е.* Современные проблемы геотектоники и геодинамики. – М.: Научный мир, 2004. – 612 с.
- Мирлин Е.Г., Миронов Ю.В.* Роль вихревого движения в геодинамике Эгейского моря (на основе сравнительного анализа с геодинамикой котловины Вудларк) // Вестн. Камчатской

- рег. ассоц. «Учебно-научный центр». Серия: Науки о Земле. – 2014. – № 2, вып. 24. – С. 173–185.
- Монгуш А.А., Лебедев В.И., Симонов В.А., Сугоракова А.М.* Соотношение офиолитов и интрузивных массивов в Каахемской рифтогенной зоне (Тува) // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы совещ. Вып. 4. В 2-х т. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2006. – Т. 2. – С. 45–47.
- Монгуш А.А., Лебедев В.И., Ковач В.П., Сальникова Е.Б., Дружкова Е.К., Яковлева С.З., Плоткина Ю.В., Загорная Н.Ю., Травин А.В., Серов П.А.* Тектономагматическая эволюция структурно-вещественных комплексов Таннуольской зоны Тувы в позднем венде – раннем кембрии (на основе геохимических, Nd-изотопных и геохронологических данных) // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52. – № 5. – С. 649–665.
- Монгуш А.А., Сугоракова А.М.* Возраст и источники магм постколлизонных габброидов Каахемского магматического ареала, Восточная Тува: результаты первых  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  и Sm-Nd исследований // Геохимия. – 2013. – № 11. – С. 1042–1047.
- Монгуш А.А., Терлеев А.А., Токарев Д.А., Дружкова Е.К.* Гранитоиды и известняки из конгломератов преддуговой зоны Таннуольско-Хамсаринской островодужной системы (Тува): геохимия, палеонтология, корреляция // Вестн. Томского гос. ун-та. – 2013. – № 372. – С. 184–192.
- Монгуш А.А.* Офиолиты Западного Саяна и Западной Тувы — автохтонные комплексы Саяно-Тувинской преддуговой зоны V–C<sub>1</sub> островной дуги Палеоазиатского океана // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы совещания. Вып. 15. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2017. – С. 194–196.
- Монгуш А.А.* Новые данные о возрасте и вещественном составе Кара-Осского перидотит-пироксенит-габброноритового массива (Тува) // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 12. – С. 108–115.
- Никитчин П.А., Шибанов В.И., Бухаров Н.С., Чучко В.Н., Александров Г.П.* Геологическая карта Тувинской АССР. М-6 1 : 500 000 / Гл. ред.: А.А. Подкаменный, М.Л. Шерман. – Л.: ВСЕГЕИ, 1983.
- Руднев С.Н., Владимиров А.Г., Пономарчук В.А., Бибикина Е.В., Сергеев С.А., Матуков Д.И., Плоткина Ю.В., Бянова Т.Б.* Каахемский полихронный гранитоидный батолит (Восточная Тува): состав, возраст, источники и геодинамическая позиция // Литосфера. – 2006. – № 2. – С. 3–33.
- Руднев С.Н., Мальковец В.Г., Белоусова Е.А., Туркина О.М., Семёнова Д.В.* Изотопный Lu-Hf состав циркона и источники магм венд-раннепалеозойских гранитоидов Тувы (на примере Каахемского и Восточно-Таннуольского батолитов) // Геология и геофизика. – 2020. – Т. 61. – № 10. – С. 1331–1355.
- Симонов В.А., Зайков В.В., Ковязин С.В.* Палеогеодинамические условия развития гидротермальных систем Кызыл-Таштыгского месторождения (Восточная Тува) // Металлогения древних и современных океанов–99: Материалы 5 науч. студенческой шк. – Миасс: ИМин УрО РАН, 1999. – С. 16–23.
- Симонов В.А., Зайков В.В., Котляров А.В., Тереня Е.О.* Петролого-геохимические особенности и палеогеодинамика кембрийских магматических комплексов Восточной Тувы // Вестн. Томского гос. ун-та. Серия «Науки о Земле» (геология, география, метеорология, геодезия). Приложение № 3 (III), апрель 2003: Проблемы геологии и географии Сибири: Материалы науч. конф., посвящ. 125-летию основания Томского гос. ун-та и 70-летию образования геолого-географического ф-та (02–04.04.2003, Томск) / Гл. ред. Г.В. Майер; науч. ред. Г.Б. Князев и др. – Томск: Томский гос. ун-т, 2003. – С. 189–191.
- Симонов В.А., Котляров А.В., Котов А.Б.* Петрология, геохимия, и условия формирования офиолитов Тувы // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы науч. совещ. по Программе фундам. исследований ОНЗ РАН. Серия 7: в 2-х т. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2009. – Т. 2. – С. 80–81.
- Сугоракова А.М., Ярмлюк В.В., Лебедев В.И.* Кайнозойский вулканизм Тувы / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук А.Э. Изох. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2003. – 92 с.

- Сугоракова А.М., Ярмолюк В.В., Лебедев В.И., Лыхин Д.А. Позднепалеозойский щёлочногранитоидный магматизм Тувы и его связь с внутриплитными процессами в пределах Сибирского палеоконтинента // Докл. АН. – 2011. – Т. 439. – № 5. – С. 641–647.
- Сугоракова А.М., Бутанаев Ю.В. Каахемская рифтогенная зона (история заложения и развития) // Тувинские землетрясения 2011–2012 гг.: Материалы науч. совещ. по Базовому проекту ТувИКОПР СО РАН VIII.78.1.4 (15–17.04.2014, Кызыл, Россия). – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2014. – С. 83–85.
- Телешев А.Е., Поляков Г.В. Вещественный состав и петрохимия ассоциаций девонских вулканических и плутонических пород Восточной Тувы // Вопросы магматической геологии Сибири: Вып. 402. – Новосибирск: Наука, 1978. – С. 88–114.
- Черезов А.М., Сугоракова А.М., Черезова О.С. Тектоника и зональность ультрабазит-базитового магматизма Каахемской рифтогенной зоны Тувы // Вопросы петрологии, минералогии, геохимии и геологии офиолитов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. – С. 150–156.
- Berzin N.A. Preliminary terrane and overlap assemblage map of Altai-Sayan region // Preliminary publications. Book 1 from project on mineral resources, metallogenesis, and tectonics of Northeast Asia / Ed. by. W.J. Nokleberg et al. Open-File Report 99–165. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. 1999. DOI: <https://doi.org/10.3133/ofr99165>.
- Taylor B., Huchon F. Active continental extension in the Western Woodlark basin: a synthesis of Leg 180 results // Proc. ODP Sci. Results. – 2002. – Vol. 180. – P. 1–36. – DOI: 10.2973/odp.proc.sr.180.150.2002.

## REFERENCES

- Alexandrovsky Yu.S., Dolzhkova B.M. *Gosudarstvennaia geologicheskaiia karta m-ba 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie)* [State geological map of scale 1 : 1 000 000 (third generation)]. M–46 (Kyzyl). St Petersburg, VSEGEI Publ., 2008. (In Russ.)
- Alexandrovsky Yu.S., Semenov M.I., Shatalina T.A. *Gosudarstvennaia geologicheskaiia karta m-ba 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie)* [State geological map of scale 1 : 1 000 000 (third generation)]. M–47 (Kungurtug). St Petersburg, VSEGEI Publ., 2011. (In Russ.)
- Berzin N.A. Preliminary terrane and overlap assemblage map of Altai-Sayan region. Preliminary publications. Book 1 from project on mineral resources, metallogenesis, and tectonics of Northeast Asia / ed. by. W.J. Nokleberg et al. Open-File Report 99–165. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. 1999. DOI: <https://doi.org/10.3133/ofr99165>.
- Berzin N.A., Kungurtsev L.V. *Geodinamicheskaiia interpretatsiia geologicheskikh kompleksov Altae-Saiianskoi oblasti* [Geodynamic interpretation of geological complexes of the Altai-Sayan region]. *Geologiya i geofizika = Geology and geophysics*, 1996, vol. 37, no. 1, pp. 63–81. (In Russ.)
- Bezzubtsev V.V., Perfilova O.Yu. *Gosudarstvennaia geologicheskaiia karta masshtaba 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie)* [State geological map of scale 1 : 1 000 000 (third generation)]. N–46 (Abakan). St Petersburg, VSEGEI Publ., 2008. (In Russ.)
- Bukharov N.S. O stratigrafii otlozhenii nizhnego kembriia v Vostochnoi Tuve [Stratigraphy of Lower Cambrian deposits in Eastern Tuva]. Materials on geology of the Tuva ASSR. Is. IV. Kyzyl, Tuvan Book Publ. House, 1979, pp. 39–52. (In Russ.)
- Cherezov A.M., Sugorakova A.M., Cherezova O.S. Tektonika i zonal'nost' ul'trabazit-bazitovogo magmatizma Kaakhemskoi riftogennoi zony Tuvy [Tectonics and zonality of ultrabasite-basite magmatism of the Kaakhem rift zone of Tuva]. Questions of petrology, mineralogy, geochemistry and geology of ophiolites. Novosibirsk, Publishing House of SB RAS, 1999, pp. 150–156. (In Russ.)
- Dobretsov N.L., Simonov V.A., Buslov M.M., Kotlyarov A.V. Magmatism and geodynamics of the Paleasian ocean at the Vendian-Cambrian stage of its evolution. *Russian Geology and Geophysics*, 2005, vol. 46, no. 9, pp. 933–951.
- Galimova T.F., Pashkova A.G. *Gosudarstvennaia geologicheskaiia karta m-ba 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie)* [State geological map of scale 1 : 1 000 000 (third generation)]. N–47 (Nizhneudinsk). St Petersburg, VSEGEI Publ., 2012. (In Russ.)
- Gonikberg V.E. Rol' sdvigovoi tektoniki v sozdanii orogennoi struktury rannikh kaledonid Iugo-Vostochnoi Tuvy [The role of shear tectonics in the creation of the orogenic structure of the Early Caledonids of Southeastern Tuva]. *Geotektonika = Geotectonics*, 1999, no. 3, pp. 89–102. (In Russ.)

- Kadyr-ool Ch.O., Sugorakova A.M., Hertek A.K. Mineralogo-geokhimicheskie osobennosti porod zony minglinga Shiveiskogo i Chadalskogo massivov (Vostochnaia Tuva) [Mineralogical-geochemical features of rocks of the mingling zone in the Shiveysky and Chadalsky massifs (Eastern Tuva)]. Regional economy: technologies, economics, ecology and infrastructure: Materials of the II International Scientific and Practical Conference (18–20.10.2017, Kyzyl, Russia). Kyzyl, TuvIENR SB RAS Publ., 2017, pp. 169–173. (In Russ.)
- Karmysheva I.V., Yakovlev V.A., Sugorakova A.M., Rudnev S.N., Semenova D.V. Pozdnepaleozoyskiy kontrastnyy magmatizm vostochnoy chasti Kaakhemskogo magmaticheskogo areala (Tsentral'no-Aziatskiy skladchatyy poiyas) [Late Paleozoic contrasting magmatism of the Eastern Kaakhem magmatic area (Central Asian Orogenic Belt)]. *Geodinamika i tektonofizika = Geodynamics and Tectonophysics*, 2022, vol. 13, no. 3, pp. 1–24. (In Russ.)
- Korobeynikov V.I., Isakov V.M. Struktura sopriazheniia Kaakhemskoi i Vostochno-Tuvinskoi zon i formirovanie drevnego zheloba-razloma [The structure of conjunction of the Kaa-Khem and East Tuva zones and the formation of an ancient trough-fault]. *Geologiya i geofizika = Geology and geophysics*, 1981, no. 11, pp. 18–28. (In Russ.)
- Kotlyarov A.V. *Petrologiia ofiolitovykh assotsiatsii Iuzhnoi i Vostochnoi Tuvy* [Petrology of ophiolite associations of Southern and Eastern Tuva]. Dissertation for the degree of candidate of geological and mineralogical sciences. Novosibirsk, IGM SB RAS Publ., 2010, 185 p. (In Russ.)
- Kotlyarov A.V., Simonov V.A. Geologicheskoe stroenie i osobennosti formirovaniia ofiolitov Kaakhemskogo poiyasa (Vostochnaia Tuva) [Geological structure and features of the formation of ophiolites of the Kaakhem belt (Eastern Tuva)]. Metallogeny of ancient and modern oceans–2003. Forming and developing of deposits in island arc systems. Miass, Institute of Mineralogy of the Ural Department of the Russian Academy of Sciences Publ., 2003, pp. 35–39. (In Russ.)
- Kungurtsev L.V., Berzin N.A., Kazansky A.Yu., Metelkin D.V. Tektonicheskaia evoliutsiia struktury Iugo-Zapadnogo obramleniia Sibirskoi platformy v vende–kembrii po paleomagnitnym dannym [Tectonic evolution of the structure of the Southwest framing of the Siberian platform in the Vendian-Cambrian according to paleomagnetic data]. *Geologiya i geofizika = Geology and geophysics*, 2001, vol. 42, no. 7, pp. 1042–1051. (In Russ.)
- Kurenkov S.A., Didenko A.N., Simonov V.A. *Geodinamika paleospreyinga* [Geodynamics of paleospreying]. Moscow, GEOS Publ., 2002, 294 p. (In Russ.)
- Lebedev V.I., Cherezov A.M., Lebedeva M.F. Osobennosti metallogenii fanerozoia Tuvy i Severo-Zapadnoi Mongolii [Features of metallogeny of the Phanerozoic of Tuva and North-Western Mongolia]. *Geologiya i geofizika = Geology and geophysics*, 1999, vol. 40, no. 11, pp. 1646–1654. (In Russ.)
- Lochkovskiy L.I., Nikishin A.M., Khain V.E. *Sovremennye problemy geotektoniki i geodinamiki* [Modern problems of geotectonics and geodynamics]. Moscow, Scientific World Publ., 2004, 612 p. (In Russ.)
- Mirlin E.G., Mironov Yu.V. Rol' vikhrevogo dvizheniia v geodinamike Egeiskogo moria (na osnove sravnitel'nogo analiza s geodinamikoi kotlovinyy Vudlark) [The role of vortex motion in the geodynamics of the Aegean Sea (based on a comparative analysis with the geodynamics of the Woodlark basin)]. *Vestnik Kamchatskoy regional'noy assotsiatsii «Uchebno-nauchnyy tsentr». Seriya: Nauki o Zemle = Bulletin of the Kamchatka Regional Association “Educational and Scientific Center”*. Series: Earth Sciences, 2014, vol. 24, no. 2, pp. 173–185. (In Russ.)
- Mongush A.A., Lebedev V.I., Simonov V.A., Sugorakova A.M. Sootnoshenie ofiolitov i intruzivnykh massivov v Kaakhemskoi riftogennoi zone (Tuva) [Correlation of ophiolites and intrusive massifs in the Kaakhem rift zone (Tuva)]. Geodynamic evolution of the lithosphere of the Central Asian mobile belt (from ocean to continent): Materials of the meeting. Is. 4. In 2 vol. Irkutsk, Institute of the Earth's Crust SB RAS Publ., 2006, vol. 2, pp. 45–47. (In Russ.)
- Mongush A.A., Lebedev V.I., Kovach V.P., Salnikova E.B., Druzhkova E.K., Yakovleva S.Z., Plotkina Yu.V., Zagornaya N.Yu., Travin A.V., Serov P.A. Tektonomagmaticheskaya evolyutsiia strukturno-veshchestvennykh kompleksov Tannuol'skoy zony Tuvy v pozdnem vende – rannem kembrii (na osnove geokhimicheskikh, Nd izotopnykh i geokhronologicheskikh dannyykh) [Tectonomagmatic evolution of structural-material complexes of the Tannuola zone of Tuva in the Late Vendian-Early Cambrian (based on geochemical, Nd isotopic and geochronological data)]. *Geologiya i geofizika = Geology and Geophysics*, 2011, vol. 52, no. 5, pp. 503–516. (In Russ.)

- Mongush A.A., Sugorakova A.M. Vozrast i istochniki magm postkollizionnykh gabbroidov Kaakhemskogo magmaticheskogo areala, Vostochnaya Tuva: rezul'taty pervykh  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  i Sm-Nd issledovaniy [Age and magma sources of the post-collisional gabbroids of the Kaakhem magmatic area, Eastern Tuva: first  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  and Sm-Nd data]. *Geokhimiya = Geochemistry international*, 2013, vol. 51, no. 11, pp. 939–943. (In Russ.)
- Mongush A.A., Terleev A.A., Tokarev D.A., Druzhkova E.K. Granitoidy i izvestnyaki iz konglomeratov preddugovoy zony Tannuol'sko-Khamsarinskoy ostrovoduzhnoy sistemy (Tuva): geokhimiya, paleontologiya, korrelyatsiya [Granitoids and limestones from conglomerates of the fore arc zone of the Tannuola-Khamsara island arc system (Tuva): geochemistry, paleontology, correlation]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta = Tomsk State University Bulletin*, 2013, no. 372, pp. 184–192. (In Russ.)
- Mongush A.A. Ofiolity Zapadnogo Saiana i Zapadnoi Tuvy – avtokhtonnye komplekсы Saiano-Tuvinskoi preddugovoi zony V–C1 ostrovnoi dugi Paleoziat'skogo okeana [Ophiolites of Western Sayan and Western Tuva – autochthonous complexes of the Sayan-Tuva fore arc zone V–C1 of the island arc of the Paleosianic Ocean]. Geodynamic evolution of the lithosphere of the Central Asian Mobile Belt (from ocean to continent): Materials of the meeting. Is. 15. Irkutsk, Institute of the Earth's Crust SB RAS Publ., 2017, pp. 194–196. (In Russ.)
- Mongush A.A. Novyye dannyye o vozraste i veshchestvennom sostave Kara-Osskogo peridotit-piroksenit-gabbronoritovogo massiva (Tuva) [New data on the age and material composition of the Kara-Os peridotite-pyroxenite-gabbronorite massif (Tuva)]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia = Successes of modern natural sciences*, 2019, no. 12, pp. 108–115. (In Russ.)
- Nikitchin P.A., Shibanov V.I., Bukharov N.S., Chuchko V.N., Alexandrov G.P. *Geologicheskaya karta Tuvinskoi ASSR. Masshtab 1:500000* [Geological map of the Tuva ASSR. Scale 1:500000] / ed. by A.A. Podkamenny, M.L. Sherman. Leningrad, VSEGEI Publ., 1983. (In Russ.)
- Rudnev S.N., Vladimirov A.G., Ponomarchuk V.A., Bibikova E.V., Sergeev S.A., Matukov D.I., Plotkina Yu.V., Bayanova T.B. Kaakhemskiy polikhronnyy granitoidnyy batolit (Vostochnaya Tuva): sostav, vozrast, istochniki i geodinamicheskaya pozitsiya [Kaakhemsky polychronous granitoid batholith (Eastern Tuva): composition, age, sources and geodynamic position]. *Litosfera = Lithosphere*, 2006, no. 2, pp. 3–33. (In Russ.)
- Rudnev S.N., Mal'kovets V.G., Turkina O.M., Semenova D.V., Belousova E.A. Izotopnyy Lu-Hf sostav tsirkona i istochniki magm vend-rannepaleozoyskikh granitoidov Tuvy (na primere Kaakhemskogo i Vostochno-Tannuol'skogo batolitov) [Lu-Hf Isotope composition of zircon and magma sources of the Vendian-Early Paleozoic granitoids in Tuva (the Kaa-Khem and East Tannu-Ola batholiths case study)]. *Geologiya i geofizika = Russian Geology and Geophysics*, 2020, vol. 61, no. 10, p. 1088–1108. (In Russ.)
- Simonov V.A., Zaikov V.V., Kovyazin S.V. *Paleogeodinamicheskie usloviia razvitiia gidrotermal'nykh sistem Kyzyl-Tashtygskogo mestorozhdeniia (Vostochnaya Tuva)* [Paleogeodynamic conditions for the development of hydrothermal systems of the Kyzyl-Tashtyg deposit (Eastern Tuva)]. Metallogeny of ancient and modern oceans–99: Metallogeny of ancient and modern oceans–99: Proceedings of the 5<sup>th</sup> scientific school. Miass, IMIN UrO RAS Publ., 1999, pp. 16–23. (In Russ.)
- Simonov V.A., Zaikov V.V., Kotlyarov A.V., Terenya E.O. Petrologo-geokhimicheskiye osobennosti i paleogeodinamika kembriyskikh magmaticheskikh kompleksov Vostochnoy Tuvy [Petrologic-geochemical features and paleogeodynamics of Cambrian magmatic complexes of Eastern Tuva]. Bulletin of the Tomsk State University. Earth Sciences series (geology, geography, meteorology, geodesy). Appendix no. 3 (III), April 2003: Problems of geology and geography of Siberia: Proceedings of the scientific conference dedicated to the 125<sup>th</sup> Anniversary of the Foundation of Tomsk State University and the 70<sup>th</sup> Anniversary of the Faculty of Geology and Geography (April 02–04, 2003, Tomsk) / ed. by G.V. Mayer; scientific ed. G.B. Knyazev et al. Tomsk, Tomsk State Publishing House university, 2003, pp. 189–191 (In Russ.)
- Simonov V.A., Kotlyarov A.V., Kotov A.B. Petrologiya, geokhimiya i usloviia formirovaniia ofiolitov Tuvy [Petrology, geochemistry, and conditions of formation of ophiolites of Tuva]. Geodynamic evolution of the lithosphere of the Central Asian mobile belt (from ocean to continent): Materials of the meeting. In 2 vol. Irkutsk, Institute of the Earth's Crust SB RAS, 2009, vol. 2, pp. 80–81. (In Russ.)
- Sugorakova A.M., Yarmolyuk V.V., Lebedev V.I. Kainozoiskii vulkanizm Tuvy [Cenozoic volcanism of Tuva] / ed. by A.E. Izokh. Kyzyl, TuvIENR SB RAS, 2003, 92 p. (In Russ.)

- Sugorakova A.M., Lebedev V.I., Yarmolyuk V.V., Lykhin D.A. Pozdnepaleozoyskiy shchelochnogranitoidnyy magmatizm Tuvy i yego svyaz' s vnutriplitnymi protsessami v predelakh Sibirskogo paleokontinenta [Late Paleozoic alkali-granitic magmatism of Tuva and its relation to intraplate activity within the Siberian paleocontinent]. *Doklady Akademii nauk = Reports of the Academy of Sciences*, 2011, vol. 439, no. 2, pp. 1070–1075.
- Sugorakova A.M., Butanaev Yu.V. Kaakhemskaia riftogennaia zona (istoriia zalozheniia i razvitiia) [Kaa-Khem rift zone (history of foundation and development)]. Tuva earthquakes 2011–2012: Materials of the scientific Meeting within the Basic project of TuvIENR SB RAS VIII.78.1.4 (15–17.04.2014, Kyzyl, Russia). Kyzyl, TuvIENR SB RAS, 2014, pp. 83–85. (In Russ.)
- Taylor B., Huchon F. Active continental extension in the Western Woodlark basin: a synthesis of Leg 180 results. *Proc. ODP Sci. Results*, 2002, vol. 180, pp. 1–36. DOI: 10.2973/odp.proc.sr.180.150.2002.
- Teleshev A.E., Polyakov G.V. Veshchestvennyi sostav i petrokhimii assotsiatsii devonskikh vulkanicheskikh i plutonicheskikh porod Vostochnoi Tuvy [Material composition and petrochemistry of associations of Devonian volcanic and plutonic rocks of Eastern Tuva]. *Voprosy magmaticheskoy geologii Sibiri = Problems of magmatic geology of Siberia*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1978, is. 402, pp. 88–114. (In Russ.)
- Vladimirov V.G., Vladimirov A.G., Gibsher A.S., Travin A.V., Rudnev S.N., Shemelina I.V., Barabash N.V., Savinykh Ya.V. Model' tektono-metamorficheskoy evolyutsii Sangilena (Yugo-Vostochnaya Tuva, Tsentral'naya Aziya) kak otrazheniye rannekaledonского akkretsiionno-kollizionnogo tektogeneza [Model of tectonometamorphic evolution for the Sangilen (Southeastern Tuva, Central Asia) as a the Early Caledonian accretion-collision tectogenesis]. *Doklady Rossiyskoy akademii nauk = Reports of the Russian Academy of Sciences*, 2005, vol. 405, no. 8, pp. 1159–1165. (In Russ.)
- Zaikov V.V. *Vulkanizm i sul'fidnye kholmy paleookeanicheskikh okrain: na primere kolchedanonosnykh zon Urala i Sibiri* [Volcanism and sulfide hills of paleoceanic margins: pyrite-bearing zones of the Urals and Siberia case study]. Moscow, Nauka Publ, 2006, 429 p. (In Russ.)

## РАЗДЕЛ II ЭКОНОМИКА. СОЦИОЛОГИЯ [ECONOMICS. SOCIOLOGY]

УДК: 338.012

DOI: 10.24412/2658-4441-2023-2-49-55

А.Д. МОНГУШ

*Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл, Россия)*

### МАЛЫЙ БИЗНЕС В ПРИГРАНИЧНЫХ РАЙОНАХ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

Рассматриваются вопросы развития малого и среднего предпринимательства в Республике Тыва и её приграничных районах, проведён анализ их количества за период 2016–2022 гг. и динамика численности, приходящаяся на 1000 чел. населения. Проанализирован план выполнения программы по увеличению активности функционирования субъектов малого и среднего бизнеса в приграничных районах. Затронуты острые проблемы, тормозящие процесс их развития. На основании проведённого исследования были сформированы выводы и предложения по повышению эффективности развития малого и среднего бизнеса в приграничных районах Тувы

*Ключевые слова:* малый бизнес, приграничные районы, Республика Тыва, экономика, динамика, поддержка предпринимательства, количество субъектов малого и среднего бизнеса, развитие.

Рис. 4. Табл. 4. Библ. 9 назв. С. 49–55.

A.D. MONGUSH

*Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS (Kyzyl, Russia)*

#### **SMALL BUSINESS IN THE BORDER AREAS OF THE REPUBLIC OF TYVA**

This paper considers the development of small and medium-sized business in the Republic of Tyva and its border areas. The article analyzes the number of small and medium-sized business in the republic and in its border areas for the periods of 2016–2022. The dynamics of the number of small and medium-sized business in Tuva per 1000 people is given. The plan for the program realization for increasing the activity of the functioning of small and medium-sized business in the border areas was analyzed. The acute problems hindering the development of SMEs are touched upon. Conclusions and proposals were formed for improving the efficiency of small and medium-sized business in the border regions of Tuva on the basis of the study.

*Keywords:* small business, border regions, Tuva Republic, economics, dynamics, support for entrepreneurship, number of small and medium business, development.

Figures 4. Tables 4. References 9. C. 49–55.

В настоящее время малое и среднее предпринимательство (МСП) в Республике Тыва выступает драйвером развития экономики региона. В Постановлении Правительства Республики Тыва от 28.12.2017 г. № 597 (Об утверждении Стратегии: эл. ресурс) выделены точечные цели в развитии малого бизнеса в регионе, в частности, создание благоприятной конъюнктуры для ведения бизнеса, привлечение наибольшего числа активной молодежи в предпринимательскую сферу, создание благоприятной атмосферы для дальнейшего развития малого бизнеса в республике.

Кроме того, согласно Распоряжению Правительства Республики Тыва от 28.06.2022 № 360-з (Об утверждении состава...: эл. ресурс) малое и среднее предпринимательство получили поддержку национальных проектов региона: «Создание благоприятных условий для осуществления деятельности самозанятыми гражданами»; «Акселерация субъектов малого и среднего предпринимательства»; «Создание условий для лёгкого старта и комфортного ведения бизнеса» (Малое и среднее...: эл. ресурс).

Для достижения показателей развития малого бизнеса в регионе необходимо начать способствовать росту субъектов малого и среднего бизнеса в приграничных районах республики. Для анализа развития малого и среднего предпринимательства в приграничных территориях Тувы использованы данные официальных сайтов администраций приграничных кожуунов, Министерства экономики Республики Тыва, Федеральной налоговой службы, статистические сведения (Единый реестр ...: эл. ресурс).

Субъекты малого и среднего бизнеса в исследуемых территориях формировались с учётом развитости транспортной инфраструктуры, особенностей природно-климатического характера территорий, традиций и уклада жизни населения.

Проанализируем общую динамику развития субъектов малого и среднего предпринимательства в республике за период с 2016 по 2022 гг. (рис. 1).

На начало 2022 г. в Республике Тыва действовало 7463 единиц малого и среднего бизнеса. По отношению к 2021 г. количество субъектов малого бизнеса выросло на 9 %.



Рисунок 1. Динамика количества субъектов МСП Республики Тыва за 2016–2022 гг. (Единый реестр...: эл. ресурс)

Диаграмма показывает, что с 2016 г. фиксируется постепенное наращивание темпов роста количества субъектов малого и среднего бизнеса. Период 2016–2018 гг. стал этапом стабильного роста и развития малого и среднего бизнеса в Республике Тыва. Пик развития субъектов малого и среднего бизнеса достигается в 2018 и в 2022 гг. После 2018 г. в их развитии фиксируются динамичные волнообразные колебания как в положительную, так и в отрицательную стороны. К 2021 г. наблюдается снижение количества субъектов МСП на 157 ед., с темпом снижения 98 %. Данный показатель связан с пандемией COVID-19. 2020–2021 гг. — ошутимо-депрессивные для малого и среднего бизнеса периоды во всём мире. Пандемия не могла не коснуться и Республики Тыва. Но уже к 2022 г. количество субъектов малого и среднего бизнеса в республике возросло на 313 ед., темп роста составил 109 %, что можно объяснить активным внедрением общегосударственной программы поддержки малого и среднего бизнеса в республике.

Об эффективности развития МСП может свидетельствовать динамика численности субъектов, приходящихся на 1000 чел. Для Тувы данный показатель в период с 2016 по 2022 гг. имел тенденцию к незначительному увеличению (табл. 1).

Таблица 1. Динамика численности субъектов МСП Тувы, приходящихся на 1000 чел.

| Показатель                                 | Динамика по годам |       |       |       |       |       |       |                    |                    |
|--|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|--------------------|
|  | 2016              | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  | 2022  | 2022<br>в % к 2016 | 2022<br>в % к 2021 |
| Количество субъектов МСП на 1000 чел., ед. | 0,020             | 0,021 | 0,022 | 0,021 | 0,021 | 0,020 | 0,022 | 1,1                | 1,1                |

Примечание. Составлено автором по данным: Кожууны и города..., 2016; Статистический..., 2019; Республика Тыва..., 2022; Социально-экономическое..., 2022.

Рисунки 2 и 3 наглядно характеризуют динамику изменения численности занятых в сфере малого и среднего предпринимательства Республики Тыва как в Российской Федерации, так и в Сибирском Федеральном округе за 2019–2022 гг. (Об итогах...: эл. ресурс).

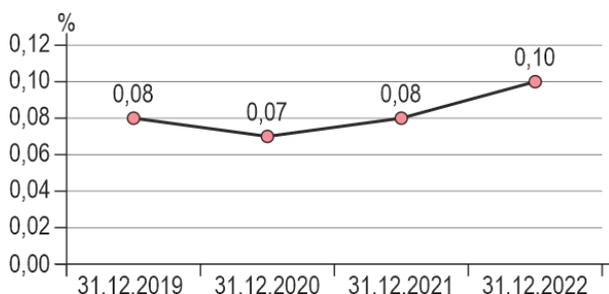


Рисунок 2. Доля численности занятых в сфере МСП Республики Тыва в РФ за 2019–2022 гг.

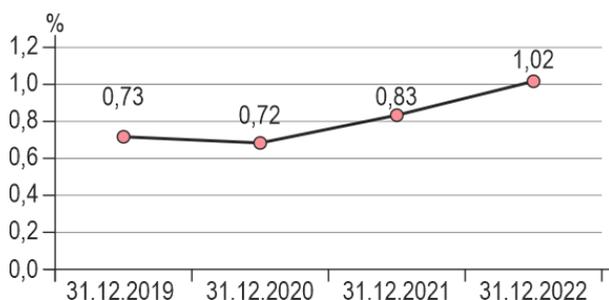


Рисунок 3. Доля численности занятых в сфере МСП Республики Тыва в СФО за 2019–2022 гг.

Доля численности занятых в сфере малого и среднего бизнеса республики незначительна, но в то же время она постепенно возрастает. Такая же динамика наблюдается и в Сибирском федеральном округе (рис. 3).

Общий прирост численности занятых в сфере МСП по Республике Тыва на начало 2023 г. составил 77 % (рис. 4). В 2022 г. прирост численности занятых в сфере малого и среднего бизнеса составил 25,9 %, по сравнению с 2021 г. численность занятых выросла на 7,4 % (Об итогах...: эл. ресурс). Положительная динамика является результатом активной работы по легализации бизнеса самозанятых.

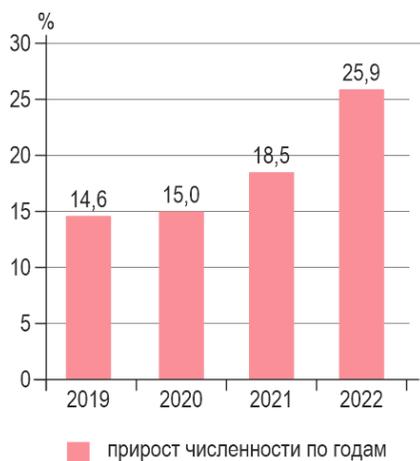


Рисунок 4. Прирост численности занятых в сфере МСП в Республике Тыва за 2019–2022 гг.

Таблица 2. Динамика количества субъектов МСП в приграничных районах Республики Тыва за 2012–2022 гг.

| Приграничные муниципальные образования | Динамика по годам |      |                 |
|--|-------------------|------|-----------------|
|  | 2012              | 2022 | 2022 в % к 2012 |
| Эрзинский                              | 80                | 162  | 202,5           |
| Тес-Хемский                            | 105               | 152  | 145,0           |
| Овюрский                               | 91                | 135  | 148,3           |
| Тере-Хольский                          | 63                | 103  | 163,4           |
| Монгун-Тайгинский                      | 30                | 47   | 157,0           |

Примечание. Составлено автором по данным: Кожууны и города..., 2016; Статистический..., 2019; Республика Тыва..., 2022; Социально-экономическое..., 2022.

Рассмотрим динамику развития малого и среднего бизнеса в приграничных районах республики.

Из данных *таблицы 2* видно, что развитие субъектов малого и среднего предпринимательства в приграничных районах Тувы неравномерно. Наилучшим образом МСП развито в Эрзинском, Тес-Хемском и Овюрском, недостаточное развитие наблюдается в Монгун-Тайгинском и Тере-Хольском кожуунах.

За десять лет в развитии субъектов малого и среднего бизнеса не произошло существенных изменений. Наблюдается незначительный рост, однако можно утверждать, что позитивные изменения в дотационном регионе фиксируются.

Также для оценки эффективности развития бизнеса проанализирована динамика численности субъектов малого и среднего бизнеса приграничных кожуунов республики, приходящихся на 1000 чел. (*табл. 3*).

Анализ динамики показывает постепенное развитие малого бизнеса в приграничных районах республики, однако, как и десять лет назад, из всех приграничных кожуунов наименьшую динамику демонстрируют Монгун-Тайгинский, Тере-Хольский кожууны. МСП наиболее активно функционируют в Тес-Хемском, Овюрском и Эрзинском районах. Несмотря на незначительные темпы улучшения в развитии малого и среднего бизнеса в исследуемых районах республики наблюдается отрицательный тренд. Основными причинами являются труднодоступность региона, неразвитость

транспортной инфраструктуры, сокращение платёжеспособности населения, низкая плотность населения в некоторых районах и др.

Таблица 3. Динамика численности субъектов МСП приграничных районов Республики Тыва, приходящихся на 1000 чел.

| Приграничные муниципальные образования | Динамика по годам |       |                    |
|--|-------------------|-------|--------------------|
|  | 2012              | 2022  | 2022<br>в % к 2012 |
| Эрзинский                              | 0,009             | 0,019 | 211,1              |
| Тес-Хемский                            | 0,012             | 0,017 | 142,0              |
| Овюрский                               | 0,013             | 0,018 | 138,5              |
| Тере-Хольский                          | 0,034             | 0,053 | 156,0              |
| Монгун-Тайгинский                      | 0,005             | 0,008 | 160,0              |

Примечание. Составлено автором по данным: Кожууны и города..., 2016; Статистический..., 2019; Республика Тыва..., 2022; Социально-экономическое..., 2022.

О неравномерном и депрессивном развитии малого и среднего бизнеса в исследуемых кожуунах республики также говорит и анализ Министерства экономического развития Республики Тыва плана увеличения количества субъектов малого и среднего предпринимательства (табл. 4). Согласно данным анализа повышения количества субъектов малого и среднего предпринимательства на начало 2023 г. прирост малого бизнеса по всей республике составил 107,9 %, что подтверждает выполнение плана. По исследуемым же приграничным районам план не выполнен.

Таблица 4. План увеличения количества субъектов МСП в приграничных районах Республики Тыва (Малое и среднее...: эл. ресурс)

| № п/п | Приграничные муниципальные образования | Базовое значение на 10.01.2022 | План на: |            |         |                |           |
|-------|--|--------------------------------|----------|------------|---------|----------------|-----------|
|       |  |                                | 2022     | 10.01.2023 |         |                |           |
|       |  | единиц                         | единиц   | единиц     | доля, % | % к 10.01.2022 | % к плану |
|       | Республика Тыва                        | 7463                           | 7914     | 8051       | 10      | 107,9          | 101,7     |
| 1     | Эрзинский                              | 162                            | 172      | 161        | 2       | 99,4           | 93,6      |
| 2     | Овюрский                               | 135                            | 143      | 142        | 2       | 105,2          | 99,3      |
| 3     | Тес-Хемский                            | 152                            | 161      | 168        | 2       | 110,5          | 104,3     |
| 4     | Тере-Хольский                          | 47                             | 50       | 44         | 1       | 93,6           | 88,0      |
| 5     | Монгун-Тайгинский                      | 103                            | 109      | 108        | 1       | 104,9          | 99,1      |

Из таблицы 4 видно, что в Эрзинском кожууне план не выполнен на 6,4 %, в Овюрском на 0,7 %, Монгун-Тайгинском на 0,9 %, а в Тере-Хольском на 12 %. Выполнение плана зафиксировано лишь в Тес-Хемском кожууне.

#### Выводы:

1. Необходимо отметить, что в целом как по Республике Тыва, так и в её приграничных районах наблюдается положительная динамика роста количества субъектов малого и среднего бизнеса. Об этом также свидетельствует анализ динамики численности занятых в сфере МСП. Однако в республике наблюдается отставание среднероссийских показателей.
2. Существует ряд проблем, сдерживающих процесс развития малого и среднего бизнеса. Самые острые из них связаны с неразвитой транспортной инфраструктурой, высокими тарифами на электроэнергию, на аренду помещения, недоста-

точным количеством бизнес-центров, недостаточной платёжеспособностью населения и др.

3. В настоящее время государством принимается ряд мер по созданию условий для развития малого бизнеса, в том числе в долгосрочной перспективе.
4. Предлагается усилить деятельность по созданию новых бизнес-центров, организации большего количества ярмарок, выставок, устранению организационных и административных барьеров. Кроме того, необходимо привлекать как можно больше молодёжи в сферу МСП, проводить обучение предпринимательским навыкам, консультации по налогообложению, финансовой грамотности и др.

Несмотря на положительную тенденцию развития, малый бизнес в республике и ряде её приграничных территорий нуждается во всестороннем содействии и в дальнейшем совершенствовании поддержки на государственном уровне и уровне местного самоуправления.

## ЛИТЕРАТУРА

*Об утверждении* Стратегии развития малого и среднего предпринимательства в Республике Тыва на период до 2030 года: Постановление Прав. Респ. Тыва от 28.12.2017 № 597 (с изменениями на 31 января 2022 года) [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/446625826>, свободный (дата обращения: 19.02.2023).

*Об утверждении* состава рабочей группы по реализации национального проекта «Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы» на территории Республики Тыва и целевых показателей на 2022–2024 годы: Распоряжение Прав. Респ. Тыва от 28.06.2022 № 360-з [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/405138429/>, свободный.

*Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы: Нацпроект* // Официальный сайт Министерства экономики Респ. Тыва [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [http://mert.tuva.ru/directions/project\\_management/national\\_project](http://mert.tuva.ru/directions/project_management/national_project), свободный (дата обращения: 26.02.2023).

*Единый реестр субъектов малого и среднего бизнеса* // Официальный сайт Федеральной налоговой службы [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://rmsp.nalog.ru/statistics.html?statDate=&level=0&fo=7&ssrf=17> (дата обращения: 28.02.2023).

*Об итогах* развития предпринимательства и реализации национальных проектов за 2022 год: Отчет министерства экономического развития и промышленности Респ. Тыва // Официальный сайт [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://mert-tuva.ru/chislennost-zanyatyh-v-sfere-malogo-i-srednego-predprinimatelstva-v-respublike-tyva-vklyuchaya-individualnyh-predprinimatelej>, свободный.

*Кожууны и города* Республики Тыва: Стат. сб. – Кызыл: Тывастат, 2016. – 309 с.

*Республика Тыва в цифрах. 2021*: Стат. сб. – Красноярск: Красноярскстат, 2022. – 173 с.

*Статистический ежегодник* Республики Тыва: 2019. Стат. сб. – Кызыл, 2019. – 425 с.

*Социально-экономическое положение* Республики Тыва в 2022 году: Доклад № 1.37.2РТ [Электрон. ресурс]. – Кызыл, 2023. – 91 с. – Режим доступа: <https://24.rosstat.gov.ru/folder/45813>, свободный.

## REFERENCES

*Kozhuuny` i goroda Respubliki Tyva* [Kozhuuns and cities of the Republic of Tyva]: Statistical book. Kyzyl, Tyvastat Publ., 2016, 309 p. (In Russ.)

*Maloye i sredneye predprinimatel'stvo i podderzhka individual'noy predprinimatel'skoy initsiativy* [Small and medium-sized businesses and support for individual entrepreneurial initiative: National project]. Official website of the Ministry of Economy of the Republic of Tyva. Available at: [http://mert.tuva.ru/directions/project\\_management/national\\_project](http://mert.tuva.ru/directions/project_management/national_project). (date of access: 02.02.2023). (In Russ)

*Ob itogakh razvitiya predprinimatel'stva i realizatsii natsional'nykh proyektov za 2022 god* [The results of the development of entrepreneurship and the implementation of national projects for 2022]: Report of the Ministry of Economic Development and Industry of the Republic of Tyva. Available at: <https://mert-tuva.ru/chislennost-zanyatyh-v-sfere-malogo-i-srednego-predprinimatelstva-v-respublike-tyva-vklyuchaya-individualnyh-predprinimatelej>. (In Russ)

- Ob utverzhenii sostava rabochey gruppy po realizatsii natsional'nogo proyekta «Maloye i sredneye predprinimatel'stvo i podderzhka individual'noy predprinimatel'skoy initsiativy» na territorii Respubliki Tyva i tselevykh pokazateley na 2022–2024 gody* [Adoption of the working group for the realization of the national project «Small and medium-sized businesses and support for individual entrepreneurial initiative» in the Republic of Tyva and targets for 2022–2024]: Order of the Republic of Tyva dated 06/28/2022 No. 360-z. Available at: <https://base.garant.ru/405138429/>. (In Russ)
- Ob utverzhenii Strategii razvitiya malogo i srednego predprinimatel'stva v Respublike Tyva na period do 2030 goda* [Adoption of the Strategy for the development of small and medium-sized businesses in the Republic of Tyva for the period up to 2030]: Decree of the Government of the Republic of Tyva dated December 28, 2017 no. 597 (as amended on January 31. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/446625826>. (In Russ)
- Respublika Tyva v tsifrakh. 2021* [Republic of Tuva in numbers. 2021]: Statistical collection. Krasnoyarsk, Krasnoyarskstat Publ., 2022, 173 p. (In Russ.)
- Sotsial'no-ekonomicheskoye polozheniye Respubliki Tyva v 2022 godu* [Social-economic situation of the Republic of Tyva in 2022]: Report no. 1.37.2RT. Kyzyl, Krasnoyarskstat Publ., 2023, 91 p. Available at: <https://24.rosstat.gov.ru/folder/45813>. (In Russ.)
- Statisticheskyy yezhegodnik Respubliki Tyva. 2019* [Statistical Yearbook of the Republic of Tyva. 2019]: Statistical compendium. Kyzyl, Krasnoyarskstat Publ., 2019, 425 p. (In Russ.)
- Yedinyy reyestr sub"yektov malogo i srednego biznesa* [Unified register of small and medium-sized businesses]. Official website of the Federal Tax Service. Available at: <https://rmsp.nalog.ru/statistics.html?statDate=&level=0&fo=7&ssrf>. (date of access: 28.02.2023). (In Russ)

# РАЗДЕЛ III

## ЭКОЛОГИЯ. БИОРАЗНООБРАЗИЕ

### [ECOLOGY. BIODIVERSITY]

УДК: 598.241.3

DOI: 10.24412/2658-4441-2023-2-56-63

Т.П. АРЧИМАЕВА<sup>1, 2</sup>, С.С. ЧОРГААР<sup>2</sup>,  
Д.К. БАЛБАН-ООЛ<sup>2</sup>, С.А. СААЯ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл, Россия)

<sup>2</sup> Государственный природный биосферный заповедник «Убсунурская котловина»  
(Кызыл, Россия)

### **ДЖЕК *Chlamydotis macqueenii* И ДРОФА *Otis tarda dybowskii* В ТУВЕ: ИСТОРИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В статье кратко освещена история наблюдений и изменение численности в Туве птиц отряда Дрофообразные — дрофы *Otis tarda dybowskii* и джека *Chlamydotis macqueenii* с конца XIX до начала XXI вв. Представлены некоторые результаты сотрудничества между заповедником «Убсунурская котловина» и Тувинским институтом комплексного освоения природных ресурсов СО РАН. Отсчёт нового этапа в изучении дроф в Туве начат в 2019 г., когда к исследованиям подключился Международный фонд сохранения дрофы (джека) (Объединённые Арабские Эмираты, Абу-Даби). Применение разработанной Фондом методики поиска дроф с использованием высококлассного оптического оборудования, консультации специалистов и совместные полевые работы принесли свои результаты: опробована и утверждена сеть точек наблюдений для ведения регулярного мониторинга как в Тувинской части Убсунурской котловины, так и в пределах Монголии, в 2019 г. в весенний период зафиксированы встречи 15 особей, в 2021 — 20 особей, в 2022 году в мае — более 51 особи, а в октябре 59 особей большой дрофы.

В процессе этих исследований ни одного джека обнаружено не было. Надежду на восстановление джека даёт только выпуск в природу партии дроф-красоток, выращенных в одном из специализированных питомников, что предусмотрено соглашением, заключённым заповедником и Фондом.

**Ключевые слова:** дрофа восточного подвида, джек, Тува, Убсунурская котловина, заповедник «Убсунурская котловина», Международный фонд охраны дрофы, сотрудничество.

Рис. 2. Фото 3. Библ. 17 назв. С. 56–63.

T.P. ARCHIMAEVA<sup>1, 2</sup>, S.S. CHORGAAR<sup>2</sup>,  
D.K. BALBAN-OOL<sup>2</sup>, S.A. SAAYA<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Tuvian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS (Kyzyl, Russia)

<sup>1</sup> State Nature Biosphere Reserve «Ubsunurskaya kotlovina» (Kyzyl, Russia)

**HOUBARA *Chlamydotis macqueenii*  
AND GREAT BUSTARD *Otis tarda dybowskii***

**IN TUVA: HISTORY AND RESULTS OF EXPLORATORY RESEARCH**

The article briefly covers the history of observations and changes in the number of birds in Tuva of the order Otidiformes – Great bustards *Otis tarda dybowskii* and Houbara *Chlamydotis macqueenii* from the late XIX to the beginning of the XXI centuries. Some results of cooperation between State Nature Biosphere Reserve “Ubsunurskaya kotlovina” and Tuvian Institute for Exploration of Natural Resources of Siberian Branch of RAS are presented. The countdown of a new stage in the study of bustards in Tuva began in 2019, when the International Fund For Houbara Conservation, (United Arab Emirates, Abu Dhabi) joined the research. The application of the bustard search methodology developed by the Foundation using high-class optical equipment, expert consultations and joint field work have yielded results: a network of observation points has been tested and approved for regular monitoring both in the Tuva part of the Uvs-Nuur basin and within Mongolia, in 2019, meetings of 15 birds were recorded in the spring period, in 2021 — 20 individuals, in 2022 in May — more than 51 individuals, and in October 59 individuals of the Great bustard.

In the course of these studies, not a single Houbara was found. Hope for Houbara recovery is given only by the release into nature of a batch of bustards-beauties grown in one of the specialized nurseries, which is provided for by the agreement concluded by the reserve and the Foundation.

**Keywords:** Great Bustard *Otis tarda dybowskii*, Houbara *Chlamydotis macqueenii*, Tuva, Uvs-Nuur basin, State Nature Biosphere Reserve «Ubsunurskaya kotlovina», International Fund For Houbara Conservation, cooperation.

Figures 2. Photos 3. References 17. P. 56–63.

Сведения об обитании на территории Республики Тыва дрофы восточного подвида *Otis tarda dybowskii* появились в результате работ первых комплексных экспедиций Г.Н. Потанина (1883), Г.Е. Грумм-Гржимайло (1914) и исследователей Центральной Азии В.А. Ошуркова (1906), В.И. Дорогостайского (1908), П.В. Нестерова (1909), П.П. Сушкина (1914, 1938), А.Я. Тугаринова (1915, 1916) и др. По их данным, дрофа в Туве была самым обычным видом, населяющим степные пространства Тувинской и Убсунурской котловин. Такое состояние местных популяций сохранялось почти до 1945–1946 гг., когда Туву посетили несколько исследовательских экспедиций и началось интенсивное сельскохозяйственное освоение Тувы. С этого момента из-за массовой бесконтрольной охоты и трансформации основных мест обитания численность дроф стала быстро сокращаться. По данным В.И. Забелина в Туве в 1971 г. популяция дрофы насчитывала порядка 200 пар. К концу 1980-х годов, на запрет охоты, численность восточного подвида дрофы сократилась катастрофически и составила по материалам Т.С. Пономарёвой (1986) не более 200 особей в пределах всего гнездового ареала.

Первое наблюдение джека (дрофы-красотки или малой дрофы) *Chlamydotis macqueenii* в Туве зафиксировано в 1947 г. А.И. Янушевичем (1952), птица с птенцами впервые встречена в 1957 г. (Спаский, Сонин, 1959). С этого периода и до начала XXI в. вид в Туве был редким, а в последние два десятилетия известны лишь единичные встречи в Убсунурской котловине. В пределах всего ареала количество его стало заметно сокращаться с 1950-х гг., и к 1970 г. джек стал очень редкой, спорадично распространённой птицей. Основной причиной сокращения численности джека является охота на птиц на миграционном пути и в местах зимовки в странах юга Азиатского континента.

Вопросами изучения и сохранения популяций двух редких видов — дрофы и дрофы-красотки (джека) научные сотрудники заповедника «Убсунурская котловина» и

Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов СО РАН занимаются в течение продолжительного времени (Забелин, Озерская, 2006, Забелин и др., 2012; Арчимаева и др., 2013; Арчимаева и др., 2015). В конце XX – начале XXI вв. дрофа восточного подвида регулярно встречалась в различных районах Убсунурской котловины, а в Центрально-Тувинской в 2007 г. был найден выводок молодых ещё не летающих дроф. Численность популяции, заметно упавшая к концу XX в., в начале XXI по нашим данным стабилизировалась и даже немного возросла, но джек оставался крайне редким — известны лишь единичные встречи, последняя из которых датирована 2005 годом. В последующие 16 лет проведены несколько экспедиций по целенаправленному поиску и учёту птиц обоих видов. Во время одной из последних в октябре 2012 г. были учтены всего 20 птиц восточной дрофы, но джек найден не был. По итогам многолетних наблюдений оба вида внесены в Красную книгу Республики Тыва со статусом 1 (CR) — находящийся под угрозой исчезновения вид (Забелин, 2019 а, б), в Красную книгу РФ с 2021 г. также со статусом 1 — подвид, находящийся под угрозой исчезновения; И — исчезающий (в России по шкале МСОП–EN A3bc, C2a(i); в Красном списке МСОП — VU A3cd+4cd (для вида в целом)); I приоритет природоохранных мер.

В конце второго десятилетия XXI века благодаря усилиям Диинмея Кадырооловича Балбан-оола, ныне являющегося директором заповедника «Убсунурская котловина» в изучении тувинских популяций дроф наступил новый этап. В 2019 г. к поиску и изучению дроф в Туве, в первую очередь джека, подключился Международный фонд охраны дрофы (International Fund For Houbara Conservation, Объединённые Арабские Эмираты, Абу-Даби) (рис. 1), являющийся мировым лидером в области восстановления и сохранения численности дрофы-красотки.



Рисунок 1. Участники Соглашения о сотрудничестве в области изучения и сохранения популяций азиатской дрофы-красотки и большой дрофы в заповеднике «Убсунурская котловина»



Фото 1. Брачное поведение дроф (фото М. Вершинина)

В мае 2019 г. был проведён первый этап работ по поиску дрофы-красотки с применением разработанной Фондом методики совместно со специалистами компании Reneco International Wildlife Consultants, LLC («Ренеко») Седриком Ферла (Cedric Ferlat), Ивом Айнгра (Yves Hingrat) (рис. 2).

«Ренеко» — это консультационная компания, которая обеспечивает работу экологических и природоохранных проектов в Северной Африке, на Ближнем Востоке и в Центральной Азии, действующая под патронажем Международного фонда охраны дрофы. К сожалению, поиск оказался безрезультатным — дрофа-красотка не была найдена, но степи и полупустыни Убсунурской котловины были оценены специалистами как оптимальные для её обитания. Попутно этой экспедицией были встречены 15 особей дрофы восточного подвида.

К сожалению, работы в этом направлении были прерваны карантинными мероприятиями, связанными с пандемией COVID-19. Однако, в 2021 г. заповедник своими силами и средствами продолжил поиски джека и учёты дрофы восточного подвида. Были найдены 20 особей восточной дрофы, поиски джека не принесли положительных результатов. Всего за две экспедиции было пройдено около 2000 км маршрутов (рис. 3).

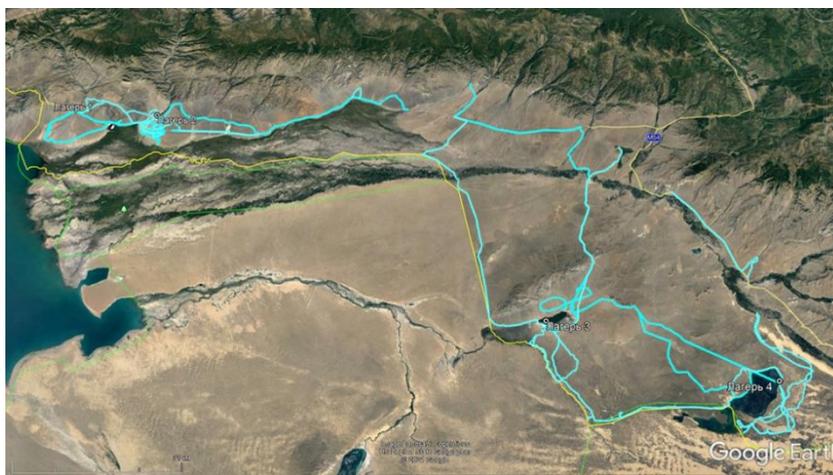


Рисунок 2. Сетка трекв, пройденных экспедицией по поиску дроф в 2021 г.

В итоге было принято решение продолжить сотрудничество, целью которого является разработка эффективной стратегии охраны обоих видов и среды их обитания в Туве. В его рамках была запланирована реинтродукция, т. е. выпуск в природу партии джеков, выращенных в одном из питомников, работающих под патронажем Фонда, а также изучение состояния популяции и путей миграции восточной дрофы. В 2022 г. сторонами было подписано Соглашение о сотрудничестве в области изучения и сохранения популяций азиатской дрофы-красотки и большой дрофы в заповеднике «Убсунурская котловина» на пятилетний срок, предполагавшее обмен опытом, обучение сотрудников заповедника методике ведения наблюдений, регулярные совместные полевые исследования на территории Убсунурской котловины.

В апреле 2022 г. в рамках Соглашения о сотрудничестве научные сотрудники заповедника и Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов СО РАН посетили питомник «Ренеко» по воспроизводству дрофы-красотки в Казахстане. Во время пребывания в питомнике они ознакомились с полным циклом её выращивания в неволе, а также изучили разработанную специалистами фонда методику поиска и наблюдения диких птиц и их гнёзд в естественной для них среде в Голодной степи (Бетпак-Дала).

Позже, во второй половине мая были возобновлены полевые работы, направленные на поиск и обследование участков обитания или пребывания восточной

дрофы и джека в Туве. Снова тщательно обследованы степи и полупустыни днища Убсунурской котловины в пределах территории РФ. Работы выполнялись научными сотрудниками заповедника, к которым по приглашению заповедника присоединился заместитель директора по научной работе государственного природного заповедника «Азас», орнитолог Д.Н. Карташов (рис. 4). Также для координации работ в Туву прибыли специалисты компании Reneco International Wildlife Consultants, LLC («Ренекко») Максим Лубон (Maxime Loubon, Франция) и Эдуард Монгин (Беларусь). Фондом в заповедник было передано современное высококлассное оптическое оборудование производства компании Swarovski Optik, трекеры для мечения дроф.

В качестве основного метода поиска дроф использовался точечный метод учёта птиц по сети точек, разбитой по всей территории днища котловины по квадратам 5×5 км. В каждой точке в течение 20 минут производился круговой обзор местности. Место обнаружения каждой птицы или группы птиц фиксировалось при помощи GPS-навигаторов с указанием расстояния от точки наблюдения и заносилось в протокол.

В результате применения методики были определены оптимальные точки наблюдения и утверждена сеть точек для весенних и осенних учётов птиц, что позволит на систематической основе вести многолетние наблюдения за состоянием популяции дроф в Убсунурии. Применение данной методики дало хорошие результаты: в процессе обследования котловины наблюдатели зафиксировали более 50 особей восточной дрофы (рис. 5), концентрировавшихся в трёх обширных локациях на территории днища котловины.



Фото 2. Работа в точке наблюдения  
(Н.Д. Карташов и О.О. Сарыглар,  
Заповедник «Азас»)



Фото 3. Дрофы, молодые самцы

В октябре 2022 г., когда дрофы собирались в предотлётные стаи, команда сотрудников заповедника «Убсунурская котловина» провела совместные с заповедником «Увс-Нуур» (Монголия) поиски дроф на монгольской части Убсунурской котловины. Полевые работы охватывали степные участки вокруг оз. Убсу-Нур до северных предгорий хр. Хан-Хухий. Были встречены две группы больших дроф, кормившихся на скошенных полях овса, общей численностью 58 птиц. Полученные в 2022 г. результаты вселяют надежды на сохранение этого вида в Убсунурской котловине, но для этого необходимо не только продолжать ежегодные мониторинговые работы, но и разработать комплекс совместных с монгольскими коллегами мер по охране вида.

Следующим этапом проекта планируется проведение работ по оценке генетической структуры популяции восточного подвида дрофы в Убсунурской котловине, отлов и мечение восточных дроф трекерами для отслеживания направлений их миграций и мест зимовок птиц.

По второму виду (джеку или малой дрофе) ситуация в настоящее время более чем печальная. Ни одной птицы этого вида за весь период исследований 2019–

2022 г. обнаружить не удалось, вероятно, его следует считать окончательно исчезнувшим из списка фауны Тувы. Надежду на восстановление джека даёт только выпуск в природу партии дроф-красоток, выращенных в одном из специализированных питомников, что и запланировано Соглашением с Международным фондом охраны дрофы (джека). К сожалению, современная политическая обстановка накладывает свои ограничения на планы сотрудничества с Фондом в ближайшей перспективе, однако, совместные работы заповедника «Убсунурская котловина» и Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов несомненно должны и будут продолжены.

## ЛИТЕРАТУРА

- Арчимаева Т.П., Забелин В.И., Горева Н.А. Сохранение популяций восточного подвида дрофы *Otis tarda* и дрофы-красотки *Hlamidotis undulate* — насущная задача заповедника «Убсунурская котловина» // Сохранение биоразнообразия Алтае-Саянского экорегиона: изучение, охрана в системе ООПТ: Материалы межрег. науч.-практ. конф. (27.06–01.07.2013, Кызыл). – Кызыл, 2013. – С. 121–125.
- Арчимаева Т.П., Забелин В.И., Горева Н.А. Современное состояние и вопросы охраны дрофы *Otis tarda* в Туве // Вестн. ТувГУ. № 2 (25): Естеств. и с./х. науки. – Кызыл: ТувГУ, 2015. – С. 74–81.
- Грум-Гржимайло Г.Е. Западная Монголия и Урянхайский край. Т. I: Описание природы этих стран. – СПб., 1914 (2013). – 569 с.
- Дорогостайский В.Ч. Поездка в Северо-Западную Монголию (краткий отчёт о путешествии, совершённом летом 1907 г. по поручению ИРГО) // Изв. ИРГО. – 1908. – Т. XLIV, вып. V. – С. 235–246.
- Забелин В.И., Озерская Т.П. Ведение мониторинга видов животных, занесённых в Красную книгу России на территории Республики Тыва. Раздел: данные о популяции дрофы на территории Республики Тыва: Отч. о НИР. – Кызыл, 2006. – 24 с. (рукопись)
- Забелин В.И., Арчимаева Т.П., Горева Н.А. Изучение состояния популяции дрофы *Otis tarda dybowskii* на территории Тувы в 2012 г.: Отч. о НИР. – Кызыл, 2012. – 6 с. (рукопись)
- Забелин В.И. Дрофа (восточносибирский подвиd) // Красная книга Республики Тыва (животные, растения, грибы). 2-е изд., перераб. / Отв. ред. С.О. Ондар, Д.Н. Шауло. – Воронеж, 2019 а. – С. 104–105.
- Забелин В.И. Дрофа-красотка (джек) // Красная книга Республики Тыва (животные, растения, грибы). 2-е изд., перераб. / Отв. ред. С.О. Ондар, Д.Н. Шауло. – Воронеж, 2019 б. – С. 106–107.
- Нестеров П.В. Материалы для орнитологической фауны Минусинского края и Урянхайской Земли // Тр. Петербургского о-ва естествоиспытателей. – 1909. – Т. XL, вып. 2. – С. 97–190.
- Ошурков В.А. Записки Красноярского подотдела Восточно-Сибирского отдела императорского Русского географического общества (по физической географии). Т. 1, вып. 1: Отчёт о поездке, совершённой летом 1902 г. в Западные Саяны и западную часть хребта Танну-Ола. – Красноярск: Тип. А.В. Орлова, 1906. – 184 с.
- Потанин Г.Н. Очерки Северо-Западной Монголии. Результаты путешествия, исполненного в 1879–1880 гг. по поручению Русского геогр. о-ва: Вып. III. – СПб.: Изд-во РГО, 1883. – 372 с.
- Спаский А.А., Сонин М.Д. К орнитофауне Тувинской автономной области // Орнитология. – 1959. – Вып. 2. – С. 184–187.
- Сушкин П.П. Материалы к познанию фауны и флоры Российской Империи. Отдел Зоологический. Вып. XIII: Птицы Минусинского края, Западного Саяна и Урянхайской земли. – М., 1914. – 551 с.
- Сушкин П.П. Птицы Советского Алтая и прилежащих частей Северо-Западной Монголии. В 2 т. – М.: Изд-во АН СССР, 1938. – Т. I. – 317 с.; Т. II. – 435 с.
- Тугаринов А.Я. К орнитофауне Минусинского уезда и Восточного Урянхья // Орнитологический вестн. – 1915. – № 1. – С. 59–65.
- Тугаринов А.Я. Материалы для орнитофауны Северо-Западной Монголии (хребет Танну-Ола, озеро Усуа-Нор) // Орнитологический вестн. – 1916. – № 2. – С. 77–90; № 3. – С. 140–154.

## REFERENCES

- Archimaeva T.P., Zabelin V.I., Goreva N.A. Sohranenie populyacij vostochnogo podvida drofy *Otis tarda* i drofy-krasotki *Hlamidotis undulata* — nasushchnaya zadacha zapovednika «Ubsunurskaya kotlovina» [Conservation of populations of the eastern subspecies of bustard *Otis tarda* and beauty bustard *Hlamidotis undulata* is an urgent task of the reserve «Ubsunur basin»]. *Sohranenie bioraznoobraziya Altae-Sayanskogo ekoregiona: izuchenie, ohrana v sisteme OOPT* [Conservation of biodiversity of the Altai-Sayan ecoregion: study, protection in the system of protected areas]: Proceedings of the interregional scientific and practical conference (27.06–01.07.2013, Kyzyl). Kyzyl, 2013, pp. 121–125. (In Russ.)
- Archimaeva T.P., Zabelin V.I., Goreva N.A. Sovremennoe sostoyanie i voprosy ohrany drofy *Otis tarda* v Tuve [The current state and issues of protection of the bustard *Otis tarda* in Tuva]. *Vestnik Tuvinskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Tuva State University*, no. 2 (25): Natural and agricultural sciences. Kyzyl, 2015, pp. 74–81. (In Russ.)
- Dorogostaysky V.Ch. Poezdka v Severo-Zapadnyu Mongoliyu (kratkij otchet o puteshestvii, sovershennom letom 1907 g. po porucheniyu IRGO) [A trip to North-Western Mongolia (a brief report of a trip made in summer of 1907 on behalf of IRGO)]. *Izvestiya IRGO = News of the Russian Geographical Society*, 1908, vol. XLIV, is. V, pp. 235–246. (In Russ.)
- Grum-Grzhimailo G.E. *Zapadnaya Mongoliya i Uryanhajskij kraj. Tom I: Opisanie prirody etih stran* [Western Mongolia and Uryankhai region. Vol. I: Description of the nature of these countries]. St. Petersburg, 1914, 569 p. (In Russ.)
- Nesterov P.V. Materialy dlya ornitologicheskoy fauny Minusinskogo kraja i Uryanhajskoj Zemli [Materials for the ornithological fauna of the Minusinsk region and the Uryankhai Land]. *Trudy Peterburgskogo obshchestva yestestvoispytateley = Proceedings of the Petersburg Society of Naturalists*, 1909, vol. XL, is. 2, pp. 97–190. (In Russ.)
- Oshchurkov V.A. *Zapiski Krasnoyarskogo podotdela Vostochno-Sibirskogo otdela imperatorskogo Russkogo geograficheskogo obshchestva (po fizicheskoy geografii)* [Notes of the Krasnoyarsk subdepartment of the East Siberian Department of the Imperial Russian Geographical Society (on physical geography)], vol. 1, is. 1: Report on a trip to the Western Sayan Mountains and the western part of the Tannu-Ola ridge in summer of 1902. Krasnoyarsk, Printing house A.V. Orlova, 1906, 184 p. (In Russ.)
- Potarin G.N. *Ocherki Severo-Zapadnoy Mongolii. Rezul'taty puteshestviya, ispolnennogo v 1879–1880 gg. po porucheniyu Russkogo geograficheskogo obshchestva: vypusk III* [Essays on North-western Mongolia. The results of a journey carried out in 1879–1880. on behalf of the Russian Geographical Society: is. III]. St. Petersburg, Publishing House of the Russian Geographical Society, 1883, 372 p. (In Russ.)
- Spassky A.A., Sonin M.D. K ornitofaune Tuvinskoy avtonomnoy oblasti [The avifauna of Tuva Autonomous Region]. *Ornitologiya = Ornithology*, 1959, is. 2, pp. 184–187. (In Russ.)
- Sushkin P.P. *Materialy k poznaniyu fauny i flory Rossiyskoy Imperii. Otdel Zoologicheskij. Vypusk XIII: Ptitsy Minusinskogo kraja, Zapadnogo Sayana i Uryankhayskoy zemli* [Materials for the fauna and flora of the Russian Empire. Department Zoological. Issue XIII: Birds of the Minusinsk Territory, the Western Sayan and the Uryankhai Land]. Moscow, 1914, 551 p. (In Russ.)
- Sushkin P.P. *Pticy Sovetskogo Altaya i prilezhashchih chastej Severo-Zapadnoj Mongolii* [Birds of the Soviet Altai and adjacent parts of Northwestern Mongolia]: in 2 vol. Moscow, Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1938, vol. I, 317 p.; vol. II, 435 p. (In Russ.)
- Tugarinov A.Ya. K ornitofaune Minusinskogo uезда i Vostochnogo Uryanhaya [The ornithofauna of Minusinsk district and Eastern Uryankhai]. *Ornitologicheskij vestnik = Ornithological Bulletin*, 1915, no. 1, pp. 59–65. (In Russ.)
- Tugarinov A.Ya. Materialy dlya ornitofauny Severo-Zapadnoj Mongolii (hrebet Tannu-Ola, ozero Usua-Nor) [Materials for the ornithofauna of Northwestern Mongolia (Tannu-Ola ridge, Lake Usua-Nor)]. *Ornitologicheskij vestnik = Ornithological Bulletin*, 1916, no. 2, pp. 77–90; no. 3, pp. 140–154. (In Russ.)
- Yanushevich A.I. *Fauna pozvonochnykh zhivotnykh Tuviskoj oblasti* [Fauna of vertebrates Tuva region]. Novosibirsk, Publishing house of the West Siberian branch of the Academy of Sciences of the USSR, 1952, 143 p. (In Russ.)

- Zabelin V.I., Ozerskaya T.P. *Vedenie monitoringa vidov zhivotnyh, zanesennyh v Krasnuyu knigu Rossii na territorii Respubliki Tyva. Razdel: dannye o populyacii drofy na territorii Respubliki Tyva* [Monitoring of animal species listed in the Red Book of Russia on the territory of the Republic of Tyva. Section: data on bustard population on the territory of the Republic of Tyva]. *Otchet o NIR* [Research report]. Kyzyl, 2006, 24 p. (manuscript). (In Russ.)
- Zabelin V.I., Archimaeva T.P., Goreva N.A. *Izucheniye sostoyaniya populyacii drofy Otis tarda dybowskii na territorii Tuvy v 2012 g.* [Study of *Otis tarda dybowskii* bustard population status of on the territory of Tuva in 2012]. *Otchet o NIR* [Research Report]. Kyzyl, 2012, 6 p. (manuscript). (In Russ.)
- Zabelin V.I. *Drofa (vostochnosibirskij podvid)* [Bustard (East Siberian subspecies)]. *Krasnaya kniga Respubliki Tyva (zhivotnye, rasteniya, griby)* [Red Book of the Republic of Tuva (animals, plants, fungi)]. 2nd edition, revised / ed. by S.O. Ondar, D.N. Shaulo. Voronezh, 2019 a, pp. 104–105. (In Russ.)
- Zabelin V.I. *Drofa-krasotka (dzhek)* [Bustard-beauty (jack)]. *Krasnaya kniga Respubliki Tyva (zhivotnye, rasteniya, griby)* [Red Book of the Republic of Tuva (animals, plants, fungi)]. 2nd edition, revised / ed. by S.O. Ondar, D.N. Shaulo. Voronezh, 2019 b, pp. 106–107. (In Russ.)

# РАЗДЕЛ IV

## ТЕХНОЛОГИИ. ХИМИЯ И ФИЗИКА МАТЕРИАЛОВ

### [TECHNOLOGY. CHEMISTRY AND PHYSICS OF MATERIALS]

УДК: 662.74

DOI: 10.24412/2658-4441-2023-2-64-67

К.К. ЧУЛЬДУМ, М.П. КУЛИКОВА

*Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл, Россия)*

## РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ ТУВИНСКИХ УГЛЕЙ

Рассмотрены обогащение угля флотацией, перспективные флотационные технологии, используемые на обогатительных фабриках в России и за рубежом. Разработан лабораторный стенд флотационного обогащения тувинских углей для поиска путей понижения основности коксующихся углей Улуг-Хемского бассейна и подбора эффективных технологий по повышению качества угля.

*Ключевые слова:* уголь, флотация, установка, реагентный режим.

Рис. 2. Библ. 7 назв. С. 64–67.

K.K. CHULDUM, M.P. KULIKOVA

*Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS (Kyzyl, Russia)*

### DEVELOPMENT OF A LABORATORY UNIT FOR FLOTATION OF TUVAN COALS

Coal enrichment by flotation, promising flotation technologies used at processing plants in Russia and abroad are considered. A laboratory bench for flotation enrichment of Tuva coals has been developed to find ways to reduce the basicity of coking coals of the Ulugh-Khem basin and to select effective technologies for improving the quality of coal.

*Keywords:* coal, flotation, unit, reagent mode.

Figures 2. References 7. P. 64–67.

**ВВЕДЕНИЕ.** В настоящее время актуальной является проблема повышения качества угля, поставляемого потребителям, которое в последние годы нестабильно: смена мест добычи угля, механизация способов добычи и глубины разработки угольного пласта приводят к увеличению зольности и содержанию мелких классов в углях.

Плохое качество угля, сжигаемого в котельных и частном секторе города, затрудняет эффективную работу котлов, способствует быстрому забиванию дымоходов, что приводит к ещё более непродуктивному его сгоранию, опасности отравления угарным газом. Высокий химический недожог загрязняет атмосферный воздух продуктами неполного сгорания. Повысить качество угля особенно коксующихся марок и сократить потери с отходами в виде недожога позволит применение высокоэффективных флотационных технологий обогащения.

Для повышения качества тувинских углей и поиска высокоэффективных технологических решений их обогащения, снижения основности (в первую очередь, металлургического угля) разработан модельный стенд флотационного обогащения.

**ФЛОТАЦИОННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ УГЛЯ.** Угли (фракции 300–600 мм) подвергаются обогащению в основном гравитационными методами, но мелкие фракции угля отделяют от вредных примесей, содержащихся в нём (пирит, гипс, самородная сера, песчаник и сланец), флотацией. Флотация — процесс обогащения каменных углей в гетерогенной системе, основанный на различной смачиваемости поверхности угля водой и зависит от свойств угля, среды и химического строения флотореагентов. Это универсальный процесс, так как минералы обладают разной удельной свободной поверхностной энергией, которую можно увеличить с помощью флотационных реагентов, избирательно закрепляющихся на поверхности частицы и изменяющих их поверхностную энергию в заданном направлении. В качестве флотореагентов (собиратели, регуляторы и пенообразователи) используют полупродукты и отходы нефтепереработки: собиратели — дизельное топливо, керосин, топливо ТС-1, термогазойль; пенообразователи Т-80 — полупродукт, образующийся при получении 1,3-диоксана: КОБС (кубовые остатки производства бутилового спирта), КЭТГОЛ (кубовые остатки от производства 2-этилгексанола) и др. (Петухов, 2016).

Процесс флотации осуществляется в флотационных машинах (ФМ–2,5, Гипрокс–52, Гипрокс–ХГИ-57, ФМУ–80Г, «Wemco», «СЕТСО» и др.), наиболее распространённые — камерные (3–4 блока) механические машины, в которых пульпа питания в процессе флотации проходит через все камеры (рис. 1).

В институте СибНИИУглеобогачение разработаны технологии для обогащения коксующихся и энергетических углей и оборудование (флотационные машины пневматического типа «Пневмофлот», механического «Флотомерн») (Усольцева и др., 2017, с. 132). В США и Австралии распространена флотация угольных шламов в колонных аппаратах «CoalPro», обеспечивающих высокое извлечение угля в пенный продукт при низкой зольности концентрата (Козлов, Пикалов, 2014, с. 67). В колонных флотомашинах исходная пульпа распределяется более равномерно, движется в противотоке восходящему потоку пузырьков и выносится в концентратный жёлоб вверху колонны. Высокопроизводительная технология флотации StackCell™ разработана в качестве альтернативы колонным и камерным флотационным машинам, используется предварительная аэрация и эффективный подвод энергии для генерации пузырьков и интенсивного контакта с частицами угля, поэтому сокращается продолжительность флотации (Kohmuench, Mankosa, 2006).

Технологии и оборудование для флотационного обогащения постоянно модернизируются и совершенствуются, разрабатываются флотационные машины с целью увеличения глубины обогащения до 0 мм для повышения качества угольной продукции.

#### **СХЕМА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ ТУВИНСКИХ УГЛЕЙ.**

Главным фактором, определяющим качество работы флотационных машин, является степень аэрации пульпы. Аэрация пульпы характеризуется количеством воздуха, проходящего в единицу времени через единицу объёма пульпы. По типу аэрации пульпы флотационные машины делятся на три основные группы: механические, пневмомеха-

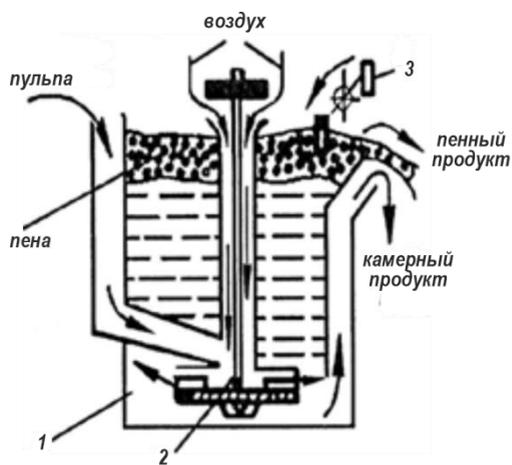


Рисунок 1. Схема механической флотационной машины

1 — корпус машины, 2 — вал для перемешивания пульпы, 3 — гребковое устройство для удаления пенного продукта.

нические, пневматические (Глембоцкий, Классен, 1981; Карамзин и др., 1974; Самыгин, 2016). Так как для механической флотационной машины потребовалось бы создание сложного импеллера, подвод более высоких мощностей и, соответственно, сложного привода, от этого типа аэрации пульпы отказались на начальном этапе выбора конструкции лабораторной установки. Также ввиду сложности реализации в лабораторных условиях отказались и от пневматической конструкции.

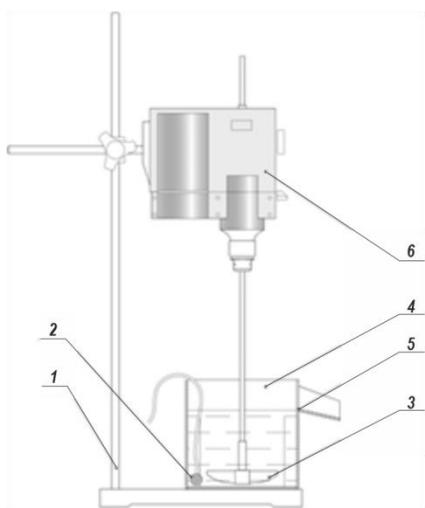


Рисунок 2. **Схема лабораторной установки флотации углей** (условные обозначения см. в тексте)

Для схемы лабораторной установки флотации углей (рис. 2) выбрали пневмомеханическую конструкцию.

Флотационная машина состоит из ёмкости (камеры) (4), изготовленной из нержавеющей стали и имеющей полный объём 2 л. Ёмкость по внутренним стенкам имеет вертикальные перегородки — полосы, служащие для гашения закручивания потока от крыльчатки (3). Камера имеет порог (5) со сливным желобом. Сжатый воздух подают в нижнюю часть камеры мини-компрессором через пористую керамику (2). Диспергирование и перемешивание пульпы производится фторопластовой крыльчаткой (3), приводимой во вращение лабораторной мешалкой (6), которая имеет регулируемую частоту вращения и прикреплена к станине (1)

*Принцип работы.* Лабораторная флотомашина работает в периодическом режиме. Квалифицированный по крупности уголь

(-0,5 мм) с примесями, предназначенный для обогащения, загружают в камеру в виде пульпы. Добавляют необходимое количество флотационных реагентов вспенивателей и собирателей. При включении вращения крыльчатки происходит перемешивание пульпы и пенообразование за счёт подачи воздуха через пористую керамику в нижнюю часть камеры. Интенсивность перемешивания и количество воздуха регулируют для достижения оптимальных условий процесса флотации.

Всплывший пенный продукт (обогащённый уголь) удаляют из камеры через сливной желоб посредством скребка. Осевший на дно продукт (примеси) извлекают после завершения процесса.

Тувинские угли малосернистые, характеризуются невысоким показателем отражения витринита, высоким выходом летучих веществ, низкой зольностью, но высоким содержанием основных оксидов, что снижает потребительские качества угля. Уголь (ГЖ, Ж) легко флотируется, оптимальное содержание твёрдого в питании флотации составляет 80–120 кг/м<sup>3</sup>, расход собирателя — 600–1500 г/т, пенообразователя — 20–200 г/т. Для повышения эффективности применяют дробную подачу флотореагентов, продолжительность флотации 5–9 мин., она зависит от свойств флотируемого угля и условий флотации (Петухов, 2016).

Разработан лабораторный стенд для флотационного обогащения тувинских углей. На стенде флотации будут проводиться исследования по поиску путей понижения основности коксующихся углей Улуг-Хемского бассейна и подбору эффективных технологий по повышению качества угля. Угольная продукция высокого качества более конкурентоспособна на мировых рынках сбыта, а т. к. около половины российского угля экспортируется, обогащение углей Тувы становится насущной необходимостью.

## ЛИТЕРАТУРА

- Глембоцкий В.А., Классен В.И. Флотационные методы обогащения: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Обогащение полезных ископаемых». – М.: Недра, 1981. – 304 с.
- Кармазин В.И., Серго Е.Е. Процессы и машины для обогащения полезных ископаемых: Учеб. пособие для вузов по специальностям «Электрификация и автоматизация горных работ» и «Горные машины и комплексы» / Ред. доц. А.П. Жендринский и проф. В.А. Бунько. – М.: Недра, 1974. – 559 с.: ил.
- Козлов В.А, Пикалов М.Ф. Существующие флотационные технологии для обогащения угольного шлама // Уголь. – 2014. – № 2. – С. 65–69.
- Петухов В.Н. Основы теории и практика применения флотационных реагентов при обогащении углей для коксования. – Магнитогорск: Магнитогорский ГТУ им. Г.И. Носова, 2016. – 453 с.
- Самыгин В.Д. Критерии эффективности применения флотомашин // Горный информ.-аналит. бюллетень (науч.-техн. журн.). – 2016. – № 11. – С. 322–328.
- Усольцева О.И., Передерин Ю.В., Крайденко Р.И. Обогащение углей: современное состояние технологий // Ползуновский вестн. – 2017. – № 3. – С. 131–137.
- Kohmuench J.N., Mankosa M.J. An Update on the Role of Column Flotation in the Coal Industry // CPSA Journ. – 2006. – Vol. 5. – № 1. – P. 374–381.

## REFERENCES

- Glembotskiy V.A., Klassen V.I. *Flotatsionnyye metody obogashcheniya: Uchebnik dlya studentov vuzov, obuchayushchikhsya po spetsial'nosti «Obogashcheniye poleznykh iskopayemykh»* [Flotation methods of enrichment: A textbook for university students studying in the specialty «Enrichment of minerals»]. – Moscow, Nedra Publ., 1981, 304 p. (In Russ.)
- Karmazin V.I., Sergo Ye.Ye. *Protsessy i mashiny dlya obogashcheniya poleznykh iskopayemykh: Ucheb. posobiye dlya vuzov po spetsial'nostyam «Elektrifikatsiya i avtomatizatsiya gornyykh rabot» i «Gornyye mashiny i kompleksy»* [Processes and machines for mineral processing: Proc. manual for universities in the specialties «Electrification and automation of mining» and «Mining machines and complexes»] / ed. by A.P. Zhendrin'skiy, V.A. Bun'ko. Moscow, Nedra Publ., 1974, 559 p. (In Russ.)
- Kohmuench J.N., Mankosa M.J. An Update on the Role of Column Flotation in the Coal Industry. CPSA Journal, 2006, vol. 5, no. 1, pp. 374–381.
- Kozlov V.A, Pikalov M.F. Sushchestvuyushchiye flotatsionnyye tekhnologii dlya obogashcheniya ugol'nogo shlama [Existing flotation technologies for coal sludge enrichment]. *Ugol' = Coal*, 2014, no. 2, pp. 65–69. (In Russ.)
- Petukhov V.N. *Osnovy teorii i praktika primeneniya flotatsionnykh reagentov pri obogashchenii ugley dlya koksovaniya* [Fundamentals of the theory and practice of using flotation reagents in the enrichment of coals for coking]. Magnitogorsk, Magnitogorsk State Technical University named after. G.I. Nosova Publ., 2016, 453 p. (In Russ.)
- Samygin V.D. Kriterii effektivnosti primeneniya flotomashin [Criteria for the effectiveness of the use of flotation machines]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal) = Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*, 2016, no. 11, pp. 322–328. (In Russ.)
- Uso'tseva O.I., Perederin Yu.V., Kraydenko R.I. Obogashcheniye ugley: sovremennoye sostoyaniye tekhnologiy [Enrichment of coal: current state of technology]. *Polzunovskiy vestnik = Polzunovskiy Bulletin*, 2017, no. 3, pp. 131–136. (In Russ.)

РАЗДЕЛ V  
МАТЕМАТИКА. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ  
[MATHEMATICS. MATHEMATICAL MODELING]

УДК: 528:351.4; 551.435.1

DOI: 10.24412/2658-4441-2023-2-68-74

С.А. ЧУПИКОВА, А.Ф. ЧУЛЬДУМ

*Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл, Россия)*

**МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА  
ВОСТОЧНО-ТУВИНСКОГО ЛАВОВОГО НАГОРЬЯ  
(РЕСПУБЛИКА ТУВА) ПО ДАННЫМ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

В статье рассмотрены результаты морфометрического анализа рельефа Восточно-Тувинского лавового нагорья, выполненного в облачной программной платформе геопространственных данных Google Earth Engine (GEE). На основе цифровой модели рельефа построены производные модели: карты углов наклона дневной поверхности, экспозиции склонов и гипсометрическая карта. Выполнен анализ гипсометрии (гипсографические кривые) отдельных водосборов. Согласно данным моделям средняя высота рельефа исследуемого участка составляет 1750 м, большая часть склонов исследуемой территории характеризуются как пологие северной экспозиции.

*Ключевые слова:* Восточно-Тувинское нагорье, экспозиция и уклоны склонов, гипсографическая кривая.

Рис. 4. Библ. 11. назв. С. 68–74.

*Работа выполнена по государственному заданию ТувИКОПР СО РАН:*

*Научная тема № 121031300230-2*

S.A. CHUPIKOVA, A.F. CHULDUM

*Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS (Kyzyl, Russia)*

**MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE RELIEF OF THE EAST TUVA  
LAVA HIGHLANDS (REPUBLIC OF TYVA) ACCORDING TO REMOTE  
SENSING DATA**

The article considers the results of morphometric analysis of the relief of the East Tuva lava Highlands, performed in the Google Earth Engine (GEE) cloud geospatial data software platform. Derived models are constructed based on the digital relief model: maps for the angles of inclination of the daytime surface, slope exposures and a hypsometric map. The analysis of hypsometry (hypsographic curves) of individual water accumulations was carried out. The average elevation of the studied area is 1,750 m according to the mentioned models, and most of the slopes of the studied area are characterized as gentle northern exposures.

*Keywords:* East Tuva highlands, exposure and slopes inclinations, hypsographic curve.

Figures 4. References 11. P. 68–74.

**ВВЕДЕНИЕ.** В настоящее время морфометрический анализ является одним из наиболее результативных методов исследования рельефа. При цифровом моделировании рельефа используются различные источники информации, включая крупномасштабные топографические карты, материалы полевых инструментальных съёмок и данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Каждый из этих источников имеет свои преимущества и недостатки. Однако следует отметить, что данные ДЗЗ играют всё более значимую роль в анализе рельефа территории. Применение геоинформационных систем в сочетании с цифровыми моделями рельефа (ЦМР) значительно упрощает процесс получения количественных данных о рельефе, моделирования и составления частных тематических карт. Существует огромное количество подходов для создания ЦМР в известных геоинформационных программах, а также доступны глобальные ЦМР, такие как ASTER 226GDEM и SRTM, которые можно найти в открытом доступе в Интернете.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ** — выполнить морфометрический анализ Восточно-Тувинского лавового нагорья на базе снимков каталога LANDSAT платформы Google Earth Engine (GEE). Для этого проведём гипсометрический анализ частных водосборных бассейнов, фрактальный анализ речной сети, а также расчёт и картографирование основных морфометрических показателей (уклоны и экспозиция склонов).

Для обработки и анализа материалов применены дистанционные методы, фрактальный и статистический анализ.

**ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ.** Восточно-Тувинское лавовое нагорье — одно из крупнейших лавовых районов новейшего времени в Центральной Азии (Сугоракова и др., 2003). Расположенное севернее хр. Акад. Обручева, данное место характеризуется сложным блоковым строением, выражающимся в рельефе многочисленными среднегорными хребтами высотой до 2600 м и впадинами с маломощным покровом четвертичных отложений. Более крупная из них — Тоджинская, имеет отметки 740–840 м и характеризуется чередованием озёрных котловин, обработанных древними ледниками, и невысоких водораздельных гряд со следами оледенения. Понижения рельефа представлены моренными, флювиогляциальными, зандровыми и аллювиальными равнинами. Небольшие впадины, такие как Сейбинская, Сыстыгхемская и Серлигхемская, были образованы в результате воздействия ледников в период плейстоцена. В то же время, резкое увеличение вулканической активности в Южно-Байкальской вулканической области привело к формированию Восточно-Тувинского лавового нагорья и множества лавовых рек, которые расположены в бассейнах рек Большой и Малый Енисей и Джиды. Этот процесс начался около 3 млн лет назад. Исследуемая территория расположена в пределах от 52°00′ до 52°40′ северной широты и 97°40′ до 98°40′ восточной долготы.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА РАБОТ.** Проведение морфометрического анализа рельефа территории исследования выполнено в программной среде платформы Google Earth Engine (GEE) (The geospatial...: эл. ресурс). Для этой цели на языке *javascript*, платформы GEE написан скрипт для расчётов и визуализации результатов. В формате растровых данных высот изучаемой местности использовался набор данных NASA/NASADEM\_HGT/001, из каталога GEE (NASA EOSDIS...: эл. ресурс). NASADEM является модернизацией цифровой модели рельефа (DEM) и связанных с ней продуктов, созданных на основе данных миссии Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Базы данных NASADEM имеются в свободном доступе и представляют собой улучшенную цифровую модель рельефа (ЦМР), созданную на основе данных SRTM, ASTER, GDEM, ICESat GLAS, PRISM с использованием улучшенных алгоритмов (Landsat Missions...: эл. ресурс). Пространственное разрешение в плане 30 м. С применением ЦМР были разработаны карты, демонстрирующие важные морфометрические параметры. Среди них — гипсометрическая карта (рис. 1), модели экспозиции склонов (рис. 2) и углов наклона дневной поверхности (рис. 3). Все изображения и карты, включая вычисленные значения уклона и экспозиции, были созданы с

помощью программной среды Google Earth Engine (GEE). Для получения карты уклона (крутизны склона) и экспозиции склона использовались встроенные функции Terrain.slope и Terrain.aspect. Для карт, отображающих рельеф, были применены стандартные расцветки, начиная от зелёных оттенков и заканчивая тёмно-коричневыми цветами. Для демонстрации углов наклона поверхности были применены различные оттенки одной тонировки. Согласно В.В. и О.В. Хромых (2007), был выбран подходящий тон, который идеально гармонировал с оттенками цветовой палитры соседних румбов, чтобы создать легенду карты экспозиций склонов. Для этой цели была использована классификация значений на 8 направлений по  $45^\circ$  каждый и на плоские участки без явной экспозиции (угол менее  $0,1^\circ$ ). Для построения гипсометрических кривых отдельных водосборных бассейнов создана программа на языке javascript на программной платформе GEE. С её применением извлекались географические координаты (широта, долгота) и названия рек (из шейп-файлов рек). По координатам точек находили соответствующие высоты из цифровых моделей высот рельефа (DEM) с каталога NASA/NASADEM\_HGT/001 платформы Google Earth Engine(GEE). Определялись минимальные, максимальные высоты точек рек и распределение площадей участков рек по высоте. В программе Матлаб были построены нормированные кривые зависимости относительных высот  $h/N$  от относительных площадей  $s/S$  для каждой реки. Также для оценки морфометрических характеристик мы использовали показатель фрактальной размерности. Фракталы, которые применяются для описания извилистых линий и неровных поверхностей, имеют дробную размерность. Показатель фрактальной размерности ( $D$ ) позволяет определить степень сложности фрактала, его способность заполнять пространство, а также неравномерность и фрагментацию геометрической структуры природного объекта. Как отмечено в работах (Федер, 1991; Мандельброт, 2002; Сидорчук, 2014), этот параметр является важным для изучения природных явлений. Мы использовали модифицированный метод боксов (Калуш и др., 2006) при определении показателя фрактальной размерности.

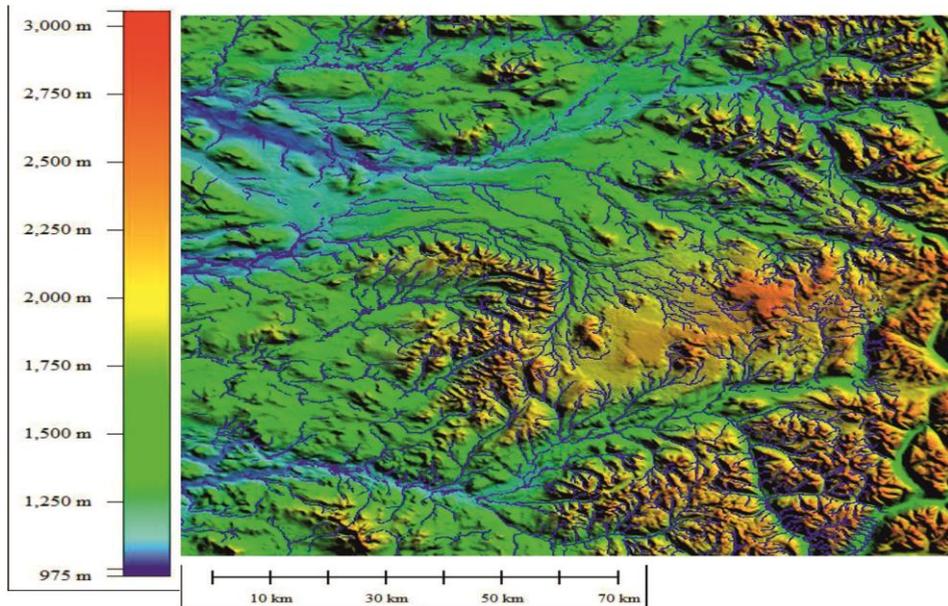


Рисунок 1. **Объект исследования** (гипсометрическая карто-схема)

**РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ И ОБСУЖДЕНИЕ.** На основе ЦМР были созданы карты, отображающие углы наклона дневной поверхности, экспозицию склонов, а также проведён гипсометрический и фрактальный анализ водосборных бассейнов. Экспозиция склонов

определяет их ориентацию относительно сторон света. Карта экспозиции склонов, представленная на *рисунке 2* и охватывающая восемь основных направлений, показывает следующие результаты: склоны экспозиции *северо-восток* занимают 10,3 % от всей площади, *восточные* склоны — 9,7 %, *юго-восточные* — 11,5 %, *южные* — 14,9 %, *юго-западные* — 12,4 %, *западные* — 11,9 %, *северо-западные* — 12,6 %, а склоны экспозиции *север* составляют 16,7 %. Рельеф данной местности преимущественно горный, при этом на юго-востоке территории склоны получают равномерное освещение. Направление экспозиции склонов в данном районе преимущественно северное, что связано с расположением речных долин в рельефе. В западной части территории преобладает низкорельефный рельеф, изрезанный озёрами и речной сетью.

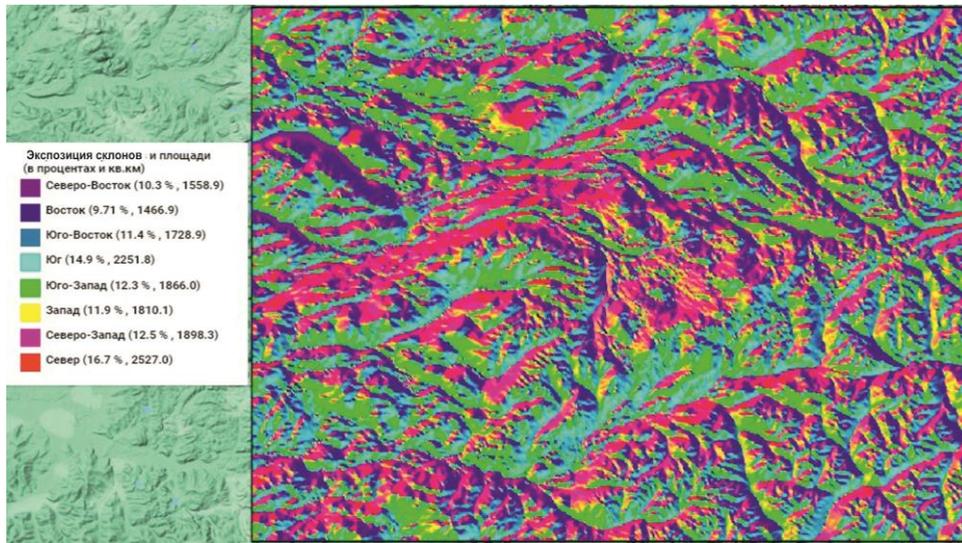


Рисунок 2. Экспозиция склонов

Для геоморфологических исследований важным фактором является анализ склонов, который отображён на *рисунке 3*. Наклон склона определяется как скорость изменения высоты ячейки при переходе к соседним точкам. Исследования показывают, что элементы склона в районах с переменным сопротивлением определяются литологией и климатоморфогенными процессами. Наклон местности является ключевым параметром для определения её характеристик. Более низкие значения угла наклона указывают на равнинную местность, тогда как более высокие значения наклона свидетельствуют о более крутой местности. Для оценки наклона используются процент или степень наклона. Большинство склонов (до 30 % площади) в территории исследования имеют крутизну от 0 до 5°. Такие склоны характерны для областей, где присутствует озёрная и речная сеть (*см. рис. 3*). Уклоны от 15 до 25° наблюдаются на юго-восточном и восточном направлении в предгорьях хр. Акад. Обручева (для притоков, имеющих порядок от 1 до 2).

При гипсометрическом анализе водосборных бассейнов использование ЦМР позволяет выявить характерные высотные ступени. Они являются свидетельством разнообразных факторов рельефообразования и наличия генетически неоднородных форм рельефа (Погорелов, Думит, 2008). Нами выполнен анализ территории общей площадью 505 960,4 км<sup>2</sup> со средней высотой рельефа 1750 м. Альтитуды от 600 м до 1000 м занимают 54 % местности, уровни от 1100 м до 2000 м — 44 %, а высоты более 2000 м — всего 1,2 % площади. Изучение гипсографической кривой данной территории показало, что рельеф имеет слабо выраженное ярусное строение. Однако, из-за масштабной несоразмерности исследуемых величин, сравнение абсолютных показателей высотного распределения площади проблематично. Вследствие чего гипсографические кривые на основе ЦМР строятся на относительной высоте ( $h/H$ ) и от-

носительной площади ( $s/S$ ), что позволяет анализировать гипсометрические особенности независимо от размеров и амплитуды высот (Погорелов, Думит, 2008).

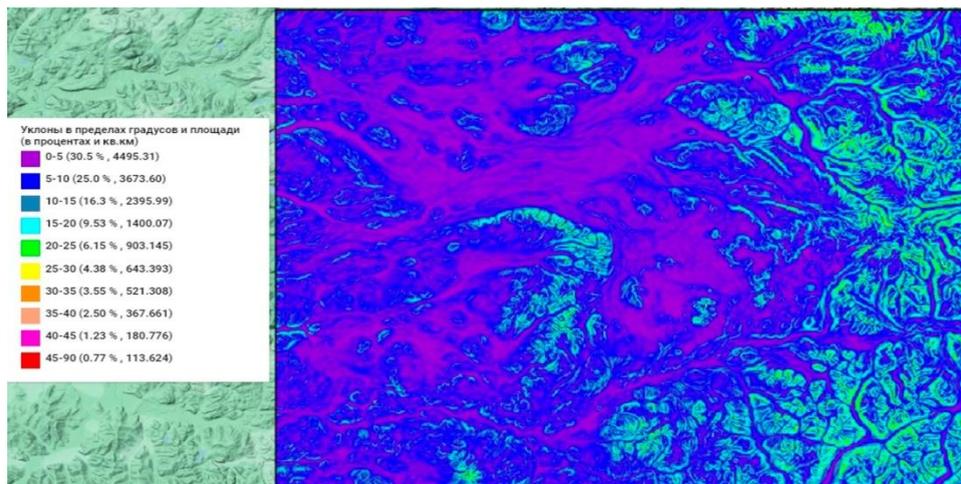


Рисунок 3. Уклоны склонов

Нами выполнен анализ водосборных бассейнов расположенных в границах исследуемой территории. Отметим, что семейство безразмерных гипсографических кривых территории исследования отличается разнообразием (рис. 4).

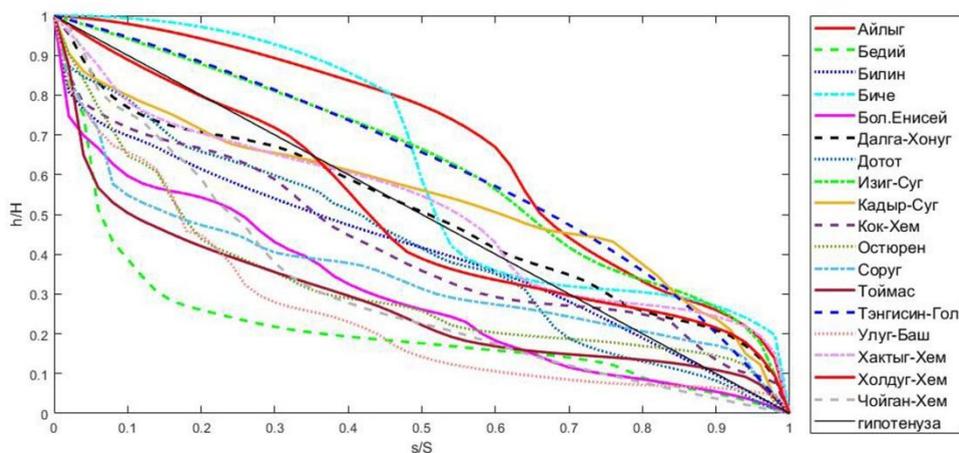


Рисунок 4. Гипсографические кривые водосборных бассейнов

При определении высотных характеристик гипсографических кривых необходимо учитывать размеры водосбора и пространственные пределы их действия. Гипсографическая кривая является линией в пространстве возможных состояний, которое определяется типом водосборного бассейна. Мы выделяем четыре типа кривых: вогнутые, близкие к линейным, выпуклые и меняющие направление выпуклости. Более выпуклые кривые обычно характерны для рек, текущих по крутым уклонам. На территории исследования таким видом отличаются водосборы рек Айлыг, Биче, Изиг-Суг и Тэнгисин-Гол. Вогнутые кривые рек чаще всего встречаются на относительно ровных участках. Водосборные бассейны рек Бедий, Билин, Соруг, Тоймас, Улуг-Баш и Чойган-Хем также имеют подобную форму кривой и располагаются преимущественно в среднегорье. Гипсографическая форма кривой указывает на наличие субгоризонтальной поверхности, являющейся ключевой морфологической особенностью всего водосбора.

Для водосборов, вид которых близок к линейному, свойственно пропорциональное распределение площади с высотой без явного влияния в каком-либо высотном интервале. Анализ кривой показывает отсутствие ярко выраженных рельефных уровней на одной высоте, что можно объяснить влиянием тектонических процессов на формирование рельефа. В этом типе водосборов характерно преобладание процессов денудации. Такого типа распределение можно аппроксимировать линейной функцией. В этом случае, на 0,3–0,5 относительной высоты приходится 0,5 относительной площади. К этому типу относятся водосборные бассейны рек Даалга-Хонуг, Додот, Кыдыр-Суг, Кок-Хем, Остюрен, Хактыг-Хем, Холдуг-Хем. Для описанных выше типов водосборных бассейнов было проведено вычисление показателя фрактальной размерности. Этот показатель отражает масштабную инвариантность геосистем, что позволяет анализировать объекты с различным масштабом и степенью генерализации (Берлянт и др., 1998). Водосборные бассейны с выпуклым типом гипсографической кривой имеют показатель  $D$  от 1,148 до 1,223. В водосборах, относящихся к вогнутому типу кривой, значение  $D$  изменяется от 1,190 до 1,199. Значение  $D$  водосборных бассейнов, для которых характерен тип кривой, близкий к линейному, меняется от 1,116 до 1,203. Прослеживается уменьшение значения показателя фрактальной размерности для выположенных водосборов и увеличение его для водосборов, расположенных на возвышенных участках территории. Изложенные выше особенности водосборов являются полезными при определении топографических и гидрологических характеристик этой территории.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Проведены расчёты и построены карты морфометрических показателей поверхности Восточно-Тувинского лавового нагорья (уклоны и экспозиция склонов), построены гипсографические кривые, а также вычислены значения показателя фрактальной размерности отдельных водосборов. Изучение территории показало, что большинство склонов (30 % площади) имеют крутизну от 0 до 5°, это области, занятые озёрной и речной сетью. На территории исследования склоны экспозиции *север* преобладают — 16,7 %, что можно объяснить преимущественным направлением течения рек данной местности. Средняя высота местности составляет 1750 м, больше 50 % площади приходится на высоты от 600 до 1000 м, отметки высот от 1100 до 2000 м занимают 44 % территории. Данные исследования вносят определённый вклад в изучение морфологии Восточно-Тувинского лавового нагорья.

*Работа выполнена по государственному заданию ТувИКОПР СО РАН:  
Научная тема № 121031300230-2.*

#### ЛИТЕРАТУРА

- Берлянт А.М., Мусин О.Р., Собчук Т.В. Картографическая генерализация и теория фракталов. – М., 1998. – 136 с.
- Калуш Ю.А., Логинов В.М., Чушикова С.А. Фрактальная размерность речной сети: Программа для ЭВМ. Патент РФ № 2006611604; заявитель и правообладатель Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН. – № 2006610092; заявл. 10.01.2006; зарег. 12.05.2006.
- Мандельброт Бенуа. Фрактальная геометрия природы. Пер. с англ. – М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.
- Погорелов А.В., Думит Ж.А. Гипсометрический анализ поверхности бассейна р. Кубани // Географические исследования Краснодарского края: Сб. науч. тр. Вып. 3 / Отв. ред. А.В. Погорелов. – Краснодар: КубГУ, 2008. – С. 7–23.
- Сидорчук А.Ю. Фрактальная геометрия речных сетей // Геоморфология. – 2014. – № 3. – С. 112–120.
- Сугоракова А.М., Ярмолюк В.В., Лебедев В.И. Кайнозойский вулканизм Тувы / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук А.Э. Изох. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2003. – 90 с.
- Федер Е. Фракталы. Пер. с англ. Ю.А. Данилова, А. Шукурова. – М.: Мир, 1991. – 260 с.

Хромых В.В., Хромых О.В. Опыт автоматизированного морфометрического анализа долинных геосистем Нижнего Притомья на основе цифровой модели рельефа // Вестн. Томского ГУ. – 2007. – № 298. – С. 208–210.

The geospatial processing service: Website Google [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developers.google.com/earth-engine>, (accessed 30 December, 2021).

NASA EOSDIS Land Processes DAAC. (Website NASA (National Aeronautics and Space Administration) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://data.nasa.gov/dataset/NASADEM-Merged-DEM-Global-1-arc-second-V001/dqg3-mwid>, (accessed 30 December, 2021).

Landsat Missions. United States Geological Survey (USGS) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://lpdaac.usgs.gov/documents/1318/NASADEM\\_User\\_Guide\\_V12.pdf](https://lpdaac.usgs.gov/documents/1318/NASADEM_User_Guide_V12.pdf), (accessed 30 December, 2021).

## REFERENCES

Berlyant A.M., Musin O.R., Sobchuk T.V. *Kartograficheskaya generalizatsiya i teoriya fraktalov* [Cartographic generalization and fractal theory]. Moscow, 1998, 136 p. (In Russ.)

Feder E. *Fraktaly* [Fractals]: Translation from English: Yu.A. Danilov, A. Shukurov. Moscow, Mir Publ, 1991, 260 p. (In Russ.)

Kalush Yu.A., Loginov V.M., Chupikova S.A. *Fraktal'naya razmernost' rechnoy seti: Programma dlya EVM* [Fractal dimension of the river network: Computer program]. RF patent no. 2006611604, 2006. (In Russ.)

Khromykh V.V., Khromykh O.V. Opyt avtomatizirovannogo morфометрического анализа долинных геосистем Нижнего Притомья на основе цифровой модели рельефа [Experience of automated morphometric analysis of valley geosystems of the Nizhneye Prityome region based on a digital relief model]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of the Tomsk State University*, 2007, no. 298, pp. 208–210. (In Russ.)

Landsat Missions. United States Geological Survey (USGS). Available at: [https://lpdaac.usgs.gov/documents/1318/NASADEM\\_User\\_Guide\\_V12.pdf](https://lpdaac.usgs.gov/documents/1318/NASADEM_User_Guide_V12.pdf), (accessed 30 December, 2021).

Mandel'brot B.B. *Fraktal'naya geometriya prirody* [The fractal geometry of nature]: Translation from English. Moscow–Izhevsk, Institute for Computer Science Publ., 2002. 656 p. (In Russ.)

NASA EOSDIS Land Processes DAAC. (Website NASA (National Aeronautics and Space Administration). Available at: <https://data.nasa.gov/dataset/NASADEM-Merged-DEM-Global-1-arc-second-V001/dqg3-mwid>, (accessed 30 December, 2021).

Pogorelov A.V., Dumit ZH.A. Gipsometricheskii analiz poverkhnosti basseyna r. Kubani [Hypsometric analysis of the surface of the basin of the Kuban river]. *Geograficheskiye issledovaniya Krasnodarskogo kraya* [Geographical studies of the Krasnodar Territory]: Collection of scientific papers, is. 3 / ed. by A.V. Pogorelov. Krasnodar, Kuban State University Publ., 2008, pp. 7–23. (In Russ.)

Sidorchuk A.Yu. *Fraktal'naya geometriya rechnykh setey* [Fractal geometry of river networks]. *Geomorfologiya = Geomorphology*, 2014, no. 3, pp. 112–120. (In Russ.)

Sugorakova A.M., Yarmolyuk V.V., Lebedev V.I. *Kaynozoykiy vulkanizm Tuvy* [Cenozoic volcanism of Tuva] / ed. by A.E. Izokh. Kyzyl, TuvIENR SB RAS Publ., 2003, 90 p. (In Russ.)

The geospatial processing service: Website Google. Available at: <https://developers.google.com/earth-engine>, (accessed 30 December, 2021).

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ [ABOUT THE AUTHORS]

- Арчимеева Татьяна Петровна** — канд. биол. наук, Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл, Россия; [heavenlybird@mail.ru](mailto:heavenlybird@mail.ru)  
[*Archimaeva Tatyana Petrovna* — candidate of biological sciences, Tuvanian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS, Kyzyl, Russia]
- Балбан-оол Диинмей Кадыр-оолович** — Государственный природный биосферный заповедник «Убсунурская котловина», Кызыл, Россия; [ubsunur@yandex.ru](mailto:ubsunur@yandex.ru)  
[*Balban-ool Diinmey Kadyr-oolovich* — State Nature Biosphere Reserve «Ubsunurskaya kotlovina», Kyzyl, Russia]
- Бублик Анатолий Иванович** — ООО «Прогресс-Инвест», Красноярск, Россия; [proginvest@yandex.ru](mailto:proginvest@yandex.ru)  
[*Bublik Anatoly Ivanovich* — Progress-Invest LLC, Krasnoyarsk, Russia]
- Дятлова Ирина Николаевна** — ООО «Прогресс-Инвест», Красноярск, Россия; [geoinu@mail.ru](mailto:geoinu@mail.ru)  
[*Dyatlova Irina Nikolaevna* — Progress-Invest LLC, Krasnoyarsk, Russia]
- Кадыр-оол Чайана Олекоевна** — Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл, Россия; [kadyrool91@mail.ru](mailto:kadyrool91@mail.ru)  
[*Kadyr-ool Chayana Olekoevna* — Tuvanian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS, Kyzyl, Russia]
- Куликова Марина Петровна** — канд. хим. наук, Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл, Россия; [mpkulikova@mail.ru](mailto:mpkulikova@mail.ru)  
[*Kulikova Marina Petrovna* — candidate of chemical sciences. Tuvanian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS, Kyzyl, Russia]
- Монгуш Аина Денисовна** — Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл, Россия; [ainadmongush@mail.ru](mailto:ainadmongush@mail.ru)  
[*Mongush Aina Denisovna* — Tuvanian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS, Kyzyl, Russia]
- Монгуш Андрей Александрович** — канд. геол.-мин. наук, Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл, Россия; [amongush@inbox.ru](mailto:amongush@inbox.ru)  
[*Mongush Andrey Aleksandrovich* — candidate of geological and mineralogical sciences, Tuvanian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS, Kyzyl, Russia]
- Монгуш Сай-Суу Сергеевна** — Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл, Россия; [saysuu1@mail.ru](mailto:saysuu1@mail.ru)  
[*Mongush Sai-Suu Sergeevna* — Tuvanian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS, Kyzyl, Russia]
- Саая Сай-хоо Алдын-ооловна** — Государственный природный биосферный заповедник «Убсунурская котловина», Кызыл, Россия; [ubsunur@yandex.ru](mailto:ubsunur@yandex.ru)  
[*Saaya Say-khoo Aldyn-oolovna* — State Nature Biosphere Reserve «Ubsunurskaya kotlovina», Kyzyl, Russia]
- Чоргаар Сайлык Сарыг-ооловна** — Государственный природный биосферный заповедник «Убсунурская котловина», Кызыл, Россия; [ubsunur@yandex.ru](mailto:ubsunur@yandex.ru)  
[*Chorgaar Sailyk Saryg-oolovna* — State Nature Biosphere Reserve «Ubsunurskaya kotlovina», Kyzyl, Russia]
- Чульдум Анатолий Фёдорович** — Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл, Россия; [tajkinol@gmail.com](mailto:tajkinol@gmail.com)  
[*Chuldum Anatoliy Fedorovich* — Tuvanian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS, Kyzyl, Russia]
- Чульдум Кезжик Кан-оолович** — Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл, Россия; [kezhik-ch@mail.ru](mailto:kezhik-ch@mail.ru)  
[*Chuldum Kezhik Kan-oolovich* — Tuvanian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS, Kyzyl, Russia]
- Чупикова Светлана Алексеевна** — канд. геогр. наук, Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл, Россия; [s\\_fom@inbox.ru](mailto:s_fom@inbox.ru)  
[*Chupikova Svetlana Alekseevna* — candidate of geographical sciences, Tuvanian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS, Kyzyl, Russia]
- Шарифулин Сергей Каримович** — ООО «Прогресс-Инвест», Красноярск, Россия; [s\\_aguero@mail.ru](mailto:s_aguero@mail.ru)  
[*Sharifulin Sergey Karimovich* — Progress-Invest LLC, Krasnoyarsk, Russia]

Научное сетевое издание  
Утверждено к печати решением  
Учёного совета ТувИКОПР СО РАН

**ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ, СРЕДА И ОБЩЕСТВО: ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ.**  
Выпуск 2 (18) / Ответственный редактор кандидат социологических наук  
**Т.М. Ойдул**

Учредитель:

Федеральное Государственное бюджетное учреждение науки Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения Российской академии наук (ТувИКОПР СО РАН) – Министерство образования и науки Республики Тыва

Редактор материалов *И.П. Принцева*  
Технический редактор, оригинал-макет, вёрстка *Л.А. Непомнящая*  
Редактор переводов *Ю.Ю. Самбыла*  
Корректор *Л.А. Непомнящая*

В оформлении обложки использовано фото из личного архива *Т.П. Арчимаевой*  
(северная бормотушка *Iduna caligata* (Lichtenstein, 1823))

Оригинал-макет подготовлен  
в ФГБУН Тувинском институте комплексного освоения природных ресурсов  
Сибирского отделения Российской академии наук  
(ФГБУН ТувИКОПР СО РАН)

667007 Кызыл, Респ. Тыва,  
ул. Интернациональная, 117-а  
<http://tikopr-journal.ru/>

Подписано к печати 29.06.2023  
Журнал вышел в свет 31.06.2023  
Формат 70×108/16  
Гарнитура «Times New Roman»  
Усл. печ. л. 6,65. Уч.-изд. л. 5,85  
[Электрон. ресурс]  
Заказ 171