

ВЕСТНИК СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
имени М.К. АММОСОВА
СЕРИЯ "НАУКИ О ЗЕМЛЕ"

Сетевое научное периодическое издание

Издается с 2016 года

Издание выходит 4 раза в год

Учредитель и издатель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»

№ 1 (33) 2024

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ

Главный редактор

А.Н. Николаев, д. б. н.

Заместитель главного редактора

Е.Э. Соловьев, к. г. - м. н., доцент.

Выпускающий редактор

Я.П. Шепелева, к. г. - м. н.

Члены редакционной коллегии:

Верчеба А.А., доктор геолого-минералогических наук; *Витченко А.Н.*, доктор географических наук; *Данилов Ю.Г.*, кандидат географических наук; *Лопух П.С.*, доктор географических наук; *Мартынов В.Л.*, доктор географических наук; *Михно В.Б.*, доктор географических наук; *Нестеров Ю.А.*, кандидат географических наук; *Никифорова З.С.*, доктор геолого-минералогических наук; *Носонов А.М.*, доктор географических наук; *Округин А.В.*, доктор геолого-минералогических наук; *Полуфунтикова Л.И.*, кандидат геолого-минералогических наук; *Присяжный М.Ю.*, доктор географических наук; *Саввинова А.Н.*, кандидат географических наук; *Семенов Ю.М.*, доктор географических наук; *Скоринцева И.Б.*, доктор географических наук; *Тесленок С.А.*, кандидат географических наук; *Толстов А.В.*, доктор геолого-минералогических наук; *Фридовский В.Ю.*, доктор геолого-минералогических наук; *Часовский В.И.*, доктор географических наук.

Адрес учредителя и издателя: 677000, г. Якутск, ул. Белинского, 58

Адрес редакции: 677000, г. Якутск, ул. Петровского, 5, каб.1

Тел./факс: (4112) 40-38-75. e-mail: vestnik_geo@mail.ru. <https://vfuzeml.elpub.ru/jour/index>

Северо-Восточный федеральный университет

<http://s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/strukturnye-podrazdeleniya/unir/vestnik-svfu/>

VESTNIK OF NORTH-EASTERN FEDERAL UNIVERSITY
«EARTH SCIENCES» SERIES

Network scientific periodical

Published since 2016

The frequency of publication is 4 times a year

The founder and publisher is Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
“The M.K. Ammosov North-Eastern Federal University”

№ 1 (33) 2024

EDITORIAL BOARD OF THE SERIES

Editor-in-Chief

A.N. Nikovaev, Doctor of Biological Sciences

Deputy Editor-in-Chief

E.E. Solovyov, Candidate of Geological-mineralogical sciences, Associate Professor

Commissioning Editor

Ia. P. Shepeleva, Candidate of Geological-mineralogical sciences Sciences

Members of the Editorial Board of the Series:

Vercheba A.A., Doctor of Geological-mineralogical Sciences; *Vitchenko A.N.*, Doctor of Geographical Sciences; *Danilov Y.G.*, Candidate of Geographical Sciences; *Lopuh P.C.*, Doctor of Geographical Sciences; *Martynov V.L.*, Doctor of Geographical Sciences; *Mikhno V.B.*, Doctor of Geographical Sciences; *Nesterov Y.A.*, Candidate of Geographical Sciences; *Nikiforova Z.S.*, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences; *Nosonov A.M.*, Doctor of Geographical Sciences; *Okrugin A.V.*, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences; *Polufuntikova L.I.*, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences; *Prisyazny M.Y.*, Doctor of Geographical Sciences; *Savvinova A.N.*, Candidate of Geographical Sciences; *Semenov Y.M.*, Doctor of Geographical Sciences; *Skorintseva I.B.*, Doctor of Geographical Sciences; *Teslenok S.A.*, Candidate of Geographical Sciences; *Tolstov A.V.*, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences; *Fridovsky V.Y.*, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences; *Chasovsky V.I.*, Doctor of Geographical Sciences.

Founder and publisher address: the North-Eastern Federal University, 677000, Yakutsk, ul. Belinskogo, 58.

Editors Office address: the North-Eastern Federal University, 677000, Yakutsk, ul. Petrovskogo, 5, room 1

Telephone/Fax: (4112) 40-38-75. e-mail: vestnik_geo@mail.ru. <https://vfuzeml.elpub.ru/jour/index>
<http://s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/strukturnye-podrazdeleniya/unir/vestnik-svfu/>

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ

<i>Вафина М.С., Шакиров Т.Р., Нажарова Л.Н., Юсупова А.А.</i> Вещественный состав и технологический передел калийных пород Верхнепечорского соленосного бассейна	5
<i>Зинчук Н.Н., Бардухинов Л.Д.</i> Сравнительные особенности алмазов из кимберлитовых месторождений северной части Сибирской платформы.....	11
<i>Пактовский Ю.Г.</i> Журавчики из лёссовидных отложений плейстоцена в Вишерском алмазоносном районе (Пермский край)	31
<i>Пуляев Н.А.</i> Геологическое строение и металлогения докембрийских троговых структур западной части Алдано-Станового щита	39
<i>Пуляев Н.А.</i> Тектоническая позиция и метаморфизм пород Чаро-Токкинского железорудного района	53
<i>Томилина Е.М.</i> Петрография и литология нижневендских отложений Вишерского алмазоносного района.....	62
<i>Шахурдина Н.К.</i> Геологическое картирование кимберлитового магматизма как фактурная оценка алмазоносных объектов Западной Якутии	68

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ

<i>Захаров М.И., Черосов М.М., Гададь С., Троева Е.И.</i> Ландшафтная структура долины Средней Лены	75
<i>Пахомова Л.С.</i> Микроклиматические и теплобалансовые исследования в природных условиях среднегорий Южной Якутии	88

CONTENT

GEOLOGY, PROSPECTING AND EXPLORATION OF SOLID MINERALS, MINERALOGY

<i>Vafina M.S., Shakirov T.R., Nazharova L.N., Yusupova A.A.</i> Substantial composition and technological treatment of potassium rocks of the Upper Pechora salt basin	5
<i>Zinchuk N.N., Barduchunov L.D.</i> Comparative features of diamonds from kimberlite deposits in the northern part of the Siberian platform	11
<i>Paktovsky Y.G.</i> Loess doll from Pleistocene loess-like sediments in the Vishera diamond-bearing area (Perm region)	31
<i>Puliaev N.A.</i> Geological structure and metallogeny of Precambrian sedimentary structures of western Aldan-Stanovy Shield.....	39
<i>Puliaev N.A.</i> Tectonic position and metamorphism of rocks in the Chara-Tokko iron ore region.....	53
<i>Tomilina E.M.</i> Petrography and lithology of the lower Vendian sediments of the Vishera diamondiferous area	62
<i>Shakhurdina N.K.</i> Geological mapping of kimberlite magmatism as an assessment of diamond-bearing objects in Western Yakutia	68

PHYSICAL GEOGRAPHY AND BIOGEOGRAPHY, SOIL GEOGRAPHY AND LANDSCAPE GEOCHEMISTRY

<i>Zakharov M.I., Cherosov M.M., Gadal S., Troeva E.I.</i> Landscape structure of the Middle Lena valley	75
<i>Pakhomova L.S.</i> Microclimatic and thermal balance studies in the natural conditions of the middle categories of South Yakutia	88

ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ

УДК 552.12 (661.42)

DOI 10.25587/2587-8751-2024-1-5-10

М.С. Вафина, Т.Р. Шакиров, Л.Н. Назарова, А.А. Юсупова

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

e-mail: vak33andrei@yandex.ru

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПЕРЕДЕЛ КАЛИЙНЫХ ПОРОД ВЕРХНЕПЕЧОРСКОГО СОЛЕНОСНОГО БАСЕЙНА

Аннотация. Изучен вещественный состав калийных и калийно-магниевых солей Верхнепечорского соленосного бассейна, установлена их литологическая изменчивость по площади продуктивных пластов в зависимости от тектонических особенностей фундамента. Установлены основные горно-геологические условия, осложняющие возможность их добычи и экологические условия организации добычных и перерабатывающих производств минеральных солей. Изучены основные физико-технологические свойства сильвинитовых и карналлитовых пород, добытых шахтным способом, на их обогатимость галургическим и флотационным способами. Задачами работы являлись: определение вещественного состава, исследование текстурно-структурных особенностей и оценка технологического передела калийных пород Верхнепечорского соленосного бассейна. При решении поставленных задач использовались следующие методы: изучение текстурно-структурных особенностей сильвинитов петрографическим методом; химический состав проб и растворов анализировался методом АЭС-спектрометрии; минеральный состав нерастворимого в воде остатка – рентгенографическим количественным фазовым анализом.

Ключевые слова: сильвин, карналлит, галит, структура, текстура, Верхнепечорский соленосный бассейн, галопелитовый материал, обогащение, раскрытие, сростки, шлиф.

M.S. Vafina, T.R. Shakirov, L.N. Nazharova, A.A. Yusupova

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

e-mail: vak33andrei@yandex.ru

SUBSTANTIAL COMPOSITION AND TECHNOLOGICAL TREATMENT OF POTASSIUM ROCKS OF THE UPPER PECHORA SALT BASIN

Abstract. The material composition of potassium and potassium-magnesium salts of the Upper Pechora salt-bearing basin was studied, their lithological variability was established over the area of productive strata, depending on the tectonic features of the foundation. The main mining and geological conditions that complicate the possibility of their extraction and the environmental conditions for organizing mining and processing production of mineral salts were established. The basic physical and technological properties of sylvinite and carnallite rocks mined by the mine method were studied for their enrichment by halurgical and flotation methods. The

objectives of the work were: determining the material composition, studying textural and structural features and assessing the technological processing of potassium rocks in the Upper Pechora salt-bearing basin. When solving the problems, the following methods were used: a study of the textural and structural features of sylvinites using the petrographic method; the chemical composition of samples and solutions was analyzed by AES spectrometry; the mineral composition of the water-insoluble residue is determined by X-ray quantitative phase analysis.

Keywords: sylvite, carnallite, halite, structure, texture, Upper Pechora salt-bearing basin, halopelitic material, enrichment, opening, intergrowths, thin section.

Введение

Литологическая характеристика галогенных отложений Верхнепечорского месторождения представлена тремя пачками пород. Нижняя пачка сложена темно-серыми алевритистыми и известковистыми аргиллитами с тонкими прослоями темно-коричневого и шоколадно-бурого известняка и зеленовато-серого алевролита. Интересно отметить, что подобные известняки обнаружены в артинских отложениях и на площади Верхнекамского соленосного бассейна, что может свидетельствовать об исключительной выдержанности фациальных условий накопления осадков в это время. Мощность нижней пачки от 60 м до 300 м. Средняя пачка сложена преимущественно песчаниками и алевролитами, среди которых имеются прослои аргиллитов. Мощность пачки 120-140 м. Верхняя пачка характеризуется преобладанием в ее составе песчаников полимиктовых, средне- и мелкозернистых с глинисто-карбонатным цементом. Мощность пачки 110-125 м [1-6].

Характер разреза, вещественный состав и фации кунгурских отложений существенно различны на площадях развития их в восточной части платформы и в прогибе, а в пределах последнего изменяются при движении с запада на восток.

Геологические запасы природных калийных солей Верхнепечорского месторождения при площади 300 км² при мощности пачек 10 м, в среднем установлены $6 \cdot 10^9$ т или 6 млрд. т. Однако, геологические запасы сырья, при их масштабности не определяют возможность промышленного использования месторождения и сильно отличаются от запасов, которые реально могут быть извлечены при эксплуатации месторождения. Для оценки принципиальной возможности разработки месторождения применяется комплексный подход к изучению его геологических, аналитических и технологических свойств в совокупности [7]. При геологическом изучении учитываются требования кондиций, отмечающих такие факторы, как глубина залегания, мощность и структуры продуктивных пластов, состав и качество сырья, гидрогеологические и горнотехнические условия и технология переработки сырья.

Результаты и обсуждения

Каменная соль представляет собой породу, сложенную зёрнами галита, с галопелитовым материалом. Толща подстилающей каменной соли имеет ритмичное строение. Она сложена переслаиванием пластов каменной соли с прослоями галопелитовых пород. Две наиболее мощные пачки последних служат маркирующими горизонтами. Наиболее мощный из них располагается вблизи подошвы подстилающей каменной соли.

Выделяют следующие разновидности каменной соли – среднезернистая (рис. 1) и крупнокристаллическая перистая серая каменная соль, состоящая из одного-двух рядов крупных кристаллов галита, развитых над или внутри галопелитового прослоя; этот вид соли обычно рассматривается как продукт раннего диагенеза или результат донной кристаллизации (рис. 2). Тонкие слои галопелитов часто нарушены будированием или образуют микроскладки, обуславливая слоистость породы от горизонтальной до микроскладчатой.

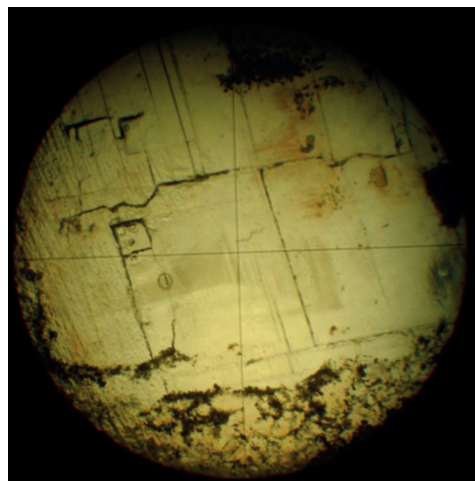


Рис. 1. Каменная соль с зонами роста
(без анализатора, увел. x 2,5)

Fig. 1. Rock salt with growth zones
(without analyzer, magnified x 2.5)

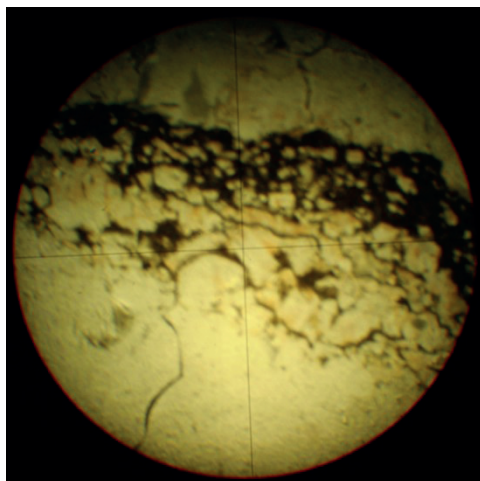


Рис. 2. Прослой галит-галопелитовой породы
брекчиевидной текстуры
(без анализатора, увел. x 2,5)

Fig. 2. Interlayer of halite-halopelite rock
with brecciated texture
(without analyzer, magnified x 2.5)

На месторождении в зависимости от места расположения, выделяют: подстилающую каменную соль, расположенную ниже калийной и калийно-магниевой толщи, межпластовую, внутрипластовую каменные соли и каменную соль, перекрывающая калийную и калийно-магниевую толщу.

Сильвиниты. Калийная (сильвинитовая) зона сложена, в основном, условно слоистой (имеющей мелко и среднезернистую структуру) и со сложным распределением средне-, крупно-, гигантозернистыми разностями сильвина. Мелкозернистый (0,15-1,0 мм) сильвин (рис. 3) и крупнозернистый размерностью (около 5-10 мм) (рис. 4).

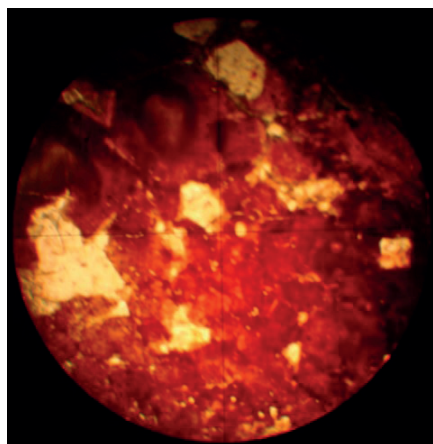


Рис. 3. Сильвин мелкозернистый с интенсивной окраской (без анализатора, увел. x 2,5)

Fig. 3. Silvin fine-grained with intense color
(without analyzer, magnified x 2.5)

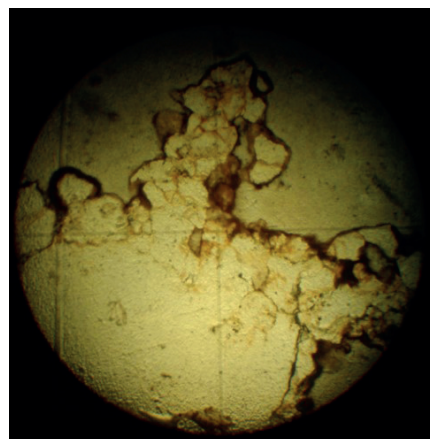


Рис. 4. Пятнистый сильвин с неровными извилистыми краями и буровато-красной каемкой по периферии (без анализатора, увел. x 2,5)

Fig. 4. Spotted sylvine with uneven, sinuous edges and brownish-red border around the periphery
(without analyzer, magnified x 2.5)

Первые (слоистые) характеризуются неравномерным чередованием слоев сильвина, галита и тонкого галопелитового материала, что обуславливает как бы его полосчатость. Сильвин в такой породе может быть представлен мелкими игольчатыми зернами сургучно-красного, вишневого, розового цветов или имеет, более крупные зерна имеют неправильные формы, белую, молочно-белую, красную окраску. Вторые характеризуются различным переплетением отдельных кристаллов и агрегатов зерен сильвина, с галитом в каркасе галит-галопелитового материала. При этом создается причудливая ячеисто-каркасная или неясно-петельчатая текстура породы. В таких породах отдельные крупные зерна сильвина имеют молочно-белый цвет с оторочками микрокристаллического ярко-красного сильвина, а агрегаты зерен сложены оранжево-красным, имеющим нечеткие желтые пятна, сильвином.

Сильвиниты, сложенные мелкозернистой разностью сильвина, обычно имеют слоистое строение, обусловленное чередованием прослоев сильвина и галита. Имеют окраску от сургучно-красной до светло-красной и слоистой текстуры. Всегда содержат в подошве слоев каменной соли прослой галопелитового материала.

Оценка промышленных перспектив калиеносности основана на средневзвешенном содержании хлористого калия в кондиционных пачках. Однако, такой подход не позволяет полностью оценить промышленную перспективность переработки. Для объективной оценки необходимо учитывать фации горизонта калийных солей, минералого-технологические и текстурно-структурные особенности. При наличии вышеперечисленных данных можно разработать технологию обогащения калийных пород.

На сегодняшний день базовыми и распространенными способами переработки калийных солей является флотация и галургия.

При оценке эффективности ныне широко применяемых методов переработки сильвинитовых руд (химического и флотационного) следует учитывать, как их положительные стороны, так и недостатки.

Достоинством галургического способа является возможность переработки тонковкрапленных или рассеянных извлекаемых минералов в горных породах. Основным недостатком этого метода является его повышенная энергоемкость, он требует наличия выпарных установок для нагрева маточных растворов. Это в настоящее время имеет определяющее значение для калийной промышленности стран, импортирующих по высоким ценам необходимые энергоресурсы.

Преимуществом галургического метода является возможность переработки сильвинитовой руды имеющие сростки с галитом. Достаточно обеспечить взаимодействие маточного раствора хотя бы одной стороны минерального агрегата.

Для сильвинитов Верхнепечерского соленосного бассейна были проведены исследования по возможности получения товарного KCl теми способами, которые широко применяют для обогащения сильвинитовой породы на Верхнекамском месторождении (Пермский край).

Галургической переработкой сильвинитовой руды с различным содержанием нерастворимого остатка можно получать хлористый калий, удовлетворяющий по качеству требованиям ГОСТ 4568-95 [8].

Изучение минералого-петрографических особенностей галогенных пород является составной частью исследований, осуществляемых при проведении технологических работ. Полученная в процессе этого изучения информация позволяет не только охарактеризовать вещественный состав данных пород, но и дать прогноз их технологических свойств, а также выработать рекомендации по возможности применения наиболее рационального способа добычи, обогащения и переработки соляных руд.

Перед флотационным переделом сильвинита проведено минералого-петрографическое изучение дробленной пробы с целью выявления степени раскрываемости соляного минерала при различном измельчении породы и в конечном итоге выработка режима дробления, наиболее благоприятного максимальному раскрытию проб.

Результаты опытов по флотационному обогащению представлены в таблице.

Таблица – Результаты опытов по флотационному обогащению

Продукты	Выход, %	Содержание %, тв		Извлечение от руды, %, тв		Извлечение от питания флотации KCl, %, тв	
		KCl	H.O.	KCl	H.O.	KCl	H.O.
Руда	100,0	19,72	12,15	100,0	100,0	100,0	100,0
Шламовый продукт	14,68	13,51	39,21	10,04	47,41		
Питание флотации KCl	85,42	18,81	2,25	81,49	15,80	100,0	100,0
Концентрат	14,18	91,85	0,86	66,02	1,32	81,02	8,35
Хвосты	85,82	1,98	1,99	8,62	14,07	18,98	91,65

Флотационное обогащение технологической пробы проводили на лабораторной флотома-
шине ФМ-1М. Флотация проведена с выделением в пенный продукт калийного концентрата
(прямая селективная флотация).

Содержание K_2O в готовом продукте составляет 58,03 % масс, что по содержанию K_2O соот-
ветствует марке хлорида калия 2-го сорта [9]. Таким образом, из сильвинитовых пород, согласно
технологическим пробам исследованных промышленных пластов, при переработке их методом
флотационного обогащения возможно получение хлорида калия, соответствующего ГОСТ 4568-95.

Заключение

По результатам аналитических и минералого-петрографических работ изучен веществен-
ный состав калийных и калийно-магнелиевых солей Верхнепечорского соленосного бассейна,
установлена их литологическая изменчивость по составу, содержанию нерастворимого остатка.

Изучены основные физико-технологические свойства калийных (сильвинитовых) пород и
слагающих их минералов. Установлено, что по этим свойствам они пригодны для существую-
щих методов добычи и переработки.

Дана технологическая оценка сильвинитовых пород, добытых шахтным способом, на их
обогатимость стандартными способами переработки (галургическим и флотационным), с полу-
чением из них конечных продуктов в виде хлористого калия, соответствующего ГОСТ 4568-95.

Литература

1. Тектоническая карта Печорской плиты. Научные доклады. – Сыктывкар : Коми НЦ
УрОРАН. Вып. 142. – 1985. – 12 с.
2. Вишняков, А.К. Строение и условия формирования калийных солей западной части
Верхнепечорского соленосного бассейна / А.К. Вишняков, М.С. Вафина, О.О. Игнатович. –
Текст: непосредственный // Отечественная геология. – 2018. – № 2. – С. 70-78.
3. Яржемский, Я.Я. Калийные и калиеносные галогенные породы / Я.Я. Яржемский. –
Новосибирск : Наука, 1967. – 95 с. – Текст: непосредственный
4. Ходьков, А.Е. О происхождении замещенных зон на Верхнекамском месторождении /
А.Е. Ходьков. – Текст: непосредственный // Труды ВНИИГ. – 1956. Вып. 32. – 314 с.
5. Валеев, Р.Н. Тектоника и эпигенез галогенных отложений / Р.Н. Валеев, А.К. Вишняков.
– Текст: непосредственный // Условия формирования и закономерности размещения месторож-
дений нерудного минерального сырья Европейской части СССР. – Казань : Издательство КГУ,
1976. – С. 101-129.
6. Яржемская, Е.А. Вещественный состав галопелитов / Е.А. Яржемская. – Текст: непосред-
ственный // Труды ВНИИГ. – 1954. Вып. 29. – С. 260-314.
7. Кашкаров, О.Д. Технология калийных удобрений / О.Д. Кашкаров, И.Д. Соколов. –
Ленинград : Химия, 1978. – 248 с. – Текст: непосредственный.

8. Соколов, И.Д. Галургия / И.Д. Соколов. – Ленинград : Химия, 1983. – 368 с. – Текст: непосредственный.
9. Здановский, А.Б. Галургия / А.Б. Здановский. – Ленинград : Химия, 1972. – 528 с.

References

1. Tektonicheskaja karta Pechorskoj plity. Nauchnye doklady. – Syktyvkar : Komi NC UrORAN. Vyp. 142. – 1985. – 12 s.
2. Vishnjakov, A.K. Stroenie i uslovija formirovanija kalijnyh solej zapadnoj chasti Verhnepecherskogo solenosnogo bassejna / A.K. Vishnjakov, M.S. Vafina, O.O. Ignatovich. – Tekst: neposredstvennyj // Otechestvennaja geologija. – 2018. – № 2. – S. 70-78.
3. Jarzhemskij, Ja.Ja. Kalijnye i kalienosnye galogennye porody / Ja.Ja. Jarzhemskij. – Novosibirsk : Nauka, 1967. – 95 с. – Текст: непосредственный
4. Hod'kov, A.E. O proishozhdenii zameshhennyh zon na Verhnekamskom mestorozhdenii / A.E. Hod'kov. – Tekst: neposredstvennyj // Trudy VNIIG. – 1956. Vyp. 32. – 314 s.
5. Valeev, R.N. Tektonika i jepigenez galogennyh otlozhenij / R.N. Valeev, A.K. Vishnjakov. – Tekst: neposredstvennyj // Uslovija formirovanija i zakonornosti razmeshhenija mestorozhdenij nerudnogo mineral'nogo syr'ja Evropejskoj chasti SSSR. – Kazan': Izdatel'stvo KGU, 1976. – S. 101-129.
6. Hod'kov, A.E. O proishozhdenii zameshhennyh zon na Verhnekamskom mestorozhdenii / A.E. Hod'kov // Trudy VNIIG. – 1956. Vyp. 32. – 314 s. – Текст: непосредственный.
7. Jarzhemskaja, E.A. Veshhestvennyj sostav galopelitov / E.A. Jarzhemskaja. – Tekst: neposredstvennyj // Trudy VNIIG. – 1954, Vyp. 29. – S. 260-314.
8. Kashkarov, O.D. Tehnologija kalijnyh udobrenij / O.D. Kashkarov, I.D. Sokolov. – Leningrad : Himija, 1978. – 248 s. – Текст: непосредственный.
9. Sokolov, I.D. Galurgija / I.D. Sokolov. – Leningrad : Himija, 1983. – 368 s. – Текст: непосредственный.
10. Zdanovskij, A.B. Galurgija / A.B. Zdanovskij. – Leningrad : Himija, 1972. – 528 s.

Сведения об авторах

ВАФИНА Марианна Спиридоновна – ассистент и аспирант кафедры технологии неорганических веществ и материалов Казанского национального исследовательского технологического университета, e-mail: vak33andrei@yandex.ru

VAFINA Marianna Spiridonovna – assistant and postgraduate student, Department of Technology of Inorganic Substances and Materials, Kazan National Research Technological University, e-mail: vak33andrei@yandex.ru

ШАКИРОВ Тимур Рустамович – к.т.н., доцент кафедры технологии неорганических веществ и материалов Казанского национального исследовательского технологического университета, e-mail: vak33andrei@yandex.ru

SHAKIROV Timur Rustamovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technology of Inorganic Substances and Materials, Kazan National Research Technological University, e-mail: vak33andrei@yandex.ru

НАЖАРОВА Лилия Назилевна – к.т.н., доцент кафедры технологии неорганических веществ и материалов Казанского национального исследовательского технологического университета

NAZHAROVA Liliya Nazilevna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technologies of Inorganic Substances and Materials, Kazan National Research Technological University

ЮСУПОВА Алсу Ансаровна – д.т.н., проф. кафедры технологии неорганических веществ и материалов Казанского национального исследовательского технологического университета

YUSUPOVA Alsu Ansarovna – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Technology of Inorganic Substances and Materials, Kazan National Research Technological University

Н.Н. Зинчук, Л.Д. Бардухинов

Западно-Якутский научный центр (ЗЯНЦ) АН РС (Я), г. Мирный, Россия

e-mail.ru: nnzinchuk@ramber.ru

e-mail.ru: BarduchunovLD@alrosa.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АЛМАЗОВ ИЗ КИМБЕРЛИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Аннотация. В результате комплексного сравнительного изучения алмазов из промышленно продуктивных диатрем Далдынского поля (ДКП) Сибирской платформы (Удачная и Зарница) получены типоморфные особенности минерала, позволяющие диагностировать ореолы рассеяния кимберлитового материала в осадочных толщах. Алмазы из кимберлитов трубки Удачная по комплексу типоморфных особенностей имеют много общих черт с кристаллами из других месторождений Далдыно-Алакитского алмазоносного района. Из свойственных только трубке Удачная свойств можно отнести повышенное содержание кубов II и III разновидностей близких по своим особенностям к алмазам из глубинных включений эклогитов. Для трубки Зарница характерно резкое преобладание кристаллов ромбододекаэдрического габитуса I разновидности при значительном (более 30 %) содержании типичных округлых алмазов. В целом алмазы из месторождений ДКП характеризуются комплексом типоморфных особенностей, позволяющим уверенно отличать их от аналогичных минералов из диатрем других алмазоносных полей и районов Сибирской платформы.

Ключевые слова: Сибирская платформа, алмазы, алмазоносность, типоморфные свойства, Далдынское кимберлитовое поле.

N.N. Zinchuk, L.D. Barduchunov

West-Yakutian Scientific Centre (WYSC) of the Sakha Republic (Yakutia)

Academy of Sciences, Mirny, Russia

e-mail.ru: nnzinchuk@ramber.ru

e-mail.ru: BarduchunovLD@alrosa.ru

COMPARATIVE FEATURES OF DIAMONDS FROM KIMBERLITE DEPOSITS IN THE NORTHERN PART OF THE SIBERIAN PLATFORM

Abstract. A complex comparative study of diamonds from commercially productive diatremes of Daldyn-Alakitsky field (Udachnaya, Zarnitsa) determined mineral typomorphic features, which allows diagnosing dispersion haloes of kimberlite material in sedimentary thick layers. By the set of typomorphic features, diamonds from Udachnaya pipe have many common features with crystals of other deposits of Daldyn-Alakitsky diamondiferous region. Increased content of variety II and III cubes, close by their features to diamonds from deep inclusions of eclogites, may be referred as inherent only to the Udachnaya pipe features. Zarnitsa pipe demonstrated pronounced prevalence of rhombic dodecahedral habit crystals of variety I with large concentration (> 30 %) of typically rounded diamonds. On the whole, diamonds of Daldyn field are characterized by a complex of typomorphic features, which allow distinguishing them from diatremes of other diamondiferous regions of the Siberian platform with confidence.

Keywords: Siberian platform, diamonds, diamondiferousness, typomorphism of minerals, Daldyn kimberlite field.

Введение

Далдынское кимберлитовое поле (ДКП) выделено геологами на северо-востоке Далдыно-Алакитского алмазоносного района (ДААР) Сибирской платформы (СП). В свою очередь, ДААР находится [4, 5, 10-12, 18-20] на стыке Анабарской антеклизы с северо-восточной окраинной Тунгусской синеклизой (ТС). На этой территории в его северо-восточной части преобладают карбонатные породы (известняки, доломиты, аргиллиты и мергели) нижнего ордовика (чуньский ярус) и верхнего кембрия. В отличие от этого, на юго-западе (в бассейне верховьев рек Алакит и Марха), закартированы пестроцветные глинисто-карбонатные отложения среднего ордовика (криволуцкий ярус) и известняки лландоверского яруса нижнего силура. Характерно для этой территории широкое распространение верхнепалеозойских терригенных образований (глинистые сланцы, алевролиты и песчаники) среднего и верхнего карбона, а также осадочных пород нижней и верхней перми. Многочисленные секущие и пластовые интрузии долеритов (мощностью до 150 и более метров) на многих участках интродуцируют палеозойские осадочные толщи.

Кимберлитовые магматиты среднепалеозойского возраста (D_3-C_1) часто прорывают нижнепалеозойские терригенно-карбонатные толщи. Характерна приуроченность кимберлитовых диатрем к Вилюйско-Котуйской зоне глубинных разломов, обозначенных дайками долеритов и перегибами в породах нижнего палеозоя.

Объекты, методология исследований и обсуждение результатов

Открытые в ДКП около 60 кимберлитовых трубок и 7 даек приурочены к магноподводящей зоне северо-восточного простирания (протяженностью около 150 км и ширине 40-50 км.), совпадающей [15-17, 25] с направлением Вилюйской рифтовой системы (ВРС), сформировавшейся на глубине как дизъюнктивная структура растяжения. Кимберлитовые тела в ДКП контролируются разрывными нарушениями, активизировавшимися в эпоху кимберлитового магматизма. По характеру залегания кимберлитовые тела разделены на: а) выходящие полностью на дневную поверхность (перекрытые только делювием); б) погребенные (частично и полностью) под верхнепалеозойскими отложениями. Преобладают в описываемом поле трубчатые тела кимберлитов с небольшим количеством даек. Доминируют в телах ДКП эруптивные брекчии (ЭБ) мелко- и среднеобломочного строения. Значительно реже встречаются кимберлитовые: туфы (КТ), брекчии (КБ), туфобрекчии (КТБ) и массивные образования (МК) порфировой структуры. В ДКП доминируют мелкие тела, сложенные ЭБ. Сложное строение имеют крупные кимберлитовые диатремы, в которых обычно наблюдаются брекчии нескольких фаз внедрения. В отдельных диатремах присутствуют КТ, КТБ, а также ЭБ и МК. Сочетание кимберлитовых пород в трубках является отражением последовательности образования отдельных фаз и их размещения в вертикальном разрезе диатрем. Особенности взаимоотношения отдельных фаз и механизма их становления указывают на процессе формирования этих пород и их определенной последовательности: первыми образуются КТ и КТБ, затем ЭБ и МК. Крупные кимберлитовые трубки ДКП относятся к сложным телам с несколькими самостоятельными фазами внедрения кимберлитового расплава. Различия между фазами не всегда контрастны, что затрудняет типизацию пород. Наиболее информативными особенностями типизации кимберлитов считаются [6-9, 14-17, 26-29]: содержание инертных компонентов (TiO_2 , Al_2O_3 , $FeO_{\text{общ.}}$, K_2O , P_2O_5); физические свойства и химический состав индикаторных минералов (ИМК); концентрация глубинных пород, а также ксенолитов кристаллических и осадочных образований; особенности основной массы кимберлитов; алмазоносность и свойства алмазов; характеристика контактов между разными фазами пород. В составе обломочного материала в КБ обнаружены обломки как родственных, так и чуждых кимберлитам пород, и минералов. Часто встречаются включения кимберлитов ранней генерации (автолиты). Среди минералов доминирует оливин (от 15 до 50 %) или его обломки, но чаще встречаются псевдоморфозы серпентина, кальцита и магнетита. В составе основной массы кимберлитов превалируют серпентин-карбонатные агрегаты,

а также псевдоморфозы по оливину второй генерации, мелкие зерна магнетита и перовскита. В редко встречающихся слюдистых разностях КБ существенно возрастает доля флогопита I и II генерации. Редко встречаемые МК слагают блоки в центральных участках диатрем (Удачная, Дальняя и др.). Однако в ряде трубок (Мархинская, Липа и др.) и большинстве даек ДКП отмечено доминирование МК, содержащие примесь обломочного материала. Для пород характерны порфиновые вкрапленники оливина (или псевдоморфоз по нему) и чешуек слюды. В кимберлитовых породах даечной фации существенно уменьшается, по сравнению с кимберлитами трубок, роль ксенолитов вмещающих пород. Для кимберлитов характерна мелко- и крупнопорфировая структура. Часто для основной массы кимберлитовых пород характерна флюидальность, вызванная расположением удлинённых выделений по оливину, микролитов и лейст слюдистых образований, а также апатита. Для ПК свойственна повышенная роль суммарного железа и пониженная CaO и CO_2 . Кимберлиты даечных фаций сильно карбонатизированы. Отмечена сравнительно меньшая дифференцированность кимберлитовых пород ДКП по сравнению с аналогичными образованиями СП. Для кимберлитов центральной части ДКП, по сравнению с периферийными частями, установлена повышенная роль отношения K/Rb [21-24]. В таком же направлении зафиксирована пониженная роль TiO_2 в пикроильмените.

Наиболее интересными и важными кимберлитовыми объектами ДКП являются трубки Удачная и Зарница, успешно разрабатываемые АК «АЛРОСА» (ПАО). Отдельные диатремы (Дальняя, Геофизическая и др.) отнесены [2,11,13,17,22,37] к полупромышленным объектам и при экономической целесообразности могут вовлекаться в эксплуатацию. *Кимберлитовая трубка Удачная* представляет собой [7, 31-33] два сопряженных тела (восточное и западное), образуя на поверхности в плане фигуру, похожую на искажённую восьмерку (рис. 1). Трубка прослежена буровыми скважинами до глубины 1400 м, подтвердив постепенное уменьшение с глубиной, переходя в жилы. До глубины 250 м оба тела непосредственно контактируют друг с другом, а глубже они разобщены и на глубине 600 м становятся почти округлыми. На глубинах 800-1400 м контакты обоих тел меняются, обуславливая различный характер их морфологии. На этих же горизонтах восточное рудное тело (ВРТ) имеет вытянутую в северо-восточном направлении эллипсовидную форму. Как в вертикальном, так и в горизонтальном сечениях оно характеризуется выдержанностью падения контактов. На юго-западе и северо-востоке ВРТ, начиная с глубины 800 м, отмечено северо-восточное падение обоих контактов. В отличие от этого, юго-западный контакт ВРТ сохраняет такое падение до глубины 1400 м. Для западного рудного тела (ЗРТ) отмечена удлинённая в северо-западном направлении эллипсовидная форма, меняющаяся с глубиной, приобретая изометричные очертания. На глубине 1200 м ЗРТ расчленяется на два тела с самостоятельными подводящими каналами жильного облика. На глубине 300 м перемычка между телами равна 25 м, увеличиваясь на глубине 800 м до 80 м и до 130 м при 1000 м. На поверхности между телами отмечен постепенный контакт. Довольно интересными являются зоны интенсивного дробления КБ обоих тел, сопровождаемые повышенным изменением пород отмеченные в верхних частях диатремы. Трубка Удачная прорывает [34-36] комплекс пород, доминируют в котором доломиты, доломитизированные известняки, мергели, аргиллиты, алевролиты, песчаники, известковистые конгломераты нижнего ордовика (в поверхностной части), а также верхнего и среднего кембрия (на глубоких горизонтах). Процесс внедрения диатремы привел к образованию во вмещающих осадочных породах различных дислокаций.

Нередко в приповерхностной части трубки на контакте кимберлитов с вмещающими породами сильно изменены до глинистого рыхловатого состояния [7-9, 37], что наиболее характерно для кимберлитов ЗРТ. Мощность измененной зоны с глубиной приконтактной диатремы постепенно уменьшается. Такой состав вмещающих диатрему осадочных пород обусловил наличие в обоих телах трубки Удачная ксенолитов осадочных пород, среди которых доминируют известняки, доломитистые известняки, доломиты, мергеля, песчаники и алевролиты. Существенно

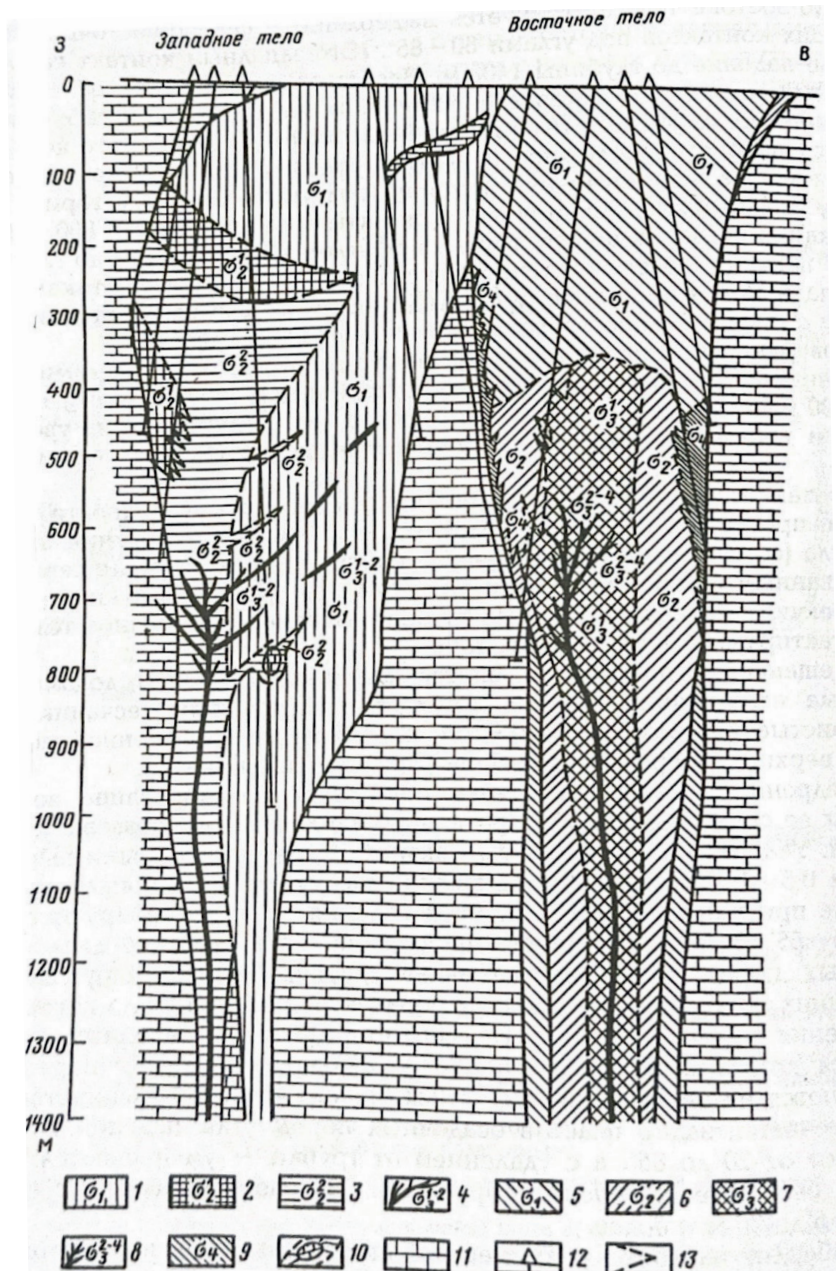


Рис. 1. Геологический разрез кимберлитовой трубки Удачная [34]:

1-4 – западное тело: 1-3 – кимберлитовая брекчия (1 – первой фазы внедрения, 2 – второй фазы с первичными текстурами течения, 3 – то же, с массивной текстурой связующей массы); 4 – жильные кимберлиты заключительной фазы; 5 – 9 – восточное тело: 5-7 – кимберлитовая брекчия (5 – первой фазы внедрения с массивной текстурой связующей массы, 6 – второй фазы, 7 – третьей фазы); 8 – жильные кимберлиты; 9 – кимберлиты четвертой фазы; 10 – крупные ксенолиты вмещающих пород; 11 – вмещающие кимберлитовые породы; 12 – скважины; 13 – контакты между кимберлитами разных фаз

Fig. 1. Geological section of the Udachnaya kimberlite pipe [34]:

1-4 – western body: 1-3 – kimberlite breccia (1 – the first phase of introduction, 2 – second phase with primary flow textures, 3 – same, with a massive texture of the binding mass); 4 – vein kimberlites of the final phase; 5 – 9 – eastern body: 5-7 – kimberlite breccia (5 – first phase embeddings with a mass texture of the binding mass, 6 – second phase, 7 – third phase); 8 – vein kimberlites; 9 – kimberlites of the fourth phase; 10 – large xenoliths of host rocks; 11 – host kimberlite rocks; 12 – wells; 13 – contacts between kimberlites of different phases

изменяется и размер ксенолитов, варьирующий от мельчайших (доли миллиметра) обломков до гигантских (сотни метров в поперечнике) «плавающих рифов». Крупные ксенолиты осадочных пород наиболее характерны для приповерхностной северо-восточной части ЗРТ. По мнению отдельных исследователей, [10-12, 17-20, 23-26], ЗРТ предшествовало образованию ВРТ. При этом ЗРТ до глубины 450-530 м от поверхности выполнено серой и зеленовато-серой КБ (первая фаза внедрения), характеризующейся кристаллолитокластической или автолитовой структурами, участками сильно измененной постмагматическими процессами, являясь апокимберлитами [12, 38]. В отдельных участках ЗРТ псевдоморфозы по оливину достигают до 25 % объема кимберлита. Существенную роль здесь играет ксеногенный материал, представленный обломками осадочных пород, кристаллических сланцев и в небольшом количестве глубинных ультраосновных образований. Часто ядрами или центрами автолитов являются ксенолиты осадочных или метаморфических пород. Основная масса таких кимберлитов представлена карбонат-серпентиновыми агрегатами, мелкими выделениями магнетита и псевдоморфозами по оливину. Основной объем трубки выполняют КБ второй фазы внедрения. Автолиты нередко различаются объемами микролитов карбонатов. В слабо измененных КБ основная масса имеет серпентиновый и карбонат-серпентиновый состав, хотя в интервалах более интенсивного дробления в ней доминируют карбонаты. На некоторых глубинах диатремы (294-409 м и др.) скважинами вскрыт пепельно-серый кимберлит с низким (меньше 5 %) содержанием ксенолитов осадочных пород. Встречаются в кимберлитах автолиты, различающиеся количеством флогопита. Установлено сложное строение кимберлитов глубоких горизонтов ВРТ трубки Удачная [21-23], обусловленное многофазным обликом пород. Отмечено различие мнений исследователей, выделяющих от двух до пяти типов кимберлитов в каждом из тел. Мы склоняемся к группе исследователей, выделяющим в каждом теле по три разновидности пород, различающихся количеством и характером распределения почти не измененного оливина, граната, ксеногенного материала и автолитов. Верхние горизонты диатремы сложены первой разновидностью, в то время как вторая выполняет эндоконтактные зоны глубже 350 м. Центральные части ВКТ (ниже 400 м) выполнены КБ третьей разновидности. Уникальные по сохранности кимберлитовые породы, вскрытые в центральной части ВРТ (глубины 350-430 и 600-650 м), характеризуются брекчиевой текстурой и высокими концентрациями почти не затронутых серпентинизацией оливина [10-14, 20-23], а также порфировой структурой. Вкрапленники оливина представлены зернами (размером более 1,0-2,5 мм) удлинено-овальной, изометрической и неправильной формы, часто с реликтами кристаллографической огранки. Реже встречаются идиоморфные или удлинено-овальные зерна оливина размером меньше 0,5 мм. Концентрация такого неизмененного оливина в тяжелой фракции кимберлитовых пород достигает до 216 кг/т [24-26]. В «свежем» кимберлите для восточного тела трубки Удачная идентифицированы земкорит, шортит, монтичеллит, периклаз и санидин. Для трубки Удачная характерны [11-14, 18-21] внутритрубочные и дотрубочные дайки, расположенные во вмещающих породах и имеющих северо-восточное, субширотное, субмеридиональное и северо-западное простирание, протягивающиеся от первых десятков до 500 м.

Результаты исследований алмазов [1-5, 17-19] позволили получить информацию об условиях их образования, последующего существования и изменения, что очень важно для совершенствования методики прогнозирования, поисков и оценки коренных и россыпных месторождений алмазов. Наиболее информативными являются следующие методы изучения: морфологии, фотолюминесценции, распределения оптически активных азотных и водородных центров, электронный парамагнитный резонанс, химический состав твердых включений в алмазах и др. Главнейшими из них являются определения принадлежности алмазов к определенной минералогической разновидности, что проводится с использованием комплекса взаимосвязанных признаков и свойств. Многолетними исследованиями алмазов из россыпей и кимберлитовых тел СП, с применением минералогической классификации, предложенной Ю.Л. Орловым [30]

и имеющей глубокое физическое обоснование [21-25], по которой выделяется 11 генетических разновидностей алмазов (с дополнительным разделением кристаллов отдельных разновидностей по габитусу и морфологическим типам кристаллов), накоплен громадный фактический материал по типоморфным особенностям минерала из кимберлитовых диатрем, современных отложений и разновозрастных вторичных коллекторов с выделением типов их первоисточников. В настоящей работе использованы доступные материалы исследований специалистов, проводимых в различные годы под руководством известных специалистов-алмазников: К.П. Аргунова, В.П. Афанасьева, З.В. Бартошинского, Ю.М. Биленко, А.П. Бобриевича, А.И. Боткунова, М.А. Гневушева, Э.С. Ефимовой, В.Р. Захаровой, В.И. Коптиля, В.Н. Квасницы, А.И. Махина, В.П. Миронова, А.Д. Харькива, Г.К. Хачатрян и др. Сравнительному анализу в данной работе по ДКП использовано около 20000 комплексно изученных кристаллов алмаза.

Алмазы из кимберлитов *трубки Удачная* по комплексу типоморфных особенностей (рис. 2) имеют много общих черт с кристаллами минерала из диатрем Сытыканская и Комсомольская [14-17]. В описываемой диатреме доминируют прозрачные бесцветные (реже эпигенетически окрашенные в дымчато-коричневые цвета слабой интенсивности) кристаллы I разновидности по Ю.Л. Орлову [30], составляющие до 90 % всех изученных индивидов (рис. 3 и 4). Из других разновидностей наиболее распространенными являются поликристаллические агрегаты VIII и IX разновидностей (соответственно, от 3 до 15 % общего количества всех кристаллов). Алмазы II разновидности – это равномерно окрашенные в желтые и оранжевые цвета кристаллы кубического (реже октаэдрического и ромбододекаэдрического) габитуса, не светящихся в рентгеновских лучах, среди которых выделяется [15, 19] два генетических ряда, различающиеся формами кристаллов (октаэдрический и кубический).



Рис. 2. Фото алмазов из кимберлитов восточного тела трубки Удачная (Далдынское поле)

Fig. 2. Photo of diamonds from kimberlites of the eastern body of Udachnaya tube (Daldyn field)

Алмазы III разновидности – бесцветные и окрашенные в серые цвета кристаллы кубического габитуса, острые, со своеобразной внутренней текстурой, не светящиеся в рентгеновских лучах. К IV разновидности относятся обычные зональные кристаллы с бесцветным ядром и оболочкой, окрашенной в желтый, зеленый, реже светло-серый цвет. В основном это кристаллы ряда октаэдр-ромбододекаэдр-куб. Алмазам из кимберлитов трубки Удачная присущи также свойственные только этой диатреме особенности (рис. 3 и 4), главными из которых – повышенное содержание кубов II и III разновидностей, близких по своим особенностям к кристаллам из включений эклогитов [20-26], существенная доля сингенетических включений, повышенное содержание обломков, бесформенных осколков и камней с желтой фотолюминесценцией (рис. 5).

Отмечено заметное колебание в распределении алмазов по рудным столбам и разновидностям кимберлитов трубки Удачная. В ЗРТ отмечено сравнительно высокое содержание кристаллов II и III разновидностей [1-3, 14-16]. Среди алмазов I разновидности преобладают кристаллы октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов (в сумме 29-46 %) при высокой роли ламинарных кристаллов с занозистой штриховкой (26-40 %). В резко подчиненном количестве в трубке Удачная отмечены остальные морфологические группы алмазов I разновидности. Дodeкаэдрониды с шагренью и полосами пластической деформации отмечены в подчиненном количестве (5-16 %). В жильном кимберлите ЗРС установлено повышенное количество округлых алмазов. Встречены в описываемой диатреме также псевдогемиморфные кристаллы I разновидности, реже бесцветные кубы и тетрагексаэдрониды. Отмечены заметные колебания в вертикальном разрезе обоих рудных тел содержания алмазов различных морфогенетических групп I разновидности. Исследованиями не установлено существенных различий по габитусу и морфогенетическим группам

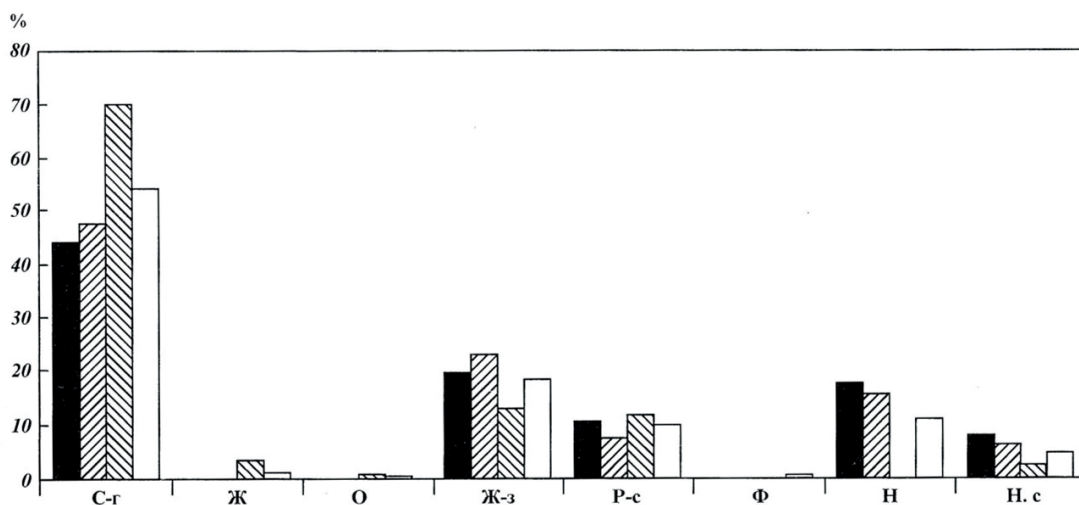


Рис. 3. Типоморфные особенности алмазов из кимберлитовых тел Далдынского поля:

1-1У, УШ – разновидности алмазов по Ю.Л.Орлову (О – октаэдры, ОД – переходные формы, Р – ламинарные ромбододекаэдры, Д1 – додекаэдры скрытослоистые, Д2 – додекаэдры с шагренью, К – кубы, б/т – осколки); 1 – 3 – трубки: восточное тело трубки Удачная, 2 – западное тело трубки Удачная, 3 – Зарница, 4 – среднее по полю

Fig. 3. Typomorphic features of diamonds from kimberlite bodies of the Daldyn field:

1-1U, USH – varieties of diamonds according to Orlov (O – octahedra, OD – transitional forms, P – laminar rhombododecahedra, D1 – hidden-layered dodecahedra, D2 – dodecahedra with shagreen, K – cubes, b/t – fragments); 1 – 3 – pipes: eastern body of the Udachnaya pipe, 2 – western body of Udachnaya pipe, 3 – Zarnitsa, 4 – average in the field

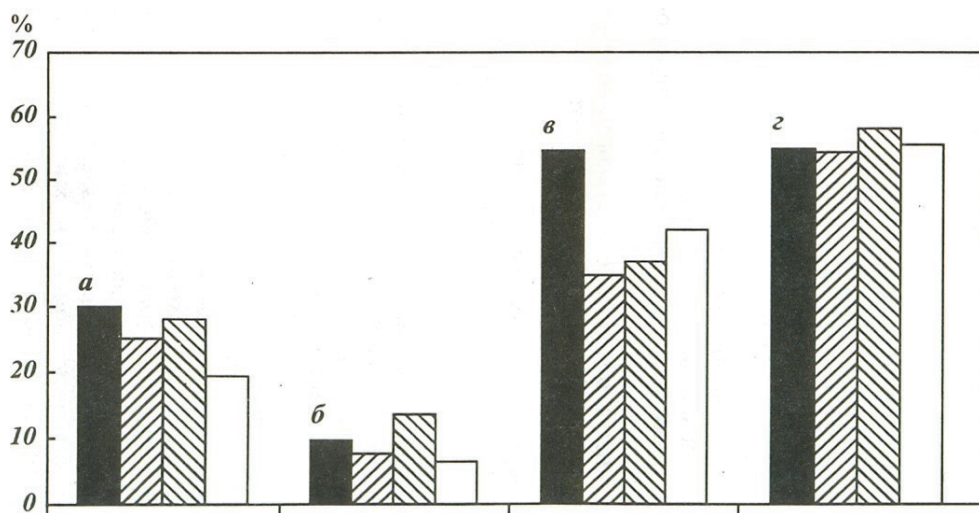


Рис. 4. Некоторые типоморфные особенности алмазов из кимберлитовых тел Далдынского поля:

а – двойники и сростки; б – двойники; в – окрашенные алмазы; г – алмазы с твердыми включениями.

Условные обозначения см. на рис. 3

Fig. 4. Some typomorphic features of diamonds from kimberlite bodies of the Daldyn field:

а – twins and accretions; б – twins; в – colored diamonds; г – diamonds with solid inclusions.

See the legend in Fig. 3

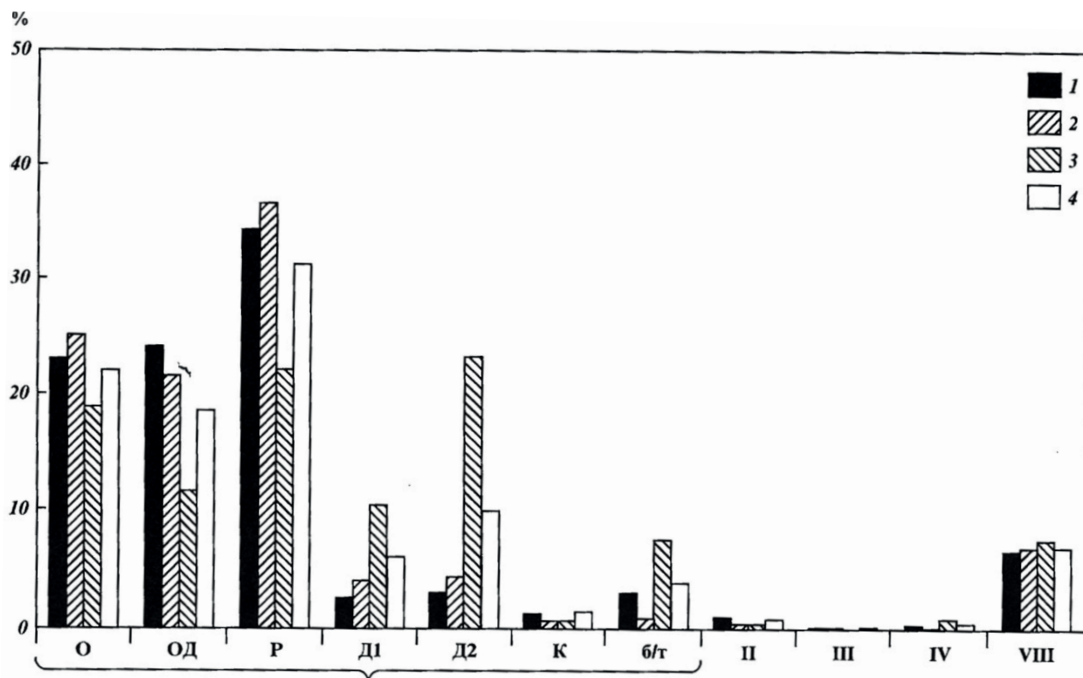


Рис. 5. Фотолюминесцентные особенности алмазов из кимберлитовых тел Далдынского поля:

Цвет люминесценции: С-г – сине-голубой, Ж – желтый, О – оранжевый, Ж-з – желто-зеленый, Р-с – розово-сиреневый, Ф – фиолетовый, Н – неопределенный, Н.с. – не светящиеся алмазы; прочие условные обозначения см. на рис. 3

Fig. 5. Photoluminescent features of diamonds from kimberlite bodies of the Daldyn field:

Luminescence color: C-g – blue-blue, W – yellow, O – orange, W-z – yellow-green, R-s – pink-lilac, F – purple, H – indeterminate, N.S. – non-luminous diamonds; see other symbols in Fig.3

кристаллов в различных разновидностях кимберлитовых пород в кимберлитах трубки Удачная. В жильном кимберлите ЗРС в повышенном количестве содержатся додекаэдриды с шагренью и полосами пластической деформации. Среди алмазов трубки Удачная, по сравнению с другими разведанными диатремами СП, отмечена повышенная роль (7-26 %) бесформенных осколков без признаков первоначальной огранки, часть из которых имеют несомненно техногенную природу (рис. 6), что связано [17, 26] с повышенными физико-механическими свойствами кимберлитов диатремы. Для кимберлитов трубки Удачная характерны как целые, хорошо индивидуализированные монокристаллы, так и двойники (30-34 %) по шпинелевому закону и различного рода сростки. Реже (3-13 %) встречаются вростки и поликристаллические сростки. Для кимберлитов трубки Удачная характерна существенная роль принадлежит окрашенным в различные цвета камням, в отдельных интервалах, составляющих до половины (а иногда и более) алмазной продукции диатремы. Преобладают индивиды, окрашенные в дымчато-коричневые, реже лилово-коричневые цвета. Алмазы III и VIII-IX разновидностей часто окрашены в серые цвета из-за эпигенетических включений графита. К другим цветовым разностям минерала относятся желтая и желто-зеленая окраска, характерные для кристаллов II и IV разновидности. Редкой является соломенно-желтая и цвета морской волны окраска кристаллов I разновидности. Повышенное количество окрашенных кристаллов установлено в КБ и жильном кимберлите ЗРС и породах ВРС. Закономерностей в распределении окрашенных алмазов в отдельных разновидностях кимберлитов в вертикальном разрезе диатремы не установлено [14-17]. Пониженное содержание окрашенных камней установлено в ПК ВРС. По особенностям фотолюминесценции алмазов в кимберлитах трубки Удачная преобладают (28-55 %) индивиды с сине-голубым свечением (рис. 7). Алмазы с розово-сиреневым, зеленым и слабым неопределенного цвета встречаются редко. Еще реже встречаются индивиды с желтым и оранжевым свечением, а также без признаков видимого свечения в ультрафиолетовых лучах.

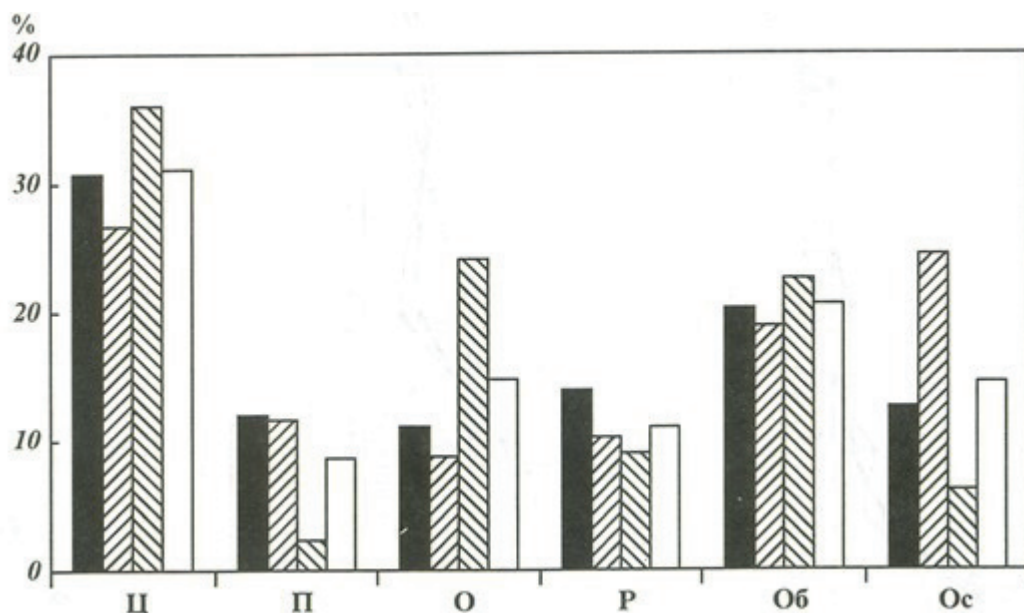


Рис. 6. Сохранность (целостность) алмазов из кимберлитовых тел Далдынского поля:

ц – целые кристаллы, П – поврежденные, О – обломанные, Р – расколотые, Об – обломки, Ос – осколки; прочие условные обозначения см. на рис.3

Fig. 6. The safety (integrity) of diamonds from kimberlite bodies of the Daldyn field:

c – whole crystals, P – damaged, O – broken, P – split, Ob – fragments, Os – fragments; other symbols see Fig.3

Роль кристаллов с желтым свечением в целом по трубке Удачная заметно выше по сравнению с алмазами других кимберлитовых тел СП. Заметными колебаниями по разрезу диатремы в вертикальном разрезе рудных тел характеризуются алмазы с различными цветами фотолюминесценции. Пониженное количество алмазов с сине-голубой фотолюминесценцией установлено на глубоких горизонтах (600-900 м) КБ ЗРС и ВРС. Одновременно увеличивается роль кристаллов с розово-сиреневым или слабым, неопределенного цвета свечением. Однако отдельные разновидности кимберлитов трубки Удачная по фотолюминесцентным особенностям алмазов между собой в целом различаются незначительно, за исключением жильного кимберлита ВРС и ЗРС. В алмазах трубки Удачная обнаружены [24-27] сингенетические включения ультраосновной (оливин, хромит, малиновый гранат, энстатит и хромдиопсид) и эклогитовой (оранжевый гранат и омфацит) ассоциаций. Наиболее распространенным среди эпигенетических включений в алмазах описываемой диатремы является графит. Среднее содержание азота в алмазах из кимберлитов трубки Удачная невысокое [6-9] – 295 at ppm, причем А-центр составляет около 70 % общей концентрации А- и В1- дефектов (рис. 7). Отмечена также несколько повышенная роль водородного центра ($1,3 \text{ см}^{-1}$). Наиболее низким среди алмазов из кимберлитов ДААР характеризуется для кристаллов трубки Удачная содержание «пластиночных» дефектов (Р или В2).

Кимберлитовая трубка Зарница расположена на правом берегу р. Далдын (водораздел ручьев Дыха и Загадочного) в поле сплошного развития ордовикских отложений (рис. 8). По размеру (площадь 32 га) она занимает второе место на СП после трубки Юбилейная. Сечение верхних горизонтов диатремы имеет овально-округлую, близкую к изометричной форму, а вид вертикального сечения – конический. Трубка прорывает карбонатные и глинисто-карбонатные породы нижнего палеозоя и верхнего кембрия. На контакте трубки с вмещающими породами отмечено несколько зон нарушений: а) пликтивных дислокаций; б) интенсивного дробления и дизъюнктивных дислокаций; в) брекчирования и интенсивного приконтактного изменения. Выделено [4, 14, 26] пять разновидностей кимберлитов, различающихся окраской, насыщенностью ксенолитами и измененностью вторичными процессами. По текстурно-структурным признакам кимберлитовых пород диатремы разделяются на два типа: в пределах разведанной верхней части рудное тело сложено АКБ, а ниже 450 м залегают КБ с массивной текстурой цемента. В приконтактных участках диатремы с вмещающими породами в пределах северного, юго-восточного и северо-западного флангов, а также в её центральной части встречены блоки атакситовой кимберлитовой брекчии (АКБ). Последняя характеризуется флюидалной и автолитовой (шаровой) текстурами, содержит от 6 до 75 % автолитов, округло-угловатых обломков вмещающих пород и крупнопорфирового кимберлита (КПК). Для КБ с массивной текстурой цемента отмечена низкая роль автолитов (меньше 1 %), равномерное распределение ксенолитов осадочных образований (20-25 %) и небольшое количество обломков метаморфических и глубинных пород.

Для кимберлитов трубки Зарница характерны овальные и угловато-овальные псевдоморфозы серпентина и кальцита по оливину (до 7 %), единичные зерна пикроильменита, пиропы и флогопита. Для АКБ характерна массивная шпирово-такситовая и флюидалная текстуры, а также пониженная (до 10 %) роль ксенолитов вмещающих пород. Редко в породах присутствуют округлые выделения автолитов (размером до 10 см). Для пород диатремы характерна карбонат-сульфидная минерализация (прожилки или неправильные выделения). А в отдельных блоках трубки встречаются серпентин-карбонатные желваки. Несмотря на близкое с другими трубками ДКП содержание основных петрогенных компонентов, кимберлиты трубки Зарница характеризуются более высокими концентрациями оксидов магния, титана и суммарного железа [4, 26].

Алмазоносность кимберлитовых пород диатремы Зарница в целом невысокая, однако повышенное содержание в ней ювелирных и крупных алмазов позволяет разрабатывать кимбер-

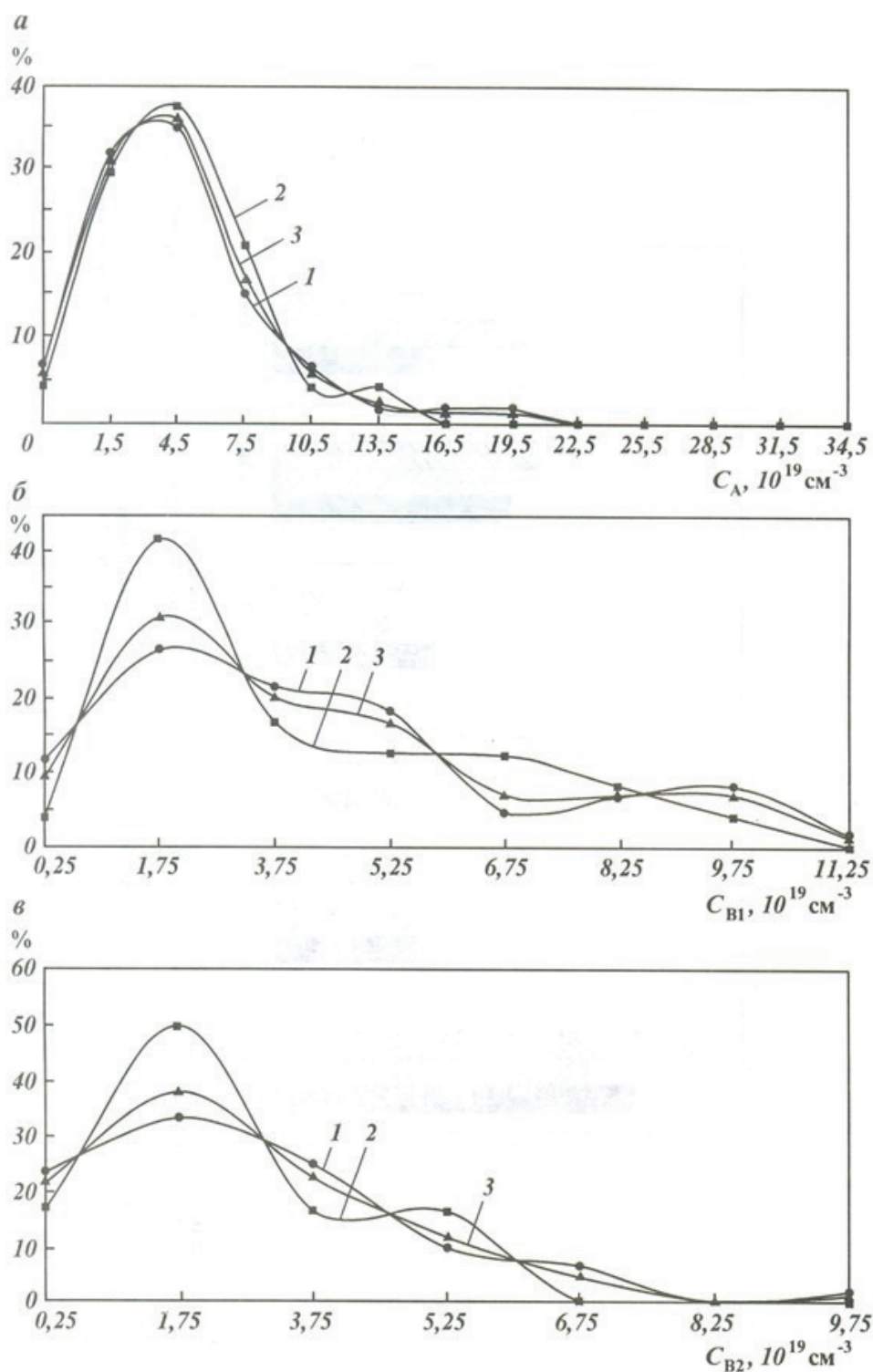


Рис. 7. Распределение алмазов трубки Удачная по концентрации C примесей [27]:
а – А-центра, б – B1-дефекта, в – B2-дефекта;
1-2 – алмазы классов -4+2 мм ($n=60$) и -8+4 мм ($n=24$) соответственно; 3 – среднее ($n=84$)

Fig. 7. The distribution of diamonds of the pipe is successful in concentration C impurities [27]:
а – A-center, б – B1-defect, в – B2-defect;
1-2 – diamonds of classes -4+2 mm ($n=60$) and -8+4 mm ($n=24$), respectively; 3 – average ($n=84$)

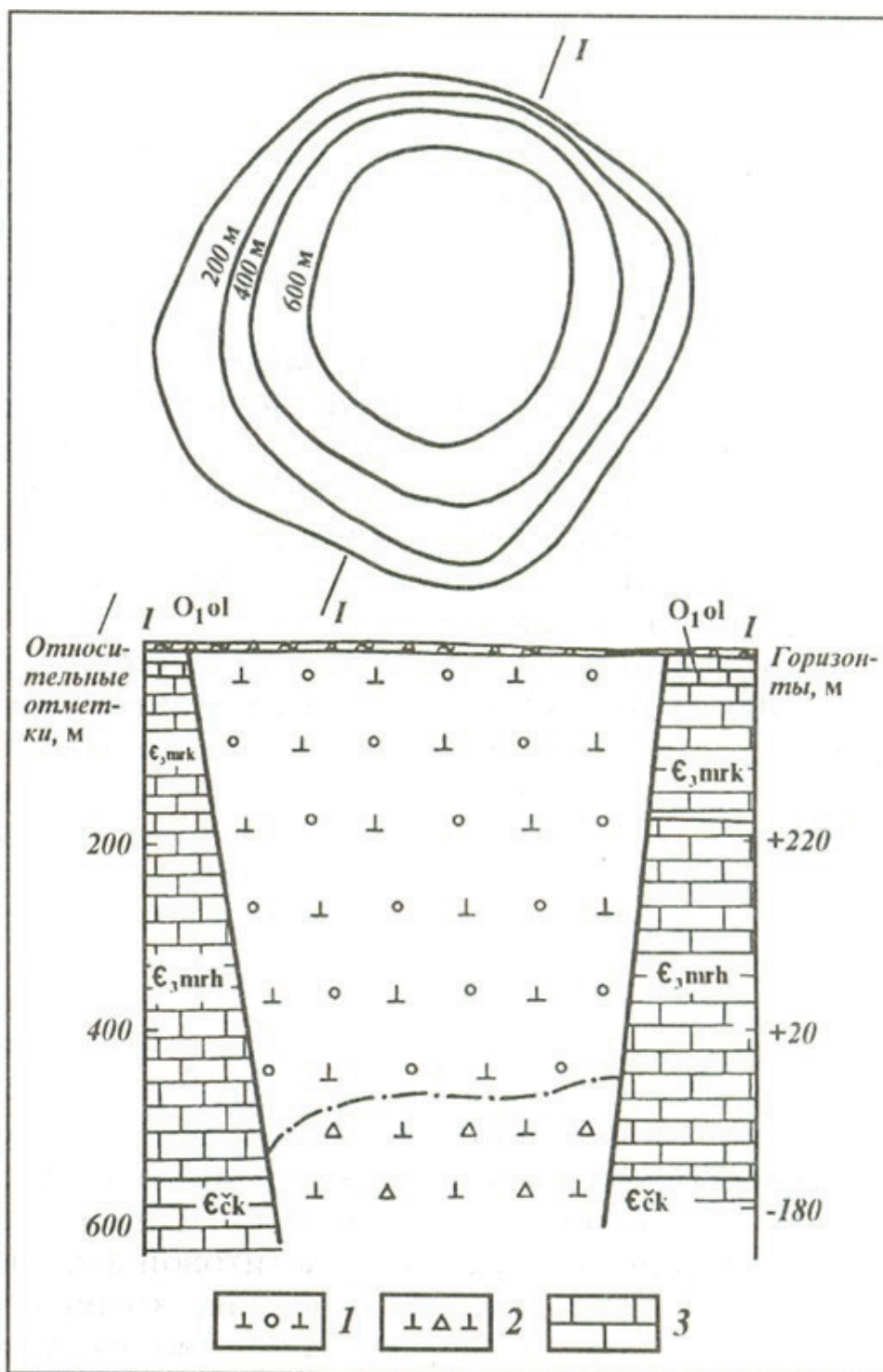


Рис. 8. Изменение морфологии с глубиной (в плане) и схематический разрез трубки Зарница:

1 – автолитовая брекчия; 2 – брекчия с массивной текстурой цемента; 3 – вмещающие трубку породы нижнего палеозоя

Fig. 8. Morphological change with depth (in plan) and schematic section of Zarnitsa pipe:

1 – autolithic breccia; 2 – breccia with a massive cement texture; 3 – rocks of the Lower Paleozoic containing the pipe

литы, шихтуя руды совместно с аналогичными породами трубки Удачная. Кимберлиты трубки Зарница характеризуются (рис. 9) преобладанием (до 91 %) кристаллов ромбододекаэдрического габитуса I разновидности, при максимальном (32,8 %) для кимберлитовых тел ДААР содержании округлых алмазов. В кимберлитах трубки встречаются также желтые октаэдры II разновидности «удачнинского» типа, соломенно-желтые, желтые, реже серые алмазы с оболочкой IV разновидности (до 1 %) и поликристаллические агрегаты VIII разновидности (7 %). Роль округлых додекаэдроидов увеличивается (до 22 %) в более крупных кристаллах. Кристаллы октаэдрического габитуса (до 19 %) и ламинарные ромбододекаэдры (21 %) отмечены в примерно равных количествах. Преобладают (до 10 %) октаэдры с полицентрическим строением граней. Содержание октаэдров уменьшается с увеличением крупности кристаллов, хотя по горизонтам они распределены примерно одинаково. Ламинарные ромбододекаэдры обычно тонкослоистые (18 %). Количество алмазов переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитуса невысокое (11 %), увеличиваясь с гранулометрическим размером. Среди них преобладают (до 5 %) индивиды с полицентрическим строением граней и блоковой скульптурой (до 1 %). Количество псевдогемиморфных кристаллов, являющихся формой растворения минерала, обычно не превышает 5 %. Количество осколков с протоматматическими и механическими сколами увеличивается с уменьшением крупности алмазов. Отмечено высокое (до 28 %) содержание двойников и сростков. Количество двойников (13 %) и незакономерных сростков (9 %) увеличивается с укрупненностью камней. До 40 % отмечено содержание кристаллов с признаками природного травления, среди которых преобладают индивиды со шрамами (22 %); в подчиненном количестве минералов с полосами пластической деформации (3 %) и треугольными впадинами (3 %). Содержание алмазов с кавернами и коррозией обычно не превышает 2 %. Большинство алмазов прозрачные, а содержание полупрозрачных камней невысокое (не выше 24 %). Количество окрашенных кристаллов нередко достигает 37 %. Преобладают



Рис. 9. Фото алмазов из кимберлитов трубки Зарница (Далдынское поле)

Fig. 9. Photo of diamonds from kimberlites of Zarnitsa pipe (Daldyn field)

лилово-коричневая (20 %), коричневая (8 %) и серая (6 %) окраски. Отмечено высокое (до 58 %) содержание алмазов с твердыми включениями, среди которых доминируют эпигенетические графит-сульфидные включения (47 %). При не превышающей 40 % сохранности алмазов, отмечается много минералов со сколами, имеющими протоматматический (26 %) и механический (16 %) характер. Нередко встречаются обломки кристаллов с техногенными сколами. Около половины общего количества изученных кристаллов составляют алмазы без трещин, содержание которых уменьшается с увеличением размера гранулометрических классов минерала. Среди трещиноватых алмазов преобладают индивиды с единичными глубокими трещинами (до 25 %). По фотолюминесцентным особенностям доминируют (рис.5) алмазы с сине-голубым свечением (до 70 %) при примерно равном содержании кристаллов с желто-зеленым (13 %) и розово-сиреневым (12 %) цветами люминесценции. Содержание примесного азота в форме А-центра в ИК-области спектра алмазов трубки Зарница является максимальным в ДААР и составляет 514 at ppm [6, 15], причем А-центр составляет 64 % общего содержания азота в форме А- и В1-дефектов. Величина водородного центра в алмазах описываемой диатремы является максимальным в ДААР ($1,9 \text{ см}^{-1}$). Роль «пластиночных» дефектов (Р или В2) сравнительно высокое ($9,1 \text{ см}^{-1}$). Другие типоморфные особенности алмазов из кимберлитов диатремы близки к таковым из трубки Удачная [12-14].

Заключение

Проведенные исследования позволяют утверждать, что алмазы из крупных диатрем ДКП (Удачная и Зарница) характеризуются комплексом типоморфных особенностей, специфических для каждой из них. Для алмазов промышленных месторождений поля в целом характерны свойства кристаллов, позволяющие уверенно отличать их от аналогичных минералов коренных месторождений Малоботубинского (МБАР) и Среднемархинского (СМАР) алмазоносных районов, что свидетельствует о специфических условиях алмазообразования в каждом из этих районов. Общим для алмазов ДКП является сравнительно невысокое (13-26 %) содержание кристаллов октаэдрического габитуса I разновидности при примерно таком же количестве индивидов переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов. Преобладают ламинарные ромбододекаэдриды при переменном (более чем на 2 порядка – в зависимости от алмазоносности) содержании типичных округлых алмазов уральского (бразильского) типа, являющихся неблагоприятным критерием алмазоносности. Характерны для алмазов из кимберлитов ДКП кристаллы со сноповидной и занозистой штриховками. Для большинства диатрем поля отмечено увеличение содержания кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов с увеличением крупности кристаллов. Общим для алмазов поля является высокое содержание двойников и сростков (преимущественно незакономерных), значительное (30-40 %) количество окрашенных кристаллов (в основном лилово-коричневых из-за пластической деформации), а также преобладание (40-60 %) кристаллов с включениями (в основном эпигенетическими графит-сульфидными) при резком (95-100 %) превалировании среди синтетических включений минералов-узников ультраосновной ассоциации. По фотолюминесцентным особенностям в изученных диатремах преобладают кристаллы с сине-голубым и желто-зеленым свечением. Общим для ДКП является низкое содержание примесного азота в форме А-центра с основным максимумом распределения в области $(2-4) \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ и побочными высокоазотными максимумами в областях $(8-10) \cdot 10^{19}$, $(12-14) \cdot 10^{19}$ и $(14-16) \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ (различимы в отдельных месторождениях). В абсолютных измерениях содержание примесного азота в форме А-центра колеблется в пределах 171-514 at ppm, что в 2-3 раза ниже по сравнению с эксплуатируемыми месторождениями МБАР. Характерной особенностью алмазов ДТП являются относительно повышенное (31-44 % общей концентрации азота) содержание В1-центров, что выше в 2 раза по сравнению с данными для МБАР. Различия минералогических и физических особенностей алмазов различных алмазоносных районов и полей свидетельствует о различии термодинамических и геохимических условий их образования и гетерогенности

(неоднородности) строения верхней мантии Земли в пределах отдельных частей СП. Вместе с тем, в отдельных кимберлитовых телах ДКП в значительных количествах (5-15 %) содержатся только им присущие минералогические разновидности алмазов. Это относится к встреченным в трубке Удачная и, частично, в Зарнице алмазов с оболочкой IV, желтых кубоидов II, серых кубов III, желтых октаэдров II разновидностей удачинского типа, а также поликристаллических сростков VIII разновидности. Большинство этих разновидностей имеют экологитовый генезис, что может свидетельствовать о вертикальной неоднородности верхней мантии и различной глубине заложения магматических очагов даже в пределах одного алмазоносного района или поля. Отмечена также различная степень проявления эпигенетических процессов растворения, травления и пластической деформации алмазов в отдельных кимберлитовых диатремах, что связано с различием условий их формирования. Нахождение алмазов длительное время как в стабильной, так и нестабильной для них обстановке сопровождается отжигом, растворением, окислением, коррозией, механическими нарушениями и другими изменениями. При попадании алмазов в кимберлитовую магму неизбежно их растворение, поскольку на этом этапе давление и температура соответствуют термодинамической стабильности графита, а сама кимберлитовая магма является реакционной средой по отношению к алмазу вследствие более высокого окислительного потенциала по сравнению с условиями верхней мантии. Полигенез алмаза и приуроченность его к различным глубинным мантийным породам подчеркивается практически всеми исследователями кимберлитов. Разнообразие характера алмазов в каждой многофазной диатреме обуславливаются различным количественным соотношением кристаллов и поликристаллических образований и неодинаковой степенью воздействия на них эпигенетических процессов. О различии условий формирования отдельно взятых диатрем свидетельствует и отличия типоморфных особенностей алмазов отдельных рудных столбов в пределах некоторых кимберлитовых тел сложного геологического строения (Удачная, Зарница и др.). Алмазам из кимберлитовых тел ДАП присуще преобладание кристаллов ромбододекаэдрического габитуса при переменных (в зависимости от степени алмазоносности) содержаниях типичных округлых алмазов I разновидности. Для них характерны повышенная агрегация азотных центров при значительной концентрации B1- и B2 (P)-центров, что свидетельствует о максимальных температурах образования по сравнению с другими полями, что привело к отжигу и пластической деформации кристаллов. Из скульптур на гранях преобладают сноподобная и занозистая штриховки. Повышенное содержание сростков и вростков является характерным для монокристаллических алмазов и свидетельствует об образовании их значительной части в условиях, близких к равновесным для алмаза и графита. Присутствие значительного количества кристаллов с признаками природного травления (шрамы, коррозия, матировка и каверны) свидетельствуют об эпигенетических изменениях алмазов на последних этапах формирования кимберлитовых тел в условиях повышенной фугитивности кислорода. Алмазы из трубок Удачная и Зарница по комплексу типоморфных признаков имеют много общих черт с кристаллами основных промышленных коренных месторождений СП (трубками Сытыканская, Комсомольская и др.). Однако им присущи некоторые свойственные только трубке Удачная особенности: заметно повышенное содержание кубов II и III разновидностей, относительно высокая роль сингенетических включений, повышенное количество обломков и бесформенных осколков, а также камней с желтой фотолуминесценцией. Наряду с общими для сложнопостроенной трубки Удачная типоморфными особенностями алмазов установлены отличия отдельных рудных столбов, причем в ряде случаев они носят статистический характер. Изучение их в вертикальном разрезе рудных тел свидетельствует об отсутствии определенных закономерностей изменения их с глубиной. Более четкие связи особенностей алмазов установлены с вещественным составом отдельных разновидностей кимберлитовых пород. Результаты исследований и анализ типоморфных особенностей алмазов из основных промышленных месторождений ДКП свидетельствуют как о неоднородностях строения верхней мантии в пределах провинции (на что указывают

генетические разновидности алмазов и состав сингенетических включений в них), так и о различиях и проявлении эпигенетических процессов, приведших к растворению, коррозии и пластической деформации кристаллов отдельных районов и полей, разных фаз и эпох кимберлитового магматизма этой территории.

Литература

1. Афанасьев, В.П. Минералогия и некоторые вопросы генезиса алмазов V и VII разновидностей (по классификации Ю.Л. Орлова) / В.П. Афанасьев, А.П. Елисеев, В.А. Надолинный [и др.]. – Текст: непосредственный // Вестник Воронежского государственного университета. – Геология. – 2000. – № 5. – С. 79-97.
2. Афанасьев, В.П. Полигенез алмазов в связи с проблемой коренных россыпей северо-востока Сибирской платформы / В.П. Афанасьев, Н.Н. Зинчук, В.И. Коптиль. – Текст: непосредственный // Доклады Академии наук. – 1998. – Т. 361. – № 3. – С. 366-369.
3. Афанасьев, В.П. Особенности распределения россыпных алмазов, связанных с докембрийскими источниками / В.П. Афанасьев, Н.Н. Зинчук, А.М. Логвинова – Текст: непосредственный // Записки Российского минералогического общества. – 2009. – Т. 138. – № 2. – С. 1-13.
4. Афанасьев, В.П. Особенности морфологии и состава некоторых хромшпинелидов алмазоносных площадей в связи с проблемой «ложных» индикаторов кимберлитов / В.П. Афанасьев, Н.П. Похиленко, А.М. Логвинова [и др.]. – Текст: непосредственный // Геология и геофизика. – 2000. – Т. 41. – № 12. – С. 1729-1741.
5. Василенко, В.Б. Геодинамический контроль размещения кимберлитовых полей центральной и северной частей Якутской кимберлитовой провинции (петрохимический аспект) / В.Б. Василенко, Н.Н. Зинчук, Л.Г. Кузнецова – Текст: непосредственный // Вестник Воронежского государственного университета. Геология. 2000. – № 3(9). – С. 37-55.
6. Гладков, А.С. Тектонофизические исследования при алмазопромысловых работах : методическое пособие / А.С. Гладков, С.А. Борняков, А.В. Манаков, В.А. Матросов. – Москва : Научный мир. – 2008. – 175 с. – Текст: непосредственный.
7. Дукардт, Ю.А. Авлакогенез и кимберлитовый магматизм / Ю.А. Дукардт, Е.И. Борис. – Воронеж : ВГУ, 2000. – 161 с. – Текст: непосредственный.
8. Егоров, К.Н. Перспективы коренной и россыпной алмазоносности Юго-Западной части Сибирской платформы / К.Н. Егоров, Н.Н. Зинчук, С.Г. Мишенин [и др.]. – Текст: непосредственный // Геологические аспекты минерально-сырьевой базы Акционерной компании «АЛРОСА»: современное состояние, перспективы, решения. Дополнительные материалы по итогам региональной научно-практической конференции «Актуальные проблемы геологической отрасли АК «АЛРОСА» и научно-методическое обеспечение их решений», посвященной 35-летию ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА». – Мирный : МГТ, 2003. – С. 50-84.
9. Зинчук, Н.Н. Опыт литолого-минералогических исследований древних осадочных толщ в связи с алмазопромысловыми работами (на примере Сибирской платформы) / Н.Н. Зинчук. – Текст: непосредственный // Вестник Воронежского государственного университета. Геология. – 2014. – № 1. – С. 13-19.
10. Зинчук, Н.Н. Особенности минералов слюд в кимберлитах / Н.Н. Зинчук. – Текст: непосредственный // Вестник Воронежского университета. Геология. – 2018. – № 2. – С. 29-39.
11. Зинчук, Н.Н. Типоморфные свойства индикаторных минералов кимберлитов и их использование при прогнозировании месторождений алмаза на Сибирской платформе / Н.Н. Зинчук. – Текст: непосредственный // Отечественная геология. – 2021. – № 2. – С. 41-56.
12. Зинчук, Н.Н. Докембрийские источники алмазов в россыпях фанерозоя / Н.Н. Зинчук. – Текст: непосредственный // Вестник Воронежского ун-та. Геология. – 2021. – № 3. – С. 50-61.
13. Зинчук, Н.Н. Геологические исследования при поисках алмазных месторождений / Н.Н. Зинчук. – Текст: непосредственный // Вестник Воронежского университета. Геология. – 2021. – № 4. – С. 35-52.

14. Зинчук, Н.Н. Роль петролого-минералогических и геохимических исследований в оценке потенциальной алмазонасности кимберлитов / Н.Н. Зинчук // Отечественная геология. – 2022. – № 1. – С. 36-47.
15. Зинчук, Н.Н. Коры выветривания и их роль в формировании посткимберлитовых осадочных толщ / Н.Н. Зинчук. – Текст: непосредственный // Руды и металлы. – 2022. – № 2. – С. 100-120.
16. Зинчук, Н.Н. Литолого-стратиграфические исследования при алмазопроизводственных работах / Н.Н. Зинчук. – Текст: непосредственный // Вестник СВФУ. Науки о Земле. – 2023. – № 1 (29). – С. 5-28.
17. Зинчук, Н.Н. О геолого-поисковых типах кимберлитовых трубок / Н.Н. Зинчук – Текст: непосредственный // Известия Коми НЦ УрО РАН. Науки о Земле. – 2023. – № 2 (60). – С. 43-56.
18. Зинчук, Н.Н. Генетические типы и основные закономерности формирования алмазонасных россыпей / Н.Н. Зинчук, В.П. Афанасьев. – Текст: непосредственный // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 1998. – № 2. – С. 66-71.
19. Зинчук, Н.Н. Особенности алмазов из кимберлитов Алаakit-Мархинского поля Сибирской платформы / Н.Н. Зинчук, Л.Д. Бардухинов. – Текст: непосредственный // Геммология. Материалы юбилейной 10-й научной конференции. – Томск : Томский ЦНТИ, 2023. – С. 12-24.
20. Зинчук, Н.Н. О концентрации продуктов переотложения кор выветривания в верхнепалеозойских осадочных толщах восточного борта Тунгусской синеклизы / Н.Н. Зинчук, Е.И. Борис. – Текст: непосредственный // Геология и геофизика. – 1981. – № 8. – С. 22-29.
21. Зинчук, Н.Н. Структурно-формационное и минерагеническое районирование территорий развития погребенных кор выветривания и продуктов их переотложения в алмазонасных регионах (на примере Якутской кимберлитовой провинции) / Н.Н. Зинчук, Е.И. Борис, Ю.Б. Стегницкий. – Текст: непосредственный // Геология и геофизика. – 1998. – Т. 39. – № 7. – С. 950-964.
22. Зинчук, Н.Н. Стратегия ведения и результаты алмазопроизводственных работ / Н.Н. Зинчук, В.М. Зуев, В.И. Коптиль, С.Д. Чёрный. – Текст: непосредственный // Горный вестник. – 1997. – № 3. – С. 53-57.
23. Зинчук, Н.Н. Изменение минерального состава и структурных особенностей кимберлитов Якутии в процессе выветривания / Н.Н. Зинчук, Д.Д. Котельников, В.Н. Соколов. – Текст: непосредственный // Геология и геофизика. – 1982. – № 2. – С. 42-53.
24. Зинчук, Н.Н. Апокимберлитовые породы / Н.Н. Зинчук, Ю.М. Мельник, В.П. Серенко // Геология и геофизика. – 1987. – № 10. – С. 66-72.
25. Квасница, В.Н. Типоморфизм микрокристаллов алмаза / В.Н. Квасница, Н.Н. Зинчук, В.И. Коптиль. – Москва : Недра, 1999. – 224 с. – Текст: непосредственный.
26. Котельников, Д.Д. Типоморфные особенности и палеогеографическое значение слюдяных минералов / Д.Д. Котельников, Н.Н. Зинчук. – Текст: непосредственный // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 1996. – № 1. – С. 53-61.
27. Мацюк, С.С. Оптическая спектроскопия минералов верхней мантии / С.С. Мацюк, Н.Н. Зинчук. – Москва : Недра. 2001. – 428 с. – Текст: непосредственный.
28. Мясников, Ф.В. Алмазонасная литосфера Сибирской платформы (по геофизическим данным). Тектоническое районирование / Ф.В. Мясников. – Текст: непосредственный // Отечественная геология. – 2022. – № 6. – С. 64-75.
29. Мясников, Ф.В. Алмазонасная литосфера Сибирской платформы (по геофизическим данным), эрдитарность докембрия, палеопротерозойский плюмовый магматизм, алмазонасность Анабарской тектонической провинции / Ф.В. Мясников. – Текст: непосредственный // Отечественная геология. – 2023. – № 1. – С. 70-91.
30. Орлов, Ю.Л. Минералогия алмаза / Ю.Л. Орлов. 2-е изд. – Москва : Наука, 1984. – 264 с. – Текст: непосредственный.
31. Розен, О.М. Состав и возраст земной коры северо-востока Сибирской платформы: изучение ксенолитов в кимберлитах и кернов глубоких скважин / О.М. Розен, Л.К. Левский, Д.З. Журавлёв [и др.]. – Текст: непосредственный // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2006. – № 4. – С. 18-28.
32. Савко, А.Д. Эпохи мощного корообразования в истории Земли / А.Д. Савко, Л.Т. Шевырев, Н.Н. Зинчук. – Воронеж : ВГУ, 1999. – 102 с. – Текст: непосредственный.

33. Серокуров, Ю.Н. Космические методы при прогнозировании и поисках месторождений алмазов / Ю.Н. Серокуров, В.Д. Калмыков, В.М. Зуев. – Москва : Недра, 2001. – 198 с. – Текст: непосредственный.
34. Харьков, А.Д. Петрохимия кимберлитов / А.Д. Харьков, В.В. Зуенко, Н.Н. Зинчук [и др.]. – Москва : Недра, 1991. – 304 с. – Текст: непосредственный.
35. Хитров, В.Г. Применение кластер-анализа для выяснения закономерностей выветривания пород различного состава / В.Г. Хитров, Н.Н. Зинчук, Д.Д. Котельников. – Текст: непосредственный // Доклады АН СССР. – 1987. – Т. 296. – № 5. – С. 1228-1233.
36. Grachanov, S.A. The age of Predictable primary diamond sources in the Northeastern Siberian platform / S.A. Grachanov, N.N. Zinchuk, N.V. Sobolev. – Текст: непосредственный // Doklady Earth Sciences. – 2015. – Т. 465. – № 2. – Pp. 1297-1301.
37. Serov, I.V. Mantle Sources of the kimberlite Volcanism of the Siberian Platform / I.V. Serov, V.K. Garanin, N.N. Zinchuk, A.Y. Rotman. – Text: unmediated // Petrology. – 2001. – Т. 9. – № 6. – Pp.576-588.
38. Vasilenko, V.B. Diamond potential estimation based on Kimberlite major element chemistry / V.B. Vasilenko, L.G. Kuznetsova, N.I. Volkova [et.al.]. – Text: unmediated. // Journal of Geochemical Exploration. – 2002. – Т. 76. – № 2. – Pp. 93-112.

References

1. Afanas'ev, V.P. Mineralogija i nekotorye voprosy genezisaalmazov V i VII raznovidnostej (po klassifikacii Ju.L. Orlova) / V.P. Afanas'ev, A.P. Eliseev, V.A. Nadolinnij [i dr.]. – Текст: neposredstvennyj // Vestnik Voronezhskogo gosuniversiteta. Geologija. 2000. № -5. S.79-97.
2. Afanas'ev, V.P. Poligenezalmazov v svjazi s problemoj korennyh rossypej severo-vostoka Sibirskoj platformy / V.P. Afanas'ev, N.N. Zinchuk, V.I. Koptil'. – Текст: neposredstvennyj // Doklady Akademii nauk. 1998. T.361. № -3. S.366-369.
3. Afanas'ev, V.P. Osobennosti raspredelenija rossypnyhalmazov, svjazannyh s dokembrijskimi istochnikami / V.P. Afanas'ev, N.N. Zinchuk, A.M. Logvinova – Текст: neposredstvennyj // Zapiski Rossijskogo mineralogicheskogo obshhestva. 2009. T.138. № -2. S.1-13.
4. Afanas'ev, V.P. Osobennosti morfologii i sostava nekotoryh hromshpinelidovalmazonosnyh ploshhadej v svjazi s problemoj «lozhnyh» indikatorov kimberlitov / V.P. Afanas'ev, N.P. Pohilenko, A.M. Logvinova [i dr.]. – Текст: neposredstvennyj // Geologija i geofizika. 2000. T.41. № -12. S.1729-1741.
5. Vasilenko, V.B. Geodinamicheskij kontrol' razmeshhenija kimberlitovyh polej central'noj i severnoj chastej Jakutskoj kimberlitovoj provincii (petrohimicheskij aspekt) / V.B. Vasilenko, N.N. Zinchuk, L.G. Kuznecova – Текст: neposredstvennyj // Vestnik Voronezhskogo gosuniversiteta. Geologija. 2000. № -3. (9). S.37-55.
6. Gladkov, A.S. Tektonofizicheskie issledovanija prialmazopiskovyh rabotah. Metodicheskoe posobie / A.S. Gladkov, S.A. Bornjakov, A.V. Manakov, V.A. Matrosov. M.: Nauchnyj mir. 2008. 175 s. – Текст: neposredstvennyj.
7. Dukardt, Ju.A. Avlakogenez i kimberlitovyj magmatizm / Ju.A. Dukardt, E.I. Boris. – Voronezh: VGU.2000.161 s. – Текст: neposredstvennyj.
8. Egorov, K.N. Perspektivy korennoj i rossypnojalmazonosnosti Jugo-Zapadnoj chasti Sibirskoj platformy / K.N. Egorov, N.N. Zinchuk, S.G. Mishenin [i dr.]. – Текст: neposredstvennyj. // Sb.: Geologicheskie aspekty mineral'no-syr'evoj bazy Akcionernoj kompanii «ALROSA»: sovremennoe sostojanie, perspektivy, reshenija. Dopolnitel'nye materialy po itogam regional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii «Aktual'nye problemy geologicheskogo otrasli AK «ALROSA» i nauchno-metodicheskoe obespechenie ih reshenij», posvjashhennoj 35-letiju JaNIGP CNIGRI AK «ALROSA». Mirnyj: MGT. 2003. S.50-84.
9. Zinchuk, N.N. Opyt litologo-mineralogicheskix issledovanij drevnix osadochnyx tolshh v svjazi salmazopiskovymi rabotami (na primere Sibirskoj platformy) / N.N. Zinchuk – Текст: neposredstvennyj // Vestnik Voronezhskogo gosuniversiteta. Geologija. 2014. № -1. S.13-19.
10. Zinchuk, N.N. Osobennosti mineralov sljud v kimberlitah / N.N. Zinchuk – Текст: neposredstvennyj // Vestnik Voronezhskogo universiteta. Geologija. 2018. № -2. S.29-39.

11. Zinchuk, N.N. Tipomorfnye svojstva indikatornyh mineralov kimberlitov i ih ispol'zovanie pri prognozirovanii mestorozhdenij almaza na Sibirskoj platforme / N.N. Zinchuk – Tekst: neposredstvennyj // Otechestvennaja geologija. 2021. № -2. S.41-56.
12. Zinchuk, N.N. Dokembrijskie istochniki almazov v rossypjah fanerozoja / N.N. Zinchuk – Tekst: neposredstvennyj // Vestnik Voronezhskogo un-ta. Geologija. 2021. № -3. S.50-61.
13. Zinchuk, N.N. Geologicheskie issledovanija pri poiskah almaznyh mestorozhdenij / N.N. Zinchuk. – Tekst: neposredstvennyj // Vestnik Voronezhskogo universiteta. Geologija. 2021. № -4. S.35-52.
14. Zinchuk, N.N. Rol' petrologo-mineralogicheskikh i geohimicheskikh issledovanij v ocenke potencial'noj amazonosnosti kimberlitov / N.N. Zinchuk // Otechestvennaja geologija. 2022. № -1. S.36-47.
15. Zinchuk, N.N. Kory vyvetrivanija i ih rol' v formirovanii postkimberlitovyh osadochnyh tolshh / N.N. Zinchuk. – Tekst: neposredstvennyj // Rudy i metally. 2022. № -2. S.100-120.
16. Zinchuk, N.N. Litologo-stratigraficheskie issledovanija pri almazopiskovyh rabotah / N.N. Zinchuk. – Tekst: neposredstvennyj // Vestnik SVFU. Nauki o Zemle. 2023. № -1 (29). S.5-28.
17. Zinchuk, N.N. O geologo-poiskovyh tipah kimberlitovyh trubok / N.N. Zinchuk – Tekst: neposredstvennyj // Izvestija Komi NC UrO RAN. Nauki o Zemle. 2023. № -2 (60). S.43-56.
18. Zinchuk, N.N. Geneticheskie tipy i osnovnye zakonomernosti formirovanija amazonosnyh rossypej / N.N. Zinchuk, V.P. Afanas'ev. – Tekst: neposredstvennyj // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Geologija i razvedka. 1998. № -2. S.66-71.
19. Zinchuk, N.N. Osobennosti almazov iz kimberlitov Alakit-Marhinskogo polja Sibirskoj platformy / N.N. Zinchuk, L.D. Barduhinov. – Tekst: neposredstvennyj // Sb.: Gemmologija. Materialy jubilejnoy 10-j nauchnoj konferencii.-Tomsk: Tomskij CNTI. 2023. S.12-24.
20. Zinchuk, N.N. O koncentracii produktov pereotlozhenija kor vyvetrivanija v verhnepaleozojskikh osadochnyh tolshhah vostochnogo borta Tungusskoj sineklizy / N.N. Zinchuk, E.I. Boris. – Tekst: neposredstvennyj // Geologija i geofizika. 1981. № -8. S.22-29.
21. Zinchuk, N.N. Strukturno-formacionnoe i mineragenicheskoe rajonirovanie territorij razvitiya pogrebennyh kor vyvetrivanija i produktov ih pereotlozhenija v amazonosnyh regionah (na primere Jakutskoj kimberlitovoj provincii) / N.N. Zinchuk, E.I. Boris, Ju.B. Stegnickij. – Tekst: neposredstvennyj // Geologija i geofizika. 1998. T.39. № -7. S.950-964.
22. Zinchuk, N.N. Strategija vedenija i rezul'taty almazopiskovyh rabot / N.N. Zinchuk, V.M. Zuev, V.I. Koptil', S.D. Chjornyj. – Tekst: neposredstvennyj // Gornyj vestnik. 1997. № -3. S.53-57.
23. Zinchuk, N.N. Izmenenie mineral'nogo sostava i strukturnykh osobennostej kimberlitov Jakutii v processe vyvetrivanija / N.N. Zinchuk, D.D. Kotel'nikov, V.N. Sokolov. – Tekst: neposredstvennyj // Geologija i geofizika. 1982. № -2. S.42-53.
24. Zinchuk, N.N. Apokimberlitovye porody / N.N. Zinchuk, Ju.M. Mel'nik, V.P. Serenko // Geologija i geofizika. 1987. № -10. S.66-72.
25. Kvasnica, V.N. Tipomorfizm mikrokristallov almaza / V.N. Kvasnica, N.N. Zinchuk, V.I. Koptil'. M.: Nedra. 1999. 224 s. – Tekst: neposredstvennyj.
26. Kotel'nikov, D.D. Tipomorfnye osobennosti i paleogeograficheskoe znachenie sljudistykh mineralov / D.D. Kotel'nikov, N.N. Zinchuk. – Tekst: neposredstvennyj // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Geologija i razvedka. 1996. № -1. S.53-61.
27. Macjuk, S.S. Opticheskaja spektroskopija mineralov verhnjej mantii / S.S. Macjuk, N.N. Zinchuk. M.: Nedra. 2001. 428 s. – Tekst: neposredstvennyj.
28. Mjasnikov, F.V. Amazonosnaja litosfera Sibirskoj platformy (po geofizicheskim dannym). Tektonicheskoe rajonirovanie / F.V. Mjasnikov. – Tekst: neposredstvennyj // Otechestvennaja geologija. 2022. № -6. S.64-75.
29. Mjasnikov, F.V. Amazonosnaja litosfera Sibirskoj platformy (po geofizicheskim dannym), jereditarnost' dokembrija, paleoproterozojskij pljumovyj magmatizm, amazonosnost' Anabarskoj tektonicheskoy provincii / F.V. Mjasnikov. – Tekst: neposredstvennyj // Otechestvennaja geologija. 2023. № -1. S.70-91.
30. Orlov, Ju.L. Mineralogija almaza / Ju.L. Orlov. 2-e izd. M.: Nauka. 1984. 264 s. – Tekst: neposredstvennyj.

31. Rozen, O.M. Sostav i vozrast zemnoj kory severo-vostoka Sibirskoj platformy: izuchenie ksenolitov v kimberlitah i kernov glubokih skvazhin / O.M. Rozen, L.K. Levskij, D.Z. Zhuravljov [i dr.]. – Tekst: neposredstvennyj // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Geologija i razvedka. 2006. № -4. S.18-28.
32. Savko, A.D. Jepohi moshhnogo koroobrazovanija v istorii Zemli / A.D. Savko, L.T. Shevyrev, N.N. Zinchuk. Voronezh: VGU. 1999. 102 s. – Tekst: neposredstvennyj.
33. Serokurov, Ju.N. Kosmicheskie metody pri prognozirovanii i poiskah mestorozhdenij almazov / Ju.N. Serokurov, V.D. Kalmykov, V.M. Zuev. – Moskva: Nedra. 2001. 198 s. – Tekst: neposredstvennyj.
34. Har'kiv, A.D. Petrohimija kimberlitov / A.D. Har'kiv, V.V. Zuenko, N.N. Zinchuk [i dr.]. – Moskva: Nedra. 1991. 304 s. – Tekst: neposredstvennyj.
35. Hitrov, V.G. Primenenie klaster-analiza dlja vyjasnenija zakonornostej vyvetrivanija porod razlichnogo sostava / V.G. Hitrov, N.N. Zinchuk, D.D. Kotel'nikov. – Tekst: neposredstvennyj // Doklady AN SSSR. 1987. T.296. № -5. S.1228-1233.
36. Grachanov, S.A. The age of Predictable primary diamond sources in the Northeastern Siberian platform / S.A. Grachanov, N.N. Zinchuk, N.V. Sobolev. – Tekst: neposredstvennyj // Doklady Earth Sciences. 2015. T.465. № -2. pp.1297-1301.
37. Serov, I.V. Mantle Sources of the kimberlite Volcanism of the Siberian Platform / I.V. Serov, V.K. Garanin, N.N. Zinchuk, A.Y. Rotman. – Text: unmediated // Petrology. 2001. T.9. № -6. pp.576-588.
38. Vasilenko, V.B. Diamond potential estimation based on Kimberlite major element chemistry / V.B. Vasilenko, L.G. Kuznetsova, N.I. Volkova [et.al.]. – Text: unmediated. // Journal of Geochemical Exploration. 2002. T.76. № -2. pp. 93-112.

Сведения об авторах

ЗИНЧУК Николай Николаевич – д.г.-м.н., профес., академик АН РС (Я), председатель Западно-Якутского научного центра (ЗЯНЦ) АН РС (Я), e-mail: nnzinchuk@rambler.ru

ZINCHUK Nikolay Nikolaevich – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Chairman, West-Yakutian Scientific Centre of SR (Y) Academy of Sciences, e-mail: nnzinchuk@rambler.ru

БАРДУХИНОВ Леонид Данилович – к.г.-м.н., тех. дир. Западно-Якутского научного центра АН РС (Я), e-mail: Barduchinov LD@alrosa.ru

BARDUKHINOV Leonid Danilovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Technical Director of the West Yakut Scientific Center of SR (Y) Academy of Sciences, e-mail: Barduchinov LD@alrosa.ru

Ю.Г. Пактовский

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия
e-mail: urijpaktovskij65@gmail.com

ЖУРАВЧИКИ ИЗ ЛЁССОВИДНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПЛЕЙСТОЦЕНА В ВИШЕРСКОМ АЛМАЗОНОСНОМ РАЙОНЕ (ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

Аннотация. Целью исследования является изучение журавчиков из лёссовидных отложений как индикаторных образований для ледниковых эпох плейстоцена – голоцена методами современной литологии. Побудительной причиной исследования явилось то, что лёссовидные отложения непосредственно «запечатывают» промышленную россыпь силурийского алмазоносного коллектора в Вишерском алмазоносном районе.

Журавчики (лёссовые куколки, дутики) представляют собой слабо сцементированные гидроксидами железа конкреции, состоящие из зерен кварца с примесью полевых шпатов мелкоалевритовой размерности. По гранулометрии и минеральному составу зерен журавчики соответствуют вмещающим их лёссовидным отложениям и являются обрамлением корневой системы травяной растительности тундрового типа. В центре конкреции, на месте исчезнувшего травяного корешка, сохраняется полый каналец, иногда заполненный алевритовым песком из окружающих пород.

Гранулометрический состав лёссовидных отложений изучался с помощью лазерного дифракционного анализатора Analysette 22 MicroTec plus. Минеральный состав тяжелой фракции лёссовидных и подстилающих отложений – методом количественного минералогического анализа. Количественный валовый минеральный состав и соотношение глинистых минералов в пелитовой фракции – с помощью рентгеновского порошкового дифрактометра D2 Phaser («Bruker», ФРГ).

Полученные данные могут быть использованы при геологической съемке и разведке алмазоносных россыпей на Урале и в регионах со сходным геологическим строением. При этом необходимо иметь в виду, что на изучаемой территории описанные лёссовидные отложения не имеют прямой связи с промышленной россыпной алмазоносностью.

Ключевые слова: Пермский край, журавчики, лёссовидные отложения, плейстоцен, гранулометрия, минералогия, рентгенофазовый анализ, алмазоносные россыпи.

Y.G. Paktovsky

Perm State National Research University, Perm, Russia
e-mail: urijpaktovskij65@gmail.com

LOESS DOLL FROM PLEISTOCENE LOESS-LIKE SEDIMENTS IN THE VISHERA DIAMOND-BEARING AREA (PERM REGION)

Abstract. The purpose of the study is to investigate the cranes from loess-like deposits as indicator formations for the glacial epochs of the late Pleistocene – Holocene using current lithology methods. The motivating reason for the study was that loess-like deposits directly “seal” the industrial placer of the Silurian diamond-bearing reservoir in the Vishera diamondiferous region.

Loess doll (loess pupae, dutiki) are concretions weakly cemented by iron hydroxides, consisting of quartz grains with an admixture of fine-silty feldspars. In terms of granulometry and mineral composition, the cranes correspond to the loess-like deposits that host them and are the frame of the root system of tundra-type grass vegetation. In the center of the concretion, in place of the disappeared grass root, a hollow tubule is preserved, sometimes filled with silty sand from the surrounding rocks.

The granulometric composition of loess-like deposits was studied using an Analysette 22 MicroTec plus laser diffraction analyzer. Mineral composition of the heavy fraction of loess-like and underlying sediments – using

quantitative mineralogical analysis. Quantitative gross mineral composition and the ratio of clay minerals in the pelitic fraction – using a D2 Phaser X-ray powder diffractometer (Bruker, Germany).

The data obtained can be used for geological surveying and exploration of diamond-bearing placers in the Urals and in regions with a similar geological structure. It must be borne in mind that in the study area the described loess-like deposits do not have a direct connection with industrial placer diamond content.

Keywords: Perm region, loess doll (loess pupae, dutiki), loess-like deposits, Pleistocene, granulometry, mineralogy, X-ray phase analysis, diamond-bearing placers

Введение

В Вишерском алмазоносном районе (рис. 1) на россыпном месторождении алмазов Южная Рассольная, на плоском водоразделе в районе разведочной линии № 55, непосредственно под покровными голоценовыми суглинками залегает слой, представленный комковатыми, пористыми отложениями, которые в сухом виде растираются в тончайший порошок между пальцами, при этом твердых частиц песчаной размерности не ощущается; а во влажном виде – отложения превращаются в «липкую грязь» [1], или «плывун» [2].

Один из первооткрывателей алмазоносной россыпи Южная Рассольная Г.Д. Мусихин (1974ф) описывает этот слой как толщу серых глин среднего плейстоцена, содержащую характерные глинисто-лимонитовые конкреции в форме трубочек или лукович, образованные по стебелькам трав. Толщу серых глин он относит к отложениям мелких болот и озер эпохи максимального (днепровского) оледенения. В низах толщи довольно широко развиты мерзлотные клинья, свидетельствующие о суровых климатических условиях в то время. Мощность этих отложений невелика – 1-2 м. Г.Д. Мусихин сообщает также об их алмазоносности, правда, очень бедной ($0,89 \text{ мг/м}^3$), по данным крупнообъемного опробования на алмазы при разведке месторождения Южная Рассольная (Мусихин, 1974ф).

Промышленная алмазоносность силурийского коллектора на месторождении была установлена в 2010 г. геологической службой ЗАО «Уралалмаз» (ответственный исполнитель зам. гл. геолога Н.Г. Калашников). В свое время лёссовидные отложения не были убраны в «торфа» при вскрышных работах и фрагментарно сохранились до сих пор. Из этого следует, что под ними, возможно, еще сохранились продуктивные отложения силурийского коллектора. Таким образом, лёссовидные отложения могут приобрести особое поисковое значение. При этом журавчики являются индикаторными, легко и сразу узнаваемыми образованиями для картирования этих отложений.

Материалы и методы исследования

Проведено дополнительное литологическое исследование современными методами слоя серых глин, ранее описанного предшественниками. Из этого слоя отобрана литологическая проба ЛП1. Кроме того, из подстилающих алмазоносных отложений силура отобрана еще одна литологическая проба (ЛП2).

Гранулометрический анализ литологической пробы, отобранной из лёссовидных отложений (проба ЛП1), проведен с помощью лазерного дифракционного анализатора гранулометрического состава Analysette 22 MicroTec plus (с блоком диспергирования в жидкости Wet Dispersion Unit), аналитик И.В. Бадьянова (Центр коллективного пользования ПГНИУ).

Количественный минералогический анализ проб проведен автором по сертифицированной методике минералогического анализа, первоначально разработанного профессором А.А. Кухаренко [3] на материале уральских алмазоносных россыпей и продолженного в Пермском крае профессором Б.М. Осовецким [4]. Тяжелая фракция проб изучена под бинокулярным микроскопом МБС-10.

Рентгенофазовый анализ выполнен с применением рентгеновского порошкового дифрактометра D2 Phaser («Bruker», ФРГ). Количественный анализ валового состава пробы выполнялся с помощью программного обеспечения Topas 4-2 (аналитик Е.М. Томилина, ЦКП ПГНИУ).

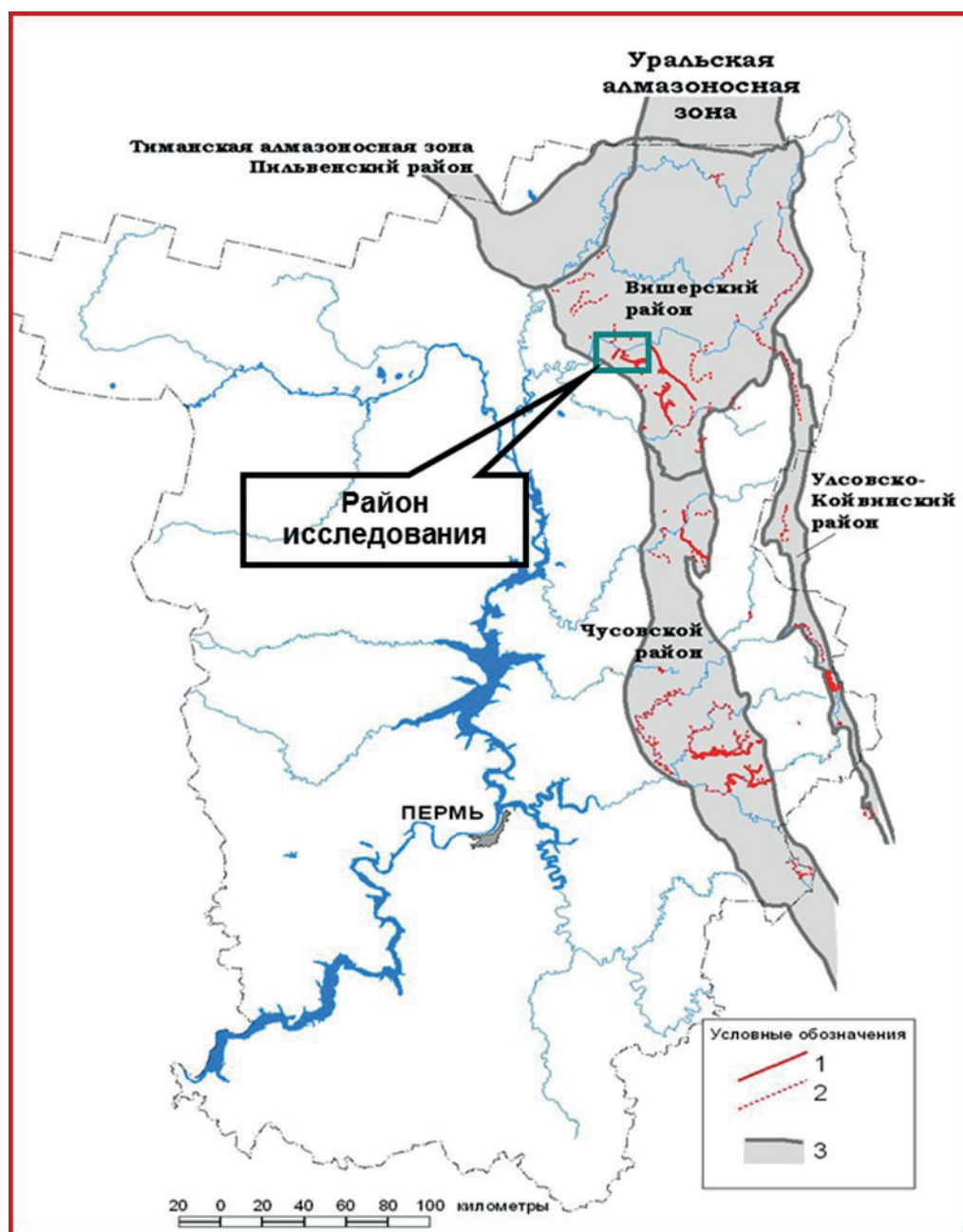


Рис. 1. Алмазоносные районы Пермского края
(по А.Г. Попову, 2007, с дополнениями автора)

Условные обозначения: 1) промышленные россыпи алмазов; 2) россыпепроявления; 3) границы алмазоносных районов

Fig. 1. Diamond-bearing areas of the Perm region
(according to Popov, 2007, with additions by the author)

Legend: 1) industrial diamond deposits; 2) placer occurrences; 3) borders of diamond-bearing areas

Результаты и обсуждение

На основании данных гранулометрического анализа мы пришли к выводу о том, что изучаемые отложения являются лёссовидными. По преобладанию алевритовой фракции (табл. 1) эти отложения можно назвать глинистым алевритом, а вот по физическим свойствам – лёссом. Однако они не обладают всеми свойствами и признаками «классического» лёсса [1], поэтому правильнее их называть лёссовидными. Существует устойчивое мнение о разных «разных лёссах», в которых одинаково содержатся и конкреции (журавчики), и тончайшие вертикальные каналцы, остающиеся после отмирания стеблей травы, засыпаемой пылью [5, 6].

Таблица 1 – Гранулометрический состав лёссовидных отложений по данным Analysette 22, %

Проба ЛП1	Гранулометрические классы, мм						Средний диаметр, мм
	+0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	Сумма, %	
Доля класса, %	2,21	15,99	51,97	29,24	0,59	100,0	
Средний диаметр частиц, мм	0,1150	0,0577	0,0199	0,0022	0,0018		0,039

Из таблицы 1 также следует, что частицы пелитовой размерности составляют около трети (29,24 %). Впрочем, соотношение 70 на 30 % является для лёссов вполне нормальным, при этом для гранулометрической характеристики эти отложения рекомендуется называть алевритом. И действительно, нетрудно заметить, что средний диаметр частиц – 0,039 мм (табл. 1) – это мелкоалевритовый класс.

Особо следует сказать о морфологических особенностях журавчиков. Чаще всего они представляют собой полые трубочки диаметром несколько миллиметров (до 10 мм), и длиной до 4 см концентрически-зонального строения, подчеркнутого разными оттенками пленок гидроксидов железа: желтыми, серыми, коричневыми (рис. 2).

Сложены они тем же материалом, что и вмещающие отложения. Даже при легком давлении медной иглы журавчики сразу же распадаются и рассыпаются. Но без давления вполне сохраняют свою форму, что свойственно и лёссам. В центре трубочки, как правило, наблюдается полый каналец, иногда заполненный мельчайшими зернами кварца и полевых шпатов (опять же, из вмещающих пород), только не окрашенных гидроксидами железа. По сути, журавчики представляют собой слабо сцементированные гидроксидами железа конкреции, состоящие из зерен кварца с примесью полевых шпатов мелкоалевритовой размерности, как и сами лёссы. Отличие лёссовидных отложений изучаемой территории, содержащих журавчики, состоит в том, что они почти бескарбонатны. «Классические» лёссы, навряд ли, что широко распространены на территории Китая, содержат 6-7 % кальцита.

Минеральный состав лёссовидных и подстилающих их отложений показан в таблице 2. Выход тяжелой фракции – очень низкий (0,03 и 0,04 мас. %, соответственно). Предварительно необходимо заметить, что аллотигенные минералы пробы ЛП1 (из лёссовидных отложений) очень мелкие и соответствуют нижней границе мелкопесчаного гранулометрического класса (0,25–0,1 мм), а, может быть, и еще несколько мельче. Нахождение их в мелкопесчаном классе объясняется распадом механически сцепленных агрегатов алевритовых частиц («глобулей» кварца) с аллотигенными минералами внутри).



Рис. 2. Журавчики (лѣссовые куколкИ, дутики) лѣссовИдных отложений на россыпном месторождении алмазов Южная Рассольная

Fig. 2. Loess doll (loess pupae, dutiki) of loess-like deposits at the South Rassolnaya placer diamond deposit

Вполне вероятно, что эти своеобразные агрегаты минералов парусили, как «перекати-поле», под воздействием ветра и доставили в лѣссовИдные отложения аллотИгенные минералы, которые, заметим, к тому времени уже были окатаны. Другого физического механизма доставки, кроме эолового, столь своеобразных агрегатов минералов сложно представить. Например, в водном потоке они сразу были бы разрушены. Косвенным подтверждением эолового генезиса этих лѣссовИдных отложений может служить образование журавчиков, обычных для лѣсса.

Таблица 2 – Количественный минералогический анализ тяжелой фракции литологических проб в гранулометрическом классе 0,25–0,1 мм, %

№ п/п	Минерал/разность	Проба ЛП1	Проба ЛП2
1	Турмалин	70,8	16,8
2	Циркон	11,5	41,0
3	РутИл	2,1	0,2
4	Лейкоксен	5,2	39,6
5	Анатаз	-	1,0
6	Хромшпинелиды	-	0,7
7	Эпидот	8,3	0,5
8	Кианит	1,0	-
9	Ставролит	1,0	0,2
Сумма		100,0	100,0
Доля аллотИгенных минералов		27,4	92,2
10	Гидрогетит	100,0	77,1
11	Гематит	-	22,9
Сумма		100,0	100,0
Доля аутигенных минералов		72,6	7,8
Отношение аллотИгенных минералов к аутигенным		0,4	11,9

В количественном отношении аллотигенных минералов относительно немного, но факт, что они есть, и это – устойчивые к выветриванию минералы Аутигенная часть тяжелой фракции пробы представлена гидрогетитом, зерна которого крупнее аллотигенных минералов и соответствует гранулометрическому классу 0,25–0,1 мм.

Из таблицы 2 видно, что минеральная ассоциация тяжелой фракции пробы 1 (лессовидные отложения) – турмалиновая, а пробы 2 (элювий по продуктивным отложениям силура) – лейкоксен-цирконовая. Характерно отношение аллотигенных минералов к аутигенным: меньше единицы (0,4) в первом случае и на порядок больше единицы (11,9) – во втором. Количественный минералогический анализ говорит о том, что пробы ЛП1 и ЛП2 – это пробы из отложений разного типа, поэтому слой лессовидных отложений мы не включили в состав продуктивной толщи силурийских отложений. Вывод из этого следующий: промышленная алмазоносность лессовидных отложений маловероятна.

По данным рентгенофазового анализа, минеральный состав образца составил, %: кварц 42,6; полевые шпаты 26,2; глинистые минералы 30,4; кальцит 0,8. Соотношение глинистых минералов в пелитовой фракции образца оказалось следующим, %: гидрослюда 82; каолинит 14; смешанно-слоистые образования (гидрослюда–сметит) 4 (аналитик Е.М. Томилина, Центр коллективного пользования ПГНИУ).

Интересно отметить, что кальцит в составе исследуемых лессовидных отложений все-таки есть. Также обращает на себя внимание достаточно высокое содержание полевых шпатов (11 % плагиоклазов и 15,2 % калиевых полевых шпатов), сохранение которых, особенно плагиоклаза, указывает на слабое химическое выветривание материнских пород [7]. Соответственно, можно сделать вывод, что в районе преобладало физическое выветривание, характерное для регионов с эоловым литогенезом.

Известно, что современная речная сеть в Вишерском алмазоносном районе приобрела свой окончательный вид в позднем плейстоцене [8]. В это время сформировался и водораздел рек Ефимовка (бассейн р. Бол. Щугор) и Чурочная (бассейн р. Бол. Колчим). В свое время В.А. Ветчанинов, первооткрыватель месторождения Южная Рассольная, обратил внимание на интересную структурную особенность россыпи, подчеркивая, что продуктивные отложения колчимской свиты силура «запечатались» на современном водоразделе благодаря ступенчатому понижению в древнем рельефе, и поэтому сохранились от размыва, имея здесь максимальную мощность. Уже тогда он (и, пожалуй, единственный из всех вишерских геологов) считал промышленно алмазоносными именно силурийские отложения (как оно впоследствии и оказалось), а не только породы девонского алмазоносного коллектора, на чем настаивал, например, А.Д. Ишков – ответственный исполнитель всех алмазопроисловых работ в Колво-Вишерском крае [9]. Именно поэтому дезинтегрированные в результате выветривания разности пород силурийского алмазоносного коллектора В.А. Ветчанинов называл структурным элювием мезозойско-палеогенового возраста (Ветчанинов, Мусихин, 1968ф). С палеогеографической точки зрения это обстоятельство имеет некоторые важные следствия для нашей работы.

В плейстоцене отмечается несколько эпох оледенений. Наступление ледника (по другим исследователям, наоборот, его отступление) приводит к образованию лессовых отложений, особенно в областях, являющихся естественными препятствиями перед постоянно дующими ветрами. По-видимому, в одну из самых последних ледниковых эпох произошло образование лессовидных отложений на Чурочно-Ефимовском водоразделе и, следовательно, окончательное «запечатывание» силурийской россыпи. Исходя из палеогеографических особенностей региона в среднем плейстоцене, мы считаем, что изученные лессовидные отложения имеют эоловое происхождение.

Любопытно отметить, что начало формирования силурийской россыпи на рубеже ордовика и силура было связано с эоловым фактором; с ним же, уже на границе плейстоцена и голоцена, связано и завершение ее образования. Но если в первом случае постоянно дующий на периферии Восточно-Европейской платформы ураганный ветер высвобождал полезный компонент из

алмазонасной породы, то во втором – только покрыл тонким лёссовидным плащом уже полностью сформированную россыпь [10, 11]. Так, еще Г.Д. Мусихин (1974ф) сделал вывод, что месторождение Южная Рассольная с эпохи максимального (днепровского) оледенения находится в стадии природной консервации, благодаря чему оно сохранилось до настоящего времени.

Заключение

В результате проведенного исследования можно сделать некоторые выводы по части литологии лёссовидных отложений, палеогеографии и геологии алмазонасных россыпей в изучаемом районе.

Наше исследование показало, что изученные отложения, по литологической сути, являются лёссом (глинистым алевритом) эолового происхождения, образовавшимися в ледниковые эпохи днепроовского и валдайского оледенений (300–20 тыс. лет т.н.). Палеогеографическим условием образования лёссовидных отложений эолового генезиса в исследуемом районе является возможность постоянно дующих ветров на периферии материкового оледенения [5, 6]. В качестве прямого доказательства эолового генезиса этих отложений в статье приводятся данные минералогического анализа своеобразных минеральных агрегатов («перекати-поле»), состоящих из сцепленных шарообразно алевритовых зерен кварца, иногда с аллотигенным минералом внутри. Кроме того, по данным рентгенофазового анализа, можно сделать вывод, что в районе преобладало физическое выветривание, характерное для регионов с эоловым литогенезом. Косвенным подтверждением эолового генезиса изучаемых лёссовидных отложений может служить образование журавчиков, обычных для лёсса и лёссовидных отложений.

Лёссовидные отложения плейстоцена непосредственно покрывают и «запечатывают» от разрушения алмазонасную силурийскую россыпь в северо-западной части месторождения Южная Рассольная. В этом состоит поисковый интерес изучения лёссовидных отложений, поскольку журавчики очень легко диагностируются в поле. Но в то же время существуют определенные трудности в диагностике лёссовидных отложений. В полевых условиях они могут быть приняты за «супесь», «суглинок» или «пылеватые» отложения – термины, от которых уже давно рекомендовано отказаться, если мы имеем дело с лёссом. Конечно, полевые ошибки со временем могут быть исправлены с помощью отбора проб и детального их изучения в лабораторных условиях, но всё это займет определенное время. Однако, иногда вполне можно положиться и на полевую диагностику, во всяком случае, в первом приближении – это журавчики. При наблюдении журавчиков в поле в составе соответствующих отложений, по аналогии, можно очень оперативно сделать предварительные выводы с экономией времени и ресурсов. Однако необходимо иметь в виду, что на изучаемой территории описанные лёссовидные отложения не имеют прямой связи с промышленной россыпной алмазонасностью.

Литература

1. Обручев, В.А. Полевая геология / В.А. Обручев – В 2 т. Т. 2. – Москва ; Ленинград : Издание Совета нефтяной промышленности, 1930. – 388 с. – Текст: непосредственный
2. Синицких, Е.С. Гранулометрический состав четвертичных отложений / Е.С. Синицких – Текст непосредственный // Антропоген Урала. Методическое руководство по изучению четвертичных отложений Урала. – Свердловск, 1963. – С. 150-157.
3. Кухарено, А.А. Минералогия россыпей / А.А. Кухаренко – Москва : Гос. науч.-тех. изд-во, 1961. – 320 с. – Текст: непосредственный
4. Осовецкий, Б.М. Тяжелая фракция аллювия / Б.М. Осовецкий – Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1986. – 259 с. – Текст: непосредственный
5. Мушкетов, Д.И. Физическая геология / Д.И. Мушкетов – В 2 т. Т. 2. – Ленинград ; Москва : Госиздат, 1926. – 636 с. – Текст: непосредственный
6. Наливкин, Д.В. Учение о фациях. Географические условия образования осадков / Д.В. Наливкин. – В 2 т. Т. 2. – Москва ; Ленинград : Изд-во АН СССР, 1956. – 396 с. – Текст: непосредственный

7. Юдович, Я.Э., Кетрис, М.П. Основы литохимии / Я.Э. Юдович, М.П. Кетрис – Санкт-Петербург : Наука, 2000. – 479 с. – Текст: непосредственный
8. Сигов, А.П. Историческая преемственность россыпей / А.П. Сигов – Текст: непосредственный // Геология россыпей. – Москва : Наука, 1965. – С. 28-33.
9. Ишков, А.Д. Источники алмазов Уральских россыпей на примере Красновишерского района / А.Д. Ишков – Текст: непосредственный // Совещание по геологии алмазных месторождений (тезисы докладов). – Пермь : Изд-во «Звезда», 1966. – С. 32–35.
10. Пактовский, Ю.Г. Силурийский промежуточный коллектор алмазов (Южное Притиманье, Пермский край) / Ю.Г. Пактовский – Текст: непосредственный // Вестник Пермского университета. Геология, 2021. – Т. 20(4). – С. 301-319.
11. Пактовский, Ю.Г. Геологическое строение силурийского коллектора алмазов в Южном Притиманье (Пермский край) / Ю.Г. Пактовский – Текст: непосредственный // Пермская система Земного Шара – 180 лет, 2022. – № 1. – С. 113-123.

References

1. Obruchev, V.A. Polevaya geologiya / V.A. Obruchev – V 2 t. T. 2. – М.-Л.: Izdaniye Soveta nefryanoy promyshlennosti, 1930. – 388 s. – Tekst: neposredstvennyy
2. Sinitskikh, Ye.S. Granulometricheskoy sostav chetvertichnykh otlozheniy / Ye.S. Sinitskikh – Tekst neposredstvennyy // Antropogen Urala. Metodicheskoye rukovodstvo po izucheniyu chetvertichnykh otlozheniy Urala, – Sverdlovsk, 1963. – S. 150–157.
3. Kukhareno, A.A. Mineralogiya rossypey / A.A. Kukhareno – М.: Gos. nauch.-tekhn. izd-vo, 1961. – 320 s. – Tekst: neposredstvennyy
4. Osovetskiy, B.M. Tyazelaya fraktsiya allyuviya / B.M. Osovetskiy – Irkutsk: Izd-vo Irkut. un-ta, 1986. – 259 s. – Tekst: neposredstvennyy
5. Mushketov, D.I. Fizicheskaya geologiya / D.I. Mushketov – V 2 t. T. 2. – Л.-М.: Gosizdat, 1926. – 636 s. – Tekst: neposredstvennyy
6. Nalivkin, D.V. Ucheniye o fatsiyakh. Geograficheskiye usloviya obrazovaniya osadkov / D.V. Nalivkin – V 2 t. T. 2. – М.-Л.: Izd-vo AN SSSR, 1956. – 396 s. – Tekst: neposredstvennyy
7. Yudovich, YA. E., Ketris, M. P. Osnovy litokhimii / YA.E. Yudovich, M.P. Ketris – SPb.: Nauka, 2000. – 479 s. – Tekst: neposredstvennyy
8. Sigov, A.P. Istoricheskaya preymstvennost' rossypey / A.P. Sigov – Tekst: neposredstvennyy // Geologiya rossypey, – М.: Nauka, 1965. – S. 28–33.
9. Ishkov, A.D. Istochniki almazov Ural'skikh rossypey na primere Krasnovisherskogo rayona / A.D. Ishkov – Tekst: neposredstvennyy // Soveshchaniye po geologii almaznykh mestorozhdeniy (tezisy dokladov), – Perm': Izd-vo «Zvezda», 1966. S. 32–35.
10. Paktovskiy, YU.G. Siluriyskiy promezhutochnyy kolektor almazov (Yuzhnoye Pritiman'ye, Permskiy kray) / YU.G. Paktovskiy – Tekst: neposredstvennyy // Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya, 2021. – T. 20(4). – S. 301–319.
11. Paktovskiy, YU.G. Geologicheskoye stroyeniye siluriyskogo kolektora almazov v Yuzhnom Pritiman'ye (Permskiy kray) / YU.G. Paktovskiy – Tekst: neposredstvennyy // Sb. nauch. tr.: Permskaya sistema Zemnogo Shara – 180 let, 2022. – № 1. – S. 113–123.

Сведения об авторе

ПАКТОВСКИЙ Юрий Германович – к.г.-м.н., доцент кафедры минералогии и петрографии Пермского Государственного национального исследовательского университета им. А.М. Горького, e-mail: urijpaktovskij65@gmail.com

PAKTOVSKY Yury G. – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Department of Mineralogy and Petrography, Perm A.M. Gorky State National Research University, e-mail: urijpaktovskij65@gmail.com

Н.А. Пуляев

СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

e-mail: pna-s-vfu@mail.ru

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ ДОКЕМБРИЙСКИХ ТРОГОВЫХ СТРУКТУР ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЛДАНО-СТАНОВОГО ЩИТА

Аннотация. В статье приводятся результаты изучения разными геологами геологического строения и перспективы рудоносности троговых комплексов, выполняющих такие структуры как трог, которые выявлены на разных этапах геологических исследований на территории западной части Алдано-Станового щита. Определены основные типы троговых комплексов и их разрезы. Установлен характер залегания осадочных (терригенных), вулканогенно-осадочных и метавулканических пород, выполняющих трог и образующие троговые комплексы. Описан характер соотношения этих пород в разрезе трогового комплекса в изученных трогах. Результаты изучения троговых комплексов показали, что в целом, для них характерна фациальная изменчивость, неоднородность метаморфизма и динамотермальная переработка пород (особенно в бортах трогов) с образованием милонитов и катаклазитов. Установлено, что трог приурочены к трем региональным системам разрывных нарушений. Внутри трогов отмечены как согласные, так и секущие разрывы, определяющие их блоковую тектонику. Приведены результаты определения геологического возраста пород трогового комплекса. Для троговых структур характерна рудная минерализация, связанная с процессами седиментации (железистые кварциты, медистые песчаники) и вулканогенного рудообразования (медноколчеданное и полиметаллическое оруденение), а также с процессами метаморфогенно-гидротермального перераспределения рудного вещества (стратиформное шселитовое оруденение, рудоносные кварцевые жилы). Также установлено, что металлогения троговых структур изучена недостаточно. Тем не менее, большинство геологов, изучавших троговые комплексы в своих отчетах отмечали, что докембрийские троговые комплексы могут рассматриваться в качестве важных и перспективных в металлогеническом отношении геологических объектов западной части Алдано-Станового щита и заслуживают более углубленного изучения.

Ключевые слова: Алдано-Становой щит, троговые структуры, трог, троговый комплекс, геологический разрез, геологический возраст, метаморфизм, металлогения.

N.A. Puliaev

M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

e-mail: pna-s-vfu@mail.ru

GEOLOGICAL STRUCTURE AND METALLOGENY OF PRECAMBRIAN SEDIMENTARY STRUCTURES OF WESTERN ALDAN-STANOVY SHIELD

Abstract. The article presents the results of the study by various geologists of the geological structure and prospects of ore-bearing trog complexes performing structures such as throgs, which were identified at different stages of geological research in the western part of the Aldan-Stanovy shield. The main types of traction complexes and their sections were determined. The nature of the occurrence of sedimentary (terrigenous), volcanogenic-sedimentary and metavolcanic rocks performing throgs and forming throg complexes was established. The nature of the ratio of these rocks in the context of the trog complex in the studied throgs was described. The results of the study of trog complexes showed that they are generally characterized by facies variability, heterogeneity of metamorphism and dynamothermal processing of rocks (especially in the sides of throgs) with the formation of mylonites and cataclasites. It was established that the throgs are confined to three regional systems of discontinuous disturbances. Both consonantal and secant discontinuities were marked inside the throgs, defining their block

tectonics. The results of determining the geological age of the rocks of the trogovoi complex were presented. The trog structures are characterized by ore mineralization associated with the processes of sedimentation (ferruginous quartzites, copper sandstones) and volcanogenic ore formation (copper-crust and polymetallic mineralization), as well as with the processes of metamorphogenic-hydrothermal redistribution of ore matter (stratiform scheelite mineralization, ore-bearing quartz veins). It was also found that the metallogeny of the trog structures has not been studied sufficiently. Nevertheless, the majority of geologists who studied the trogoveye complexes noted in their reports that Precambrian trogoveye complexes can be considered as important and metallogenically promising geological objects in the western part of the Aldan-Stanovy Shield and deserve more in-depth study.

Keywords: Aldan-Stanovoy shield, trog structures, trogs, trog complex, geological section, geological age, metamorphism, metallogeny.

Введение

Существование троговых структур как самостоятельного типа докембрийских грабенообразных прогибов в западной части Алдано-Станового щита (АСЩ), впервые было упомянуто в работах Е. М. Лазько и Г. Б. Митича [1]. В бассейне верхнего течения р. Чуги ими было отмечено, что метаморфизованные вулканогенно-терригенные отложения выполняют обособленные тектонические структуры (изолированные грабены), более молодые, чем архейские образования. В последующие годы исследования Ю. К. Дзевановского и Е. П. МIRONЮКА позволили значительно уточнить и расширить знания о составе и строении геологических комплексов более молодых, чем метаморфические образования архея АСЩ [2]. Позже, в связи с расширением геологических работ в этом районе, вопросы тектоники, магматизма и металлогении приразломных прогибов разрабатывались и другими геологами (Е. П. МIRONЮКОМ, Л. И. Салопом, М. З. Глуховским, В. А. Кудрявцевым, А. Ф. Петровым, Л. М. Реутовым, Ю. П. Рассказовым, Е. В. Ялынычевым, В. С. Федоровским, А. М. Лейтесом, В. И. Березкиным, В. С. Когеном, В. М. Моралевым, А. Л. Ставцевым, И. М. Фрумкиным, С. В. Нужновым и др). На основе этих исследований оформились представления о троговых структурах Алдано-Станового щита, как аналогах структур типа зеленокаменных поясов, известных на многих древних платформах [3, 4, 5]. В пределах АСЩ в настоящее время выявлено более 30 шовных прогибов (трогов), выполненных метаморфизованными терригенно-вулканогенными образованиями, объединяемыми под общим названием троговый комплекс [6]. Установлено, что формирование трогов приурочено, большей частью, к крупным региональным разломам и прослеживаются они в виде систем относительно узких линейных структур, наиболее протяженные из которых расположены в широтных зонах Станового и Южно-Тукурингского разломов

Троговые комплексы западной части АСЩ

Отложения трогового комплекса принадлежат к терригенно-вулканогенной и железисто-кремнистой формациям. В составе комплекса преобладают вулканические и осадочные терригенные породы, прогрессивно метаморфизованные в условиях амфиболитовой или реже зеленосланцевой фаций. В подчиненном количестве встречаются глинистые, кремнисто-железистые и карбонатные породы. Залегая, главным образом, в относительно узких и протяженных структурах, отложения трогового комплекса иногда отделены от гранитизированных раннеархейских образований разломами. Чаше эти границы «залечены» раннепротерозойскими гранитами, развивающимися как по породам фундамента, так и по образованиям трогового комплекса. Разрезы трогового комплекса даже в трогах, расположенных в пределах одной зоны разломов, существенно различаются, главным образом, по количеству вулканогенных пород. Точно так же и в соседних параллельных трогах нередко наблюдаются трудно сопоставимые последовательности напластований. Индивидуальный характер внутреннего строения трогов сильно затрудняет корреляцию разрезов даже смежных и не очень удаленных шовных прогибов. Варианты такой корреляции разрезов трогового комплекса стратотипической местности на западе АСЩ были предложены Е. П. МIRONЮКОМ и др. [2] и А. Ф. Петровым [6]. Этими

исследователями была выделена верхнеархейская борсалинская серия, а также олондинская, субганская, тунгурчинская и тасмиэлинская серии нижнего протерозоя. Как правило, образования, относимые к различным сериям (за исключением тасмиэлинской серии и ее аналогов), в одном и том же трое не встречаются; они обычно залегают в изолированных структурах.

Преимущественно в терригенной тасмиэлинской серии и ее аналогах известны горизонты базальных метаконгломератов, в которых отмечается галька метаморфических пород, типичных для подстилающих образований трогового комплекса и более древних пород фундамента. Это позволило рассматривать тасмиэлинскую серию и ее аналоги как верхнюю часть разреза трогового комплекса, залегающую с разрывом на породах нижней части разреза. В качестве стратотипических комплексов нижней и верхней частей разреза могут быть указаны соответственно борсалинская и тасмиэлинская серии [7].

Несмотря на трудности, возникающие при корреляции разрезов комплекса и связанные, по всей видимости, с высокой степенью автономности развития отдельных троговых структур, для всех них устанавливается несомненное сходство состава слагающих их пород. Однако количественные соотношения вулканических и осадочных пород в различных трогах варьируют очень сильно, в связи с чем представляется возможным различать три основных типа строения трогового комплекса. Это преимущественно вулканогенный, терригенно-вулканогенный и существенно терригенный типы.

К первому типу относятся трое, в пределах которых на долю вулканогенных пород приходится более половины объема (мощности) слагающих их образований (Хани-Олондинский, Унгринский и Амазар-Гилуйский). Второй тип троговых структур (наиболее распространенный) характеризуется наличием вулканогенных пород в объеме менее 50 % (Саймаганский, Торочанский, Чарский, Ималыко-Тарынакский, Темулякитский, Тасмиэлинский, Тунгурчинский, Борсалинский, Каларский, Субганский, Аяно-Бурпалинский, Имангринский, Чульманский, Джелтулакский, Нижнеджелиндинский). Необходимо отметить, что в этой группе трогов выявлены разновидности с резким преобладанием в разрезах терригенных пород (по существу, вулканогенно-терригенный подтип – Аяно-Бурпалинский, Каларский, Чульманский).

Существенно терригенный тип троговых структур отличается преобладанием метаосадочных пород при крайне незначительных развитиях метавулкаников (Итчилякский, Тарагай-Ханский, Куртахский, Авгенкурский, Амедичинский).

В процессе изучения геологического строения трогов, было установлено что не существует резкого различия между выделенными типами трогов. Отнесение их к тому или иному типу часто объяснялось недостатком фактического материала. Последнее обстоятельство, в свою очередь, обусловлено слабой степенью изученности троговых структур, сложностью их тектоники и, возможно, различным эрозионным срезом, при котором на поверхности могут обнажаться не все горизонты и пачки пород, слагающие разрез той или иной структуры.

Троговые структуры вулканогенного типа характеризуются преимущественным развитием вулканогенных пород основного состава или контрастных вулканических серий. В качестве примера характерного разреза трогового комплекса вулканогенного типа можно привести обобщенный разрез отложений, выполняющих Хани-Олондинский трог [8]. Описание разреза снизу-вверх:

- | | |
|---|-------|
| 1. Хлоритовые, карбонат-хлорит-хальк-актинолитовые, хлорит-актинолитовые сланцы, амфиболиты. | 150 м |
| 2. Амфиболиты полосчатые, биотитизированные, переслаивающиеся со светло-серыми метаэффузивами среднего и кислого состава, которые по латерали иногда замещаются лейкократовыми кварцито-гнейсами. | 250 м |
| 3. Амфиболиты и амфиболовые сланцы с линзовидными прослоями биотит-кварцевых сланцев и метапесчаников. | 250 м |

4. Метаэффузивы среднего и кислого состава, переслаивающиеся с амфиболитами.	150 м
5. Метаэффузивы среднего и кислого состава с прослоями кварцитовидных песчаников и кварцитов.	450 м
6. Амфиболиты, карбонат-талек-хлоритовые сланцы, метапесчаники и кислые метаэффузивы.	600 м
7. Метаэффузивы среднего состава.	700 м.
8. Биотит-амфиболовые гнейсы, амфиболиты, вверху слой мраморов (до 20 м).	170 м
9. Амфиболиты.	150 м
10. Амфиболовые гнейсы, переслаивающиеся с метаэффузивами кислого состава.	100 м
11. Амфиболиты.	140 м
12. Метаэффузивы среднего состава, местами вмещающие пачку ставролит-гранат-биотитовых сланцев и кварцитов.	50 м

Общая мощность отложений Хани-Олондинского трога 2460 м.

В пределах Амазар-Гилюйского трога, также принадлежащего к вулканогенному типу, отложения трогового комплекса имеют очень большую мощность (до 7,5 км) и подразделяются на три свиты: арбинскую (2500 м), мотовинскую (до 3000 м) и минжакскую (2000 м). Нижняя и верхняя свиты представлены преимущественно амфиболовыми кристаллическими сланцами (метавулканитами), слагающими однородные монотонные толщи, выдержанные по простиранию. Отмечаются послойные тела габбро-амфиболитов. В средней мотовинской свите преобладают биотитовые гнейсы и кристаллические сланцы. На отдельных участках трога развиты железистые кварциты, кварцито-гнейсы, редко пласты мраморов и глиноземистых графитосодержащих гнейсов [9].

В Унгринской структуре породы основного состава слагают верхнюю часть толщи (4000 м), в то время как в ее нижней части (1500 м) преимущественным развитием пользуются биотитовые гнейсы с подчиненными кварцитами, амфиболитами и амфиболовыми кристаллическими сланцами [10].

Большая часть троговых структур западной части АСЦ принадлежит к терригенно-вулканогенному типу. В составе этой группы трогов встречаются трог, в которых вулканогенные породы залегают преимущественно в нижней части разреза, а также трог, где вулканиты образуют отдельные прослои, рассредоточенные по всему разрезу. В первую подгруппу включены Тасмиэлинский, Тунгурчинский, Субганский, Имангрский, Чульманский, Желтулакский и Нижнеджелиндинский (южная часть) трог. В которых в низах разрезов залегают актинолитовые амфиболиты и амфиболовые сланцы, микроамфиболиты, нередко с реликтами первичных структур, свойственных долеритам, иногда переслаивающиеся с резко подчиненными биотитовыми микрогнейсами, мраморами, кварцито-сланцами и графитовыми сланцами. Мощность этой существенно вулканогенной пачки 200-650 м. Выше ее залегают либо терригенная пачка мощностью 400-1000 м, либо терригенно-вулканогенная – мощностью до 1000-1500 м. В первом случае в составе верхней пачки отмечаются двуслюдяные андалузит-слюдяные сланцы иногда с гранатом и дистеном, биотитовые и биотит-гранатовые микрогнейсы, мраморы, слюдяные кварциты и кварциты, часто графитосодержащие, с редкими прослоями амфиболитов. Во втором случае (Желтулакский трог), помимо перечисленных пород, в верхней пачке отмечаются в больших количествах амфиболиты и актинолит-хлоритовые сланцы. В некоторых случаях верхняя надэффузивная часть разреза сложена преимущественно карбонатными породами при подчиненной роли метаморфизованных терригенных пород. По особенностям строения разреза эти трог можно отнести к вулканогенно-терригенно-карбонатному типу. Они развиты главным образом на южном фланге Тыркандинской системы трогов в верховьях рек Зеи и Купури.

К второй подгруппе принадлежат Саймаганский, Торочанский, Чарский, Ималыко-Тарынакский, Темулякитский, Борсалинский, Каларский, Аяно-Бурпалинский трог и северная

часть Джелтулакского трога. Повсеместно в нижней части разрезов метаморфических толщ, выполняющих эти трог, залегают биотитовые, двуслюдяные гнейсы и сланцы, переслаивающиеся с мономинеральными кварцитами или слюдистыми кварцитами, нередко содержащими кордиерит, ставролит и куммингтонит. Отмечаются прослои магнетитовых кварцитов и мраморов. Среди метаосадочных пород залегают многочисленные прослои метавулканитов-амфиболитов, актинолит-эпидотовых, актинолит-гранатовых, актинолитовых и амфиболовых сланцев, а также габбро-амфиболитов. Мощность терригенно-вулканогенной толщи пород варьирует от 400 до 2000 м. Выше нее располагается существенно терригенная толща мощностью 1000-2000 м. Она сложена биотитовыми гнейсами, переслаивающимися с кварц-биотитовыми, гранат-ставролитовыми, силлиманит-биотитовыми, кварц-серицитовыми, биотит-гранатовыми и двуслюдяными сланцами. Редко отмечаются прослои метаконгломератов с галькой кварца и мраморов. Типичным для этой части разреза является присутствие разнообразных кварцитов. Как правило, мономинеральных или содержащих силлиманит, андалузит и гранат. Повсеместно в верхних толщах трогов рассматриваемой подгруппы встречаются пласты магнетитовых кварцитов.

Троговые структуры терригенного типа выполнены разнообразными породами осадочного происхождения, среди которых в подчиненном количестве иногда присутствуют и метавулкани-ты. Так, в Авгенкурском трогe отмечаются слюдистые и кварцито-слюдистые сланцы, кварци-ты, редко мраморы и амфиболитовые сланцы. Видимая мощность разреза 300 м. Аналогичная картина наблюдается и в Итчилякском трогe, где в основании разреза залегает мощный (110 м) горизонт кварцитов, перекрытый двуслюдяными и мусковитовыми сланцами с прослоями би-отитовых сланцев, микрогнейсов, кварцитов и метапесчаников. Примерно в средней части тол-щи (общей мощностью 970 м) отмечается пластовое тело ортоамфиболитов мощностью 200 м.

Наибольшей мощностью и разнообразием пород отличается разрез трогового комплекса Амедицинского трога [9]. Здесь наиболее древние горизонты трогового комплекса, объеди-няемые в булгуняхтахскую толщу, представлены биотитовыми, биотит-гранат-кордиеритовыми гнейсами и микрогнейсами с прослоями биотит-амфиболовых, силлиманит-кордиеритовых, биотит-гранат-кордиерит-ставролитовых и гранат-кордиерит-жедритовых гнейсов и амфиболи-тов. Мощность этой толщи 1200-1600 м. Выше залегает крутойская толща, сложенная кварци-тами, слюдистыми кварцитами, кварцито-гнейсами с прослоями биотитовых, биотит-кордие-ритовых, биотит-амфиболовых, силлиманит-кордиеритовых, слюдисто-андалузитовых сланцев и метадиабазов. Мощность толщи 1300-1500 м. Далее вверх по разрезу залегает кылахская толща, в основании которой располагается пачка конгломератов, гравелитов и гравелистых кварцито-песчаников. В конгломератах встречается галька мономинеральных и железистых кварцитов, сходных по составу и структурным особенностям с кварцитами верхнеалданской свиты архея АСИЦ и частично с кварцито-гнейсами крутойской толщи. Мощность пачки кон-гломератов 250 м. На конгломератах залегает толща мономинеральных и слюдистых кварцитов с прослоями гематитовых кварцитов. Общая мощность кылахской толщи 1600-1900 м. Разрез трогового комплекса в Амедицинском трогe завершается диалтундинской толщей, сложенной кварцитами, амфиболитами, биотитовыми сланцами с андалузитом и фибролитом. В виде линз и отдельных прослоев встречаются мраморы, актинолит-диопсидовые породы, метари-олиты и метадациты. В нижней части толщи выявлена пачка (150-200 м) галечных и валун-ных метаконгломератов. Мощность толщи 1100-1300 м. Общая мощность трогового комплекса в Амедицинском трогe оценивается в 5200-6400 м.

На примере Амедицинской структуры хорошо видна принадлежность двух верхних толщ трогового комплекса к обособленной верхней части разреза, видимо, отделенной от нижней ча-сти перерывом. К верхней части трогового комплекса относятся также некоторые толщи трогов терригенно-вулканогенного типа, в частности, тасмиэлинская серия одноименного трога и ее аналоги в Каларском, Тунгурчинском, Тарагай-Хаинском и Джелтулакском трогaх [7].

В составе тасмиелинской серии и ее аналогов отмечаются метапесчаники и микрокварциты (в том числе медистые), метаалевролиты, черные графитистые, гранат-ставролитовые и слюдястые сланцы, кварциты, реже джеспилиты и мраморы. Последние в значительном объеме отмечаются в Тунгурчинском трого. Почти повсеместно в основании рассматриваемой серии залегают метаконгломераты и метагравелиты с галькой подстилающих пород. Одновременно в разрезе серии присутствуют метавулканиды основного (Тасмиелинский и Каларский трого), среднего и кислого состава: метадациты, метариолиты, порфирииды по андезитам и андезито-дацитам (Амедичинский и Тарагай-Хаинский трого). Характерной особенностью серии, завершающей разрез трогового комплекса, является заметно меньшая степень метаморфизма пород по сравнению с породами нижней части разреза. Здесь метаморфизм достигает обычно эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фации, в связи с чем в породах часто сохраняются первичные структуры, текстуры и другие признаки первично-осадочного или вулканического происхождения. Мощность отложений верхней части трогового комплекса достигает 2700-3200 м.

Особо следует остановиться на желтулакской серии, залегающей с разрывом на терригенно-вулканогенных образованиях нижней части трогового комплекса в пределах одноименного трого. В ее составе отмечаются метапесчаники (в том числе медистые), кварц-полевошпатель-слюдястые сланцы, черные графитистые сланцы, филлиты, слюдястые сланцы, очень часто метагравелиты, а также измененные андезиты, дациты, риолиты, долериты, диопсид-тремолитовые мраморы. В основании встречаются конгломераты (часто графитсодержащие) с галькой кварца, пегматитов и амфиболитов. Видимая мощность отложений не менее 1000 м. Желтулакская серия может коррелироваться с удоканской серией нижнего протерозоя [7]. Вместе с тем она имеет ряд сходных черт и с тасмиелинской серией трогового комплекса как по формационной принадлежности слагающих ее пород, так и по степени их метаморфизма. Не исключено, что в состав желтулакской серии входят аналоги удоканской серии и аналогии тасмиелинской серии верхов трогового комплекса.

В целом для трогового комплекса весьма характерна фациальная изменчивость, неоднородность метаморфизма и часто динамотермальная переработка пород (особенно в бортах трогов) с образованием милонитов, катаклазитов и тектонических сланцев. Отложения, выполняющие троговые структуры Алдано-Становой области, сложены вулканидами преимущественно основного состава, а также терригенными, глинистыми и в меньшей степени кремнистыми и карбонатными породами. Все они в различной степени метаморфизованы в условиях амфиболитовой и зеленосланцевой фации и нередко трудно отличимы от диафторированных пород архейских комплексов. Детальные петрографические исследования показывают, однако, что породы трогового комплекса подверглись прогрессивному метаморфизму вплоть до условий амфиболитовой фации, тогда как в архейских комплексах метаморфизм амфиболитовой и более низких фаций является регрессивным и накладывается на минеральные ассоциации гранулитовой фации.

В пределах трогов широко развиты интрузии метагаббро и ортоамфиболитов, изредка отмечаются тела дунитов. В трогах и вблизи их располагаются массивы редкометальных щелочных гранитоидов, поля мусковитовых и редкометальных пегматитов.

Тектоническая позиция трогов

В западной части АСЦ трого в большинстве своем приурочены к трем региональным системам разрывных нарушений. На западе щита, севернее зоны Станового разлома, преобладают субмеридиональные направления троговых структур. В зонах Станового и Южно-Тукурингского разломов, ограничивающих Джугджуро-Становую область, субширотные. Для самой этой области типичны северо-западные простирания трогов. Обращает на себя внимание приуроченность большинства трогов к крупным дуговым системам разломов, образующим иногда так называемые кольцевые структуры. Некоторые из них дешифрируются на космических снимках. Такова, например, Чарская кольцевая структура с дуговыми разломами, контролиру-

ющими размещение Темулякитского, Тасмиэлинского, Тунгурчинского, Аяно-Бурпалинского и Саймаганского трогов. К крупной Олекмо-Нюкжинской системе приурочены Желтулакский, Куртахский, Амазар-Гилуйский и Субганский трог. Эта дуговая система диаметром около 1000 км, так же, возможно, как и Чарская, является древнейшей кольцевой структурой Земли, которая четко выражена в магнитном поле в виде системы положительных аномалий. К подобной же дуговой системе разломов принадлежат и трог Тыркандинской зоны, в том числе и Авгенкурский.

Троговые структуры обычно ограничены разрывами, часто «залеченные» процессами гранитизации. Протяженность трогов заметно превышает их ширину. Наиболее вытянутые Каларский и Амазар-Гилуйский трог имеют размеры соответственно 150 x 10-20 км и 800 x 40 км, а системы Тукурингского, Темулякитского и Тасмиэлинского трогов – 150 x 30 км. Наиболее распространены трог размером 30-50 x 3-7 км; встречаются и более мелкие структуры. Часто трог разветвляются (например, Хани-Олондинский трог, юго-восточная часть Желтулакского трога и др.). Троговые структуры, как правило, разделены поднятиями фундамента, так называемыми гранитогнейсовыми валами, обычно сложенными гранитогнейсами станового или куандинского комплекса.

Метаморфизованные вулканогенно-осадочные образования трогового комплекса интенсивно дислоцированы и смяты в килевидные синклинали, осложненные опрокинутыми изоклинальными складками более высоких порядков. Изредка в крупных трогах отмечаются антиклинальные перегибы. В некоторых случаях троговый комплекс слагает моноклинальные чешуи. Оси линейных складок, равно как и общее простирание слоев, обычно параллельны вытянутости трогов и ограничивающих их разломов.

В пределах крупных трогов отмечаются брахиформные куполовидные структуры, связанные с ростом гранитогнейсовых диапиров ремобилизованного фундамента (Амазар-Гилуйский трог, юго-восточный фланг Желтулакского трога). Гранитогнейсовые купола чрезвычайно характерны для торцевых частей многих трогов. Они отмечены на восточном фланге Каларского трога в бассейне р. Олекмы, на юге Тунгурчинского и Тасмиэлинского трогов, в районе северо-западного фланга Желтулакского трога. В обрамлении таких куполов образования трогового комплекса часто слагают лентовидные моноклинальные залежи, «впаянные» в гранитогнейсовый субстрат и изгибающиеся согласно общей структуре фундамента [6]. В некоторых случаях (Тарагай-Хаинская структура), образования трогового комплекса слагают изогнутые синклинали, «вложенные» в гранитизированное и ремобилизованное основание.

Внутри трогов отмечаются как согласные, так и секущие разрывы, определяющие их блоковую тектонику. Вертикальные перемещения по этим разломам (например, в Желтулакском трог) затрудняют не только расшифровку внутренней структуры трога, но и корреляцию разрезов разобщенных блоков. Многие троговые структуры, особенно в Джугджуро-Становой области и в зоне Тыркандинского разлома, в значительной степени эродированы, в связи с чем на поверхности обнажаются их корневые части, представленные зонами катаклаза и милонитизации, насыщенными интрузивными телами габбро-амфиболитов, габбро и ультраосновных пород. Последние, видимо, могут рассматриваться в качестве вскрытых эрозией подводящих каналов, размывших вулканоплутонических комплексов.

К вопросу о возрасте троговых комплексов

Как отмечалось выше, разломные границы трогового комплекса с гранитизированным раннеархейским основанием обычно залечены раннепротерозойскими (от 2600 до 1900 млн. лет) палингено-метасоматическими гранитами. Поэтому стратиграфические взаимоотношения трогового комплекса с нижнеархейским фундаментом непосредственно не наблюдаются. Тем не менее на основании анализа геологического положения трогов можно утверждать, что рассматриваемые метаморфические образования шовных структур слагают более молодой структурно-вещественный комплекс.

Верхний возрастной предел трогового комплекса определяется тем, что на западе АСЦ он перекрывается нижнепротерозойской удоканской серией. При этом установлено [9], что в трогах, примыкающих к Кодаро-Удоканскому прогибу, верхняя, менее метаморфизованная часть трогового комплекса, связана постепенными переходами с нижней икабийской свитой удоканской серии, причем по латерали она фациально изменяется от терригенно-вулканогенной до существенно терригенной.

Не исключено, что тасмиэлинская серия и ее аналоги являются переходными между типичными терригенно-вулканогенными отложениями трогов и терригенными отложениями нижнепротерозойского протоплатформенного чехла, которые сохранились в пределах некоторых наиболее крупных трогов (желтулакская серия).

Результаты определений абсолютного возраста пород трогового комплекса калий-аргоновым методом [9], позволяют думать, что заложение и начало развития троговых структур в основном относится к позднему архею (интервал времени от 3150 до 2670-2540 млн. лет). Завершение формирования нижней части трогового комплекса, вероятно, относится к концу архея (2540-2670 млн. лет), тогда как образование верхних горизонтов комплекса, судя по определению возраста гальки пегматита из конгломератов желтулакской серии (2300 млн. лет) и прорывающих ее пегматитов (2200 млн. лет) захватывает и ранний протерозой.

Эпохи регионально проявленных процессов гранитизации и метаморфизма датируются следующим образом. Одна группа анализов (2670 и 2540 млн. лет) характеризует, вероятнее всего, время проявления раннепротерозойской гранитизации («древнестановой» в Становой области и синхронной ей «куандинской» на западе АСЦ), а вторая (от 2034 до 1676 млн. лет) – время формирования гранитоидов Чуйско-Кодарского комплекса западной части АСЦ и разновозрастных им гранитоидов Чубагинского и Токкско-Алгоминского комплексов Становой области [9,10]. С начальными и завершающими этапами гранитообразования в раннем протерозое связаны основные процессы складчатости и прогрессивного метаморфизма пород трогового комплекса, а также гранитизации, регрессивного метаморфизма и ремобилизации раннеархейского основания.

Таким образом, анализ геологического материала в комплексе с результатами определения абсолютного возраста пород указывает на длительность периода формирования (включая процессы складчатости, метаморфизма и гранитизации) шовных структур, охватывающего интервал времени от позднего архея до середины или конца дорифейского протерозоя.

Особенности металлогении троговых структур

Несмотря на то, что металлогения АСЦ в целом изучена вполне достаточно, тем не менее, изученность металлогении его троговых структур в западной части слабая [9]. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что в породах трогового комплекса щита локализуется достаточно разнообразная рудная минерализация, принадлежащая к перспективным промышленно-генетическим типам. Это прежде всего первично-осадочные руды железа в железистых кварцитах и меди в медистых песчаниках, кварцитах и «черных» (углеродсодержащих) сланцах, стратиформное медно-колчеданное, полиметаллическое и вольфрамовое оруденение, а также рудоносные кварцевые жилы в метавулканитах основного состава. Кроме того, в интрузиях гипербазитов, приуроченных к троговым структурам и ограничивающим их разломам, известны проявления асбеста и талька, а в терригенно-вулканогенных толщах трогового комплекса локализуются редкометалльные пегматиты различного возраста.

Промышленные железные руды, представленные пластами джеспилитов, локализованы в троговом комплексе западной части щита (Чарский, Темулякитский, Ималыко-Тарынакский и др. трог). Значительно реже они встречаются в структурах центральной части щита. Джеспилиты характерны для трогов терригенно-вулканогенного типа, где они приурочены преимущественно к верхним частям разреза. По данным Е. П. Миронюка и др. [2], пласты средне- и крупнозернистых железистых кварцитов имеют мощность до нескольких десятков метров и

протяженность около 10 км. Содержание железа составляет 25-42 %, причем большая его часть входит в состав магнетита. Легкая обогатимость руд дополняется таким ценным качеством, как малое содержание вредных примесей (сотые доли процента фосфора и серы). Пласты джеспилитов сосредоточены обычно в одном интервале разреза, реже разобщены безрудными породами мощностью до 200 м. В ассоциации с ними отмечаются и метаморфизованные терригенные образования, а также и метавулканиды основного состава. В Чарском трое присутствуют полиминеральные железистые породы, состоящие из кварца, магнетита, амфибола, граната, биотита и пироксена. В Нижнеджелиндинском и некоторых других трогах АСЦ известны магнетитосодержащие амфиболиты. Не исключено, что они являются древними аналогами магнетитовых базальтовых лав.

В западной части АСЦ также известны и проявления магнетита, титаномагнетита, связанные с габброидами и гипербазитами, прорывающими породы трогового комплекса. В некоторых случаях, они формируют зональные или расслоенные силлы протяженностью до 20 км. при мощности 80-200 м. [10]. Содержание железа в габбро-амфиболитах и гипербазитах Тепраканского силла достигает местами 46 %, а титана – 4,5 %. По оценкам геологов, эти массивы малоперспективны в отношении железа и титана, ввиду низких содержаний этих компонентов.

Медная минерализация в песчаниках, кварцитах и «черных» сланцах выявлена в верхней существенно терригенной части разреза трогов вулканогенно-терригенного типа, а также в желтулакской серии одноименного трога. В вулканогенно-терригенных комплексах меденосные породы представлены кварцитами и микрокварцитами с мелкой вкрапленностью пирита, халькопирита, иногда пирротина, магнетита и резко подчиненным количеством других сульфидов. Они слагают тела, залегающие согласно с напластованием в толщах существенно терригенных пород с подчиненными метавулканидами основного состава, графитсодержащими сланцами и метагравелитами, содержащими сульфидную минерализацию, в том числе халькопиритовую. Так, в Желтулакском трое меденосные микрокварциты образуют линзообразные пласты, которые пространственно ассоциируют с медноколчеданными вкрапленно-прожилковыми рудами в актинолитовых и других сланцах основного и ультраосновного состава.

Медистые песчаники, кварц-полевошпат-слюдястые сланцы (рассланцованные метапесчаники и метагравелиты) и кварц-серицит-графитистые сланцы, принадлежащие к желтулакской серии, выявлены на ряде участков Желтулакского трога. На одном из них образования трогового комплекса представлены актинолитовыми микроамфиболитами, кварц-актинолитовыми, кварц-хлоритовыми, актинолит-хлоритовыми и актинолит-плагиоклаз-биотитовыми сланцами с редкими маломощными прослоями микрокварцитов и графитистых сланцев; выше по разрезу терригенные породы постепенно начинают преобладать (в метавулканидах и микрокварцитах фиксируется медноколчеданная минерализация), образуя толщу метаосадочных пород, содержащих пласты медистых песчаников.

Ведущим рудным минералом является халькопирит, которому сопутствуют малахит и гидроокислы железа. Крайне редко отмечаются пирит, иногда борнит, ковеллин. Вкрапленная медная минерализация приурочена к определенным литологическим разностям пород и горизонтам и обычно не выходит за их пределы. Пирит-халькопиритовая вкрапленная минерализация зафиксирована также в маломощном пластовом теле хлоритовых и хлорит-магнетитовых пород (метавулканидов).

На других участках, помимо аналогичной минерализации, в метапесчаниках встречаются меденосные кварц-серицит-графитовые сланцы с обильными азуридом и малахитом. Породы иногда рассекаются кварцевыми прожилками, обогащенными пиритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, иногда арсенопиритом. Отдельные прожилки содержат другие сульфиды, молибденит, а также турмалин. Отмечается заметное увеличение содержания меди на тех участках, где кварцевые прожилки пересекают меденосные породы. В этих местах в них фиксируются гнезда халькопирита с подчиненным количеством галенита и других сульфидов.

Видимая мощность меденосной толщи составляет около 200 м, при этом мощность продуктивных пластов не превышает нескольких метров. Наиболее богаты медью рассланцованные крупнозернистые песчаники, гравелиты и «черные сланцы». Для метаалевролитов и кварц-серицитовых сланцев характерна бедная минерализация. В немногочисленных прослоях диопсид-тремолитовых мраморов минералы меди отмечаются крайне редко, причем они ассоциируются с пиритом и пирротинном. В небольших количествах в меденосных породах постоянно присутствуют серебро и свинец.

Проявления стратиформного медноколчеданного оруденения, приурочены к метавулканитам основного состава нижних частей разрезов трогов вулканогенного и терригенно-вулканогенного типа. Они представлены пластами роговообманковых или актинолитовых амфиболитов, актинолит-хлорит-плагиоклазовых и кварц-актинолитовых сланцев. Пласты насыщены вкрапленниками сульфидов, сопровождаемых мелкими прожилками кварца и карбоната. Среди сульфидов преобладают пирит, халькопирит, иногда пирротин. В подчиненном количестве отмечаются борнит, магнетит, галенит, сфалерит. В пределах Желтулакского трога выявлены протяженные пластовые тела таких вкрапленно-прожилковых руд.

Сульфидизированные актинолит-хлоритовые и кварц-актинолитовые сланцы преимущественно приурочены к нижней, существенно вулканогенной, части разреза, в меньшей степени они развиты в метавулканитах верхней терригенно-вулканогенной части. Аналогичная минерализация отмечается и в линзовидных телах габбро-амфиболитов, локализованных среди вулканогенных пород.

В габбро-перидотитах, наблюдаемых среди актинолитовых амфиболитов, нередко интенсивно рассланцованных, наряду с перечисленными выше минералами выявлен также пентландит, что существенно повышает перспективы данного типа оруденения. Заслуживающим внимание фактом является то, что в аллювии ручьев, дренирующих эти образования, установлено присутствие платиноидов [3].

Медноколчеданная минерализация в троговых комплексах выявлена также и в пределах Тыркандинской зоны разломов, где вкрапленность, прожилки и гнезда сульфидов локализованы в амфиболитах и габбро-амфиболитах, выполняющих серию небольших трогов.

Полиметаллическая минерализация отмечается лишь в карбонатных отложениях и метавулканитах основного состава отдельных структур. В прорывающих их габброидах, установлено жильное и прожилково-вкрапленное свинцово-цинковое и колчеданно-полиметаллическое оруденение [10]. Так, в актинолит-хлоритовых сланцах и габбро-амфиболитах Нижнеджелиндинского трога выявлены зоны кварц-сульфидных и сульфидных прожилков, содержащих преимущественно галенит и халькопирит с подчиненным количеством пирита и валлериита. В карбонатных породах некоторых троговых структур юго-восточного фланга Тыркандинского разлома отмечаются тонкополосчатые существенно сфалеритовые руды с незначительной примесью пирита и халькопирита. В ряде случаев галенит-сфалеритовая минерализация с незначительной примесью пирита и халькопирита локализуется в зеленых сланцах, образованных как по метавулканитам трогового комплекса, так и по диафторированным архейским породам в бортах троговых структур.

В карбонатных породах троговых структур Становой области известна стратиформная вольфрамовая минерализация, представленная тонкой вкрапленностью шеелита. Так, в мраморах Нижнеджелиндинского трога установлено присутствие распыленного шеелита, которому сопутствуют пирит, иногда вольфрамит и халькопирит. Помимо рудных минералов, отмечается крайне незначительная примесь диопсида, граната и эпидота. Аналогичная, но более бедная вольфрамовая минерализация отмечается в выше- и нижележащих джеспилитах, кварцитах и актинолит-кварц-биотитовых сланцах. В пределах Желтулакского трога вкрапленность шеелита (размер выделений до 1 мм) установлена на ряде участков в прослоях диопсид-тремолитовых мраморов и диопсидитов среди терригенных отложений желтулакской серии. Мощность

шеелитоносных пород достигает несколько десятков метров. Какой-либо пространственной связи вольфрамовой минерализации с интрузивными породами или элементами трещинной тектоники не установлено.

Редкометалльные и мусковитоносные пегматиты выявлены в ряде троговых структур западной части щита. Они локализуются преимущественно среди интенсивно гранитизированных осадочных и вулканогенных пород или гранитоидов, прорывающих метавулканиды трогового комплекса. Для редкометалльных пегматитов характерна пространственная связь с телами гранитоидов повышенной щелочности и с зонами щелочного метасоматоза.

Кварцевые и кварц-карбонатные жилы и прожилки фиксируются практически во всех троговых структурах. Набор рудных минералов в таких жилах весьма ограничен. Наиболее часто встречается пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, пирротин, иногда арсенопирит, самородное золото, крайне редко отмечаются различные сульфосоли и теллуриды. В отдельных случаях, наряду с сульфидами, встречается шеелит. Так, в западной части щита среди метавулканидов основного состава установлены многочисленные жилы и прожилки кварца с гнездами пирита и пирротина. В пределах Желтулакского трога среди актинолитовых сланцев выявлены кварцевые жилы и тела кварцитовидных пород (иногда с актинолитом), содержащие вкрапленность галенита, сфалерита, пирита, пирротина, а в терригенной части трогового комплекса – преимущественно галенита и сфалерита, а также халькопирита. Метаосадочные толщи желтулакской серии рассеяны прожилками с разнообразной сульфидной минерализацией. Мощные пачки «черных сланцев» иногда содержат редкие прожилки кварца с убогой вкрапленностью сульфидов свинца, цинка и меди, наряду с которыми присутствуют различные сульфосоли и теллуриды.

Наряду с древними кварцевыми жилами в троговых структурах отмечаются многочисленные рудоносные кварцевые жилы, образованные в эпоху мезозойской активизации региона [7]. Наиболее часто они отмечаются на юге АСИ. Среди них можно выделить два ведущих типа: а) малосульфидные кварцевые жилы; б) кварцево-сульфидные и сульфидные жилы.

Маломощные кварцевые жилы, связанные с эпохой мезозойской активизации, резко секут вмещающие породы трогового комплекса и обычно сопровождаются изменениями типа березитизации-лиственитизации. Для жильного кварца характерны друзовидные текстуры, разнообразие рудных минералов при их малом относительном количестве. Радиологический возраст слюды из зальбандов таких жил (130–200 млн. лет) соответствует возрасту мезозойских интрузивных пород, с которыми они связаны. Интересно, что в меланократовых породах трогового комплекса (роговообманковых, актинолитовых, биотитовых сланцев) рудная минерализация сосредоточена не в самих жилах, а преимущественно в их призальбандовых участках (Нижне-Джелиндинский трог).

Сульфидные и кварцево-сульфидные жилы отмечаются в метавулканидах и габбро-амфиболитах Нижне-Джелиндинского и Желтулакского трогов, а также в некоторых троговых структурах Тыркандинского разлома. От более древних жильных образований они отличаются более разнообразной рудной минерализацией. Для кварца типичны текстуры и структуры, характерные для близповерхностных образований. Изменения вмещающих пород преимущественно березит-лиственитового типа, иногда аргиллизация. Призальбандовые породы большей частью практически безрудны.

Проявления асбеста и талька связаны с ультраосновными интрузиями, прорывающими метавулканиды трогового комплекса в западной части щита. Они известны в Хани-Олондинском трого, где жилы хризотил-асбеста встречены в небольшом массиве серпентинизированных дунитов. Мелкие проявления талька зафиксированы в местах находки тел гипербазитов не только в трогах вулканогенного, но и терригенно-вулканогенного типа.

Приведенные сведения о рудоносности троговых структур АСИ показывают, что основная масса проявлений рудной минерализации приурочена к трогам терригенно-вулканогенного

тица. Структуры, выполненные преимущественно терригенными или вулканогенными образованиями, являются значительно менее продуктивными. Такое распределение может в большой степени зависеть от неравномерности изученности и опойскованности троговых структур, однако в какой-то мере оно, видимо, все же отражает металлогеническую специализацию трогов различных типов. Наиболее четко проявлена приуроченность железистых кварцитов, медистых песчаников, медноколчеданного, полиметаллического и стратиформного вольфрамового оруденения к терригенно-вулканогенным троговым комплексам, а асбестоносных гипербазитов – к вулканогенным. Это позволяет рассматривать троговые структуры соответствующих типов в качестве перспективных объектов на тот или иной тип оруденения. Интересным в отношении медноколчеданного оруденения и асбестоносности может оказаться Амазар-Гиллюйская система шовных структур, где в троговом комплексе широко развиты вулканогенные образования основного состава. Остается неясным вопрос о возможности выявления в западной части АСЦ рудопроявлений медно-никелевой минерализации, однако, очевидно, наиболее перспективными структурами, где можно ожидать такое оруденение, являются докембрийские троговые структуры вулканогенного и терригенно-вулканогенного типов. Это положение в значительной мере остается справедливым и для редкометальной минерализации домезозойского возраста, поскольку приуроченность докембрийских месторождений редких металлов к древним, существенно метабазитовым комплексам доказана [6, 9].

В отношении редкометальных пегматитов и метасоматитов троговые структуры также представляют известный интерес, однако размещение этих образований в большей мере контролируется зонами разломов, определяющими локализацию интрузий щелочных пород.

Заключение

Докембрийские троговые структуры Алдано-Становой области представляют собой рифтогенные (тафрогенные) структуры, заложение и развитие которых происходило в пределах области, где уже существовала земная кора континентального типа. Формирование трогового комплекса в узких шовных прогибах определялось процессами седиментации и вулканизма, причем образующиеся терригенно-вулканогенные комплексы во многих отношениях, в том числе по петрохимии метавулканитов основного состава, сходны с комплексами зеленокаменных поясов других древних платформ. Это сходство проявляется также в том, что развитие троговых структур сопровождалось и завершалось неоднократным проявлением метаморфизма и гранитизации, в связи с чем в троговых комплексах широкое распространение получили процессы метаморфогенно-гидротермального рудообразования. Время развития троговых структур АСЦ охватывает поздний архей и дорифейский протерозой, причем процессы протерозойской гранитизации и роста гранитогнейсовых куполов во многом обусловили структурные особенности трогов и отдельных моноклинальных чешуй трогового комплекса, «спянных» с породами ремобилизованного раннеархейского основания.

Для троговых структур характерна рудная минерализация, связанная с процессами седиментогенеза (железистые кварциты, медистые песчаники) и вулканогенного рудообразования (медноколчеданное и полиметаллическое оруденение), а также с процессами метаморфогенно-гидротермального перераспределения рудного вещества (стратиформное шеелитовое оруденение, рудоносные кварцевые жилы). Кроме того, с гипербазитовыми интрузиями, ассоциирующими с терригенно-вулканогенными и вулканогенными троговыми комплексами, связаны проявления талька и асбеста, а с интрузиями щелочных пород – редкометальные пегматиты и метасоматиты. Петрохимические особенности метавулканитов трогового комплекса позволяют предполагать возможность локализации в них стратиформной медно-никелевой и редкометальной минерализации. Наиболее интересными в этом отношении являются трюги, выполненные вулканогенными и терригенно-вулканогенными комплексами, которые представляются также перспективными в отношении асбестовых, медноколчеданных и полиметаллических руд.

Несмотря на явно недостаточную изученность, докембрийские троговые структуры, видимо, могут рассматриваться в качестве важных и перспективных в металлогеническом отношении объектов западной части АСИЦ, заслуживающих углубленного исследования.

Литература

1. Лазько, Е.М. Геологическое строение западной части Алданского щита / Е.М. Лазько. – Текст: непосредственный // Известия АН СССР. Серия: Геология. – 1978. – № 2.
2. МIRONЮК, Е.П. Геология западной части Алданского щита: Всесоюзный научно-исследовательский геологический институт «ВСЕГЕИ». Якутское геологическое управление Министерства геологии СССР / Е.П. МIRONЮК, Б.К. Любимов, Э.П. Магнушевский. – Москва : Недра, 1971. – 238 с. – Текст: непосредственный.
3. АХМЕТОВ, Р.Н., БИРЮЛЬКИН Г.В., КУДРЯВЦЕВ В.А., ФРУМКИН И.М. Геологическая позиция и состав раннедокембрийских зеленокаменных толщ Алданского щита / Р.Н. АХМЕТОВ, Г.В. БИРЮЛЬКИН, В.А. КУДРЯВЦЕВ, И.М. ФРУМКИН – Текст: непосредственный // Докембрийские троговые структуры Байкало-Амурского региона и их металлогения. – Новосибирск, 1983. – С. 10-11.
4. АНИСИМОВА, И.В. Возраст и геодинамические обстановки формирования зеленокаменных поясов западной части Алданского щита: 15.05.07 автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / Ирина Валерьевна АНИСИМОВА. – Санкт-Петербург, 2007. – 21 с. – Текст: непосредственный.
5. РЕУТОВ, Л.М. Новый докембрийский трог в центральной части Алданского щита / Л.М. РЕУТОВ. – Текст: непосредственный // Доклады АН СССР. – 1978. – № 6. – С. 239-251.
6. МОРАЛЕВ, В.М. Докембрийские троговые структуры Алдано-Становой области и их металлогения / В.М. Моралев, М.З. Глуховский, В.С. Коген. – Текст: непосредственный. – Москва : Наука, 1982. – С. 79-96.
7. АКСЕНОВ, Е.М., ВАФИН Р.Ф., ХАЙДАРАВ Р.А. Сравнительный формационный анализ троговых структур западной части Патомо-Алдано-Станового щита / Е.М. АКСЕНОВ, Р.Ф. ВАФИН, Р.А. ХАЙДАРАВ. – Текст: непосредственный // Докембрийские троговые структуры Байкало-Амурского региона и их металлогения. – Новосибирск : Наука, 1985. – С. 11-116.
8. ГЛУХОВСКИЙ, М.З. Троговой комплекс Алданского щита и его обрамления / М.З. Глуховский, В.С. Коген, В.М. Моралев [и др.]. – Текст: непосредственный // Геология и геофизика. – 1976. – № 6.
9. МОРАЛЕВ, В.М., Геология и минералогия троговых структур древних щитов / В.М. Моралев, М.З. Глуховский, В.С. Коген. – Москва : ВИЭМС, 1976. – Текст: непосредственный.
10. СМЕЛОВ, А.П. Геологическое строение западной части Алдано-Станового щита и химические составы пород раннего докембрия (Южная Якутия). ИГАБМ СО РАН / А.П. Смелов, В.И. Березкин, В.Ф. Тимофеев [и др.]. – Якутск : Издательство ЯНЦ СО РАН, 2009. – 168 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Laz'ko, E.M. Geologicheskoe stroenie zapadnoj chasti Aldanskogo shhita / E.M. Laz'ko. – Текст: непосредственный // Izvestija AN SSSR. Serija: geologija. – 1978. – № 2.
2. MIRONJUK, E.P. Geologija zapadnoj chasti Aldanskogo shhita: Vsesojuznyj nauchno-issledovatel'skij geologicheskij institut «VSEGEI». Jakutskoe geologicheskoe upravlenie Minesterstva geologii SSSR / E.P. MIRONJUK, B.K. Ljubimov, Je.P. Magnushevskij. – Moskva: Nedra, 1971. – 238 s. – Текст: непосредственный.
3. Ahmetov, R.N., Birjul'kin G.V., Kudrjavcev V.A., Frumkin I.M. Geologicheskaja pozicija i sostav rannedokembrijskih zelenokamennyh tolshh Aldanskogo shhita / R.N. Ahmetov, G.V. Birjul'kin, V.A. Kudrjavcev, I.M. Frumkin – Текст: непосредственный // Dokembrijskie trogovye struktury Bajkalo-Amurskogo regiona i ih metallogenija. – Novosibirsk. – 1983. – S.10-11.
4. Anisimova, I.V. Vozrast i geodinamicheskie obstanovki formirovanija zelenokamennyh pojasov zapadnoj

chasti Aldanskogo shhita: 15.05.07 avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk: / Irina Valer'evna Anisimova. – Sankt-Peterburg. 2007. – 21 s. – Tekst: neposredstvennyj.

5. Reutov, L.M. Novyj dokembrijskij trog v central'noj chasti Aldanskogo shhita / L.M. Reutov. – Tekst: neposredstvennyj // Doklady AN SSSR. – 1978. – № 6. – S. 239-251.

6. Moralev, V.M. Dokembrijskie trogovye struktury Aldano-Stanovoj oblasti i ih metallogenija / V.M. Moralev, M.Z. Gluhovskij, V.S. Kogen. – Tekst: neposredstvennyj. Moskva: Nauka, 1982. S. 79-96.

7. Aksenov, E.M., Vafin R.F., Hajdarav R.A. Sravnitel'nyj formacionnyj analiz trogovyh struktur zapadnoj chasti Patomo-Aldano-Stanovogo shhita / E.M. Aksenov, R.F. Vafin, R.A. Hajdarav. – Tekst: neposredstvennyj // Dokembrijskie trogovye struktury Bajkalo-Amurskogo regiona i ih metallogenija. – Novosibirsk: Nauka, 1985. S. 11-116.

8. Gluhovskij, M.Z. Trogovyj kompleks Aldanskogo shhita i ego obramlenija / M.Z. Gluhovskij, V.S. Kogen, V.M. Moralev [i dr.]. – Tekst: neposredstvennyj // Geologija i geofizika. – 1976. – № 6.

9. Moralev, V.M., Geologija i mineragenija trogovyh struktur drevnih shhitov. V.M. Moralev, M.Z. Gluhovskij, V.S. Kogen. – Moskva: VIJeMS, 1976. – Tekst: neposredstvennyj.

10. Smelov, A.P. Geologicheskoe stroenie zapadnoj chasti Aldano-Stanovogo shhita i himicheskie sostavy porod rannego dokembrija (Juzhnaja Jakutija). IGABM SO RAN. / A.P. Smelov, V.I. Berezkin, V.F. Timofeev [i dr.] – Jakutsk: Izdatel'stvo JaNC SO RAN, 2009. – 168 s. – Tekst: neposredstvennyj.

Сведения об авторе

ПУЛЯЕВ Николай Анатольевич – к.г.-м.н., доцент, доцент кафедры прикладной геологии СВФУ М.К. Аммосова, e-mail: pna-s-vfu@mail.ru

PULIAEV Nikolay Anatolievich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate professor of Applied Geology Department, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, e-mail: pna-s-vfu@mail.ru

Н.А. Пуляев

СВФУ им. М.К. Аммосова. г. Якутск, Россия

e-mail: pna-s-vfu@mail.ru

ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ И МЕТАМОРФИЗМ ПОРОД ЧАРО-ТОККИНСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО РАЙОНА

Аннотация. В статье приводится материал по геологическому строению, структурам, тектонической позиции и метаморфизму горных пород, развитых в пределах Чаро-Токкинского железорудного района, выявленного в западной части Алдано-Станового щита. Большинство исследователей сходятся на том, что Чаро-Токкинский железорудный район приурочен к троговому прогибу, образовавшемуся на месте одной из долгоживущих глубинных зон разломов меридионального простирания. Эта зона получила различные названия (Дербегеляхская, Чаро-Ималыкская, Тарынахская и др.). В настоящее время зону разломов, так и троговый прогиб называют Чаро-Токкинским, по названию железорудного района. Предполагается, что южнее к продолжению этого трогового прогиба приурочены железорудные месторождения Чарской группы (Сулуматское, Нижне-Сакуканское).

О характере и условиях метаморфизма можно судить по минеральным ассоциациям некоторых пород осадочного продуктивного комплекса, таким, как метапелиты или железистые кварциты. Отмечается, что особенно важны для этого метапелиты, представленные гнейсами и слюдястыми сланцами с высокоглиноземистыми минералами. На основе их характерных минеральных ассоциаций в Чаро-Токкинском железорудном районе выделено три температурные фации: ставролитовая, биотит-мусковитовых гнейсов и ортоклаз-биотит-силлиманитовая.

Внутренняя структура Чаро-Токкинского железорудного поля в достаточной мере не изучена и крайне дискуссионная. Границы метаморфических зон в основном параллельны общему простиранию структур и лишь в редких случаях пересекают полосы продуктивных осадочных пачек.

После температурного максимума прогрессивного метаморфизма и прошедшей гранитизации, начался значительный по времени период остывания прогретой и местами пропитанной послойными инъекциями мигматитов и телами гранитов борсалинской толщи. Постепенное охлаждение сопровождалось регрессивным метаморфизмом с образованием низкотемпературных минералов за счет более высокотемпературных.

Считается, что железистые кварциты западной части Алдано-Станового щита входят в состав осадочно-вулканогенных комплексов пород, заполняющих шовные прогибы или трог, приуроченные к долгоживущим глубинным зонам разломов. Процессы регрессивного метаморфизма наиболее интенсивно проявились в тектонических зонах. Характер процессов зависит от состава вмещающих пород. Регрессивные явления сплошной хлоритизации и эпидотизации связаны с местным перемещением компонентов, главным образом кальция.

Ключевые слова: Чаро-Токкинский железорудный район, троговые комплексы, метаморфизм, фации метаморфизма, прогрессивный и регрессивный метаморфизм, вторичные изменения горных пород.

N. A. Puliaev

M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

e-mail: pna-s-vfu@mail.ru

TECTONIC POSITION AND METAMORPHISM OF ROCKS IN THE CHARA-TOKKO IRON ORE REGION

Abstract. The article provides the material on the geological structure, structures, tectonic position and metamorphism of rocks developed within the Chara-Tokko iron ore region, identified in the western part of the Aldan-Stanovoy shield. Most researchers agree that the Chara-Tokko iron ore region is confined to a trough that

formed on the site of one of the long-lived deep fault zones of meridional strike. This zone received various names (Derbegelakhskaya, Charo-Imalykskaya, Tarynakhska, etc.). Currently, the fault zone and the trough are called Chara-Tokko after the name of the iron ore region. It is assumed that to the south, the iron ore deposits of the Chara group (Sulumatskoye, Nizhne-Sakukanskoye) are confined to the continuation of this trough. The nature and conditions of metamorphism can be judged by the mineral associations of some rocks of the sedimentary productive complex, such as metapelites or ferruginous quartzites. It is noted that metapelites, now represented by gneisses and mica schists with high-alumina minerals, are especially important for this. Based on their characteristic mineral associations, three temperature facies were identified in the Chara-Tokko iron ore region: staurolite, biotite-muscovite gneiss and orthoclase-biotite-sillimanite. The internal structure of the Chara-Tokko iron ore field were not sufficiently studied and is extremely controversial. The boundaries of metamorphic zones are mainly parallel to the general strike of the structures and only in rare cases intersect the stripes of productive sedimentary units. After the temperature maximum of progressive metamorphism and past granitization, a significant period of cooling began, which was heated and in some places impregnated with layer-by-layer injections of migmatites and bodies of granites of the Borsala sequence. Gradual cooling was accompanied by regressive metamorphism with the formation of low-temperature minerals at the expense of higher-temperature ones. It is believed that ferruginous quartzites of the western part of the Aldan-Stanovoi shield are part of sedimentary-volcanogenic rock complexes that fill suture troughs or troughs confined to long-lived deep fault zones. The processes of regressive metamorphism manifested themselves most intensively in tectonic zones. The nature of the processes depends on the composition of the host rocks. The regressive phenomena of continuous chloritization and epidotization are associated with the local movement of components, mainly calcium.

Keywords: Chara-Tokko iron ore region, trough complexes, metamorphism, metamorphic facies, progressive and regressive metamorphism, secondary changes in rocks.

Введение

Узкие синклиновые зоны сложноскладчатых осадочно-вулканогенных пород, залегающих между жесткими глыбами в древних платформах, известны как зеленокаменные пояса. К таким зонам часто приурочены месторождения железистых кварцитов. Предполагается, что эти узкие синклинали возникают на месте долгоживущих глубинных зон разломов и являются шовными прогибами или троговыми структурами. В пределах Алдано-Станового щита (АСЩ) троговые структуры отмечаются многими авторами.

Е. П. Миронюк и другие [1] считают, что образование троговых структур знаменует собой самостоятельную предплатформенную фазу геотектонического развития. Характерной особенностью этих структур является накопление пород вулканогенно-кремнисто-железистой формации. Заполняющие троговые структуры толщи на западе АСЩ многими авторами выделяются как борсалинская серия, которую относят к верхнему архею. Протяженные рифтоподобные прогибы, тяготеющие к зонам глубинных разломов, наложены с несогласием на складчатые структуры олекминской и более древних серий архея. Меридиональное направление троговых структур на севере западной части щита сменяется субширотным на юге.

Породы борсалинской серии метаморфизованы в условиях эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций и прорваны гранитоидами чародаканского комплекса.

В работах Е. В. Павловского, А. М. Лейтеса, В. С. Федоровского для района хребтов Кодар и Удокан породы, заполняющие троговые структуры, относятся к троговому комплексу. По данным этих авторов, отложения трогового комплекса принадлежат нижнему протерозою и составляют основание горизонтально лежащей удоканской серии пород. Верхняя часть разреза трогового комплекса хорошо сопоставляется с нижней частью разреза удоканской серии. Троговой комплекс испытывает тот же метаморфизм и рвется теми же гранитами, что и породы удоканской серии (чуйско-кодарскими, по Е. П. Миронюку [1]).

По-видимому, речь идет об одном и том же комплексе пород, характерными членами которого являются амфиболиты и железистые кварциты. Разногласия сводятся к различному тол-

кованию временного положения этих пород (верхнеархейские или нижнепротерозойские) и их соотношения с нижнепротерозойской удоканской серией (значительный перерыв и несогласие или отсутствие перерыва). Незначительное количество определений возраста надежными методами не позволяет сделать однозначный вывод. Не исключено, что в западной части АСЦ существуют троговые структуры двух (или более) возрастов, и со всеми этими структурами связано накопление вулканогенных пород и железисто-кремнистых осадков. На других щитах тоже известны разновозрастные однотипные структуры. Во всяком случае, эти вопросы нуждаются в дополнительном изучении.

Тектоническая позиция и геологическое строение Чаро-Токкинского железорудного района

Большинство исследователей сходятся на том, что Чаро-Токкинский железорудный район приурочен к троговому прогибу, образовавшемуся на месте одной из долгоживущих глубинных зон разломов меридионального простирания. Эта зона получила различные названия (Дербегеляхская, Чаро-Ималыкская, Тарынахская и др.). В настоящее время как зону разломов, так и троговый прогиб называют по названию железорудного района Чаро-Токкинским [2].

Прогиб, к которому приурочено железорудное поле, протягивается в междуречьи Чары и Токко на расстояние более 60 км. На севере он уходит под платформенные отложения верхнего протерозоя и кембрия, а на юге характер его окончания неясен из-за сильной гранитизации. Предполагается, что южнее к продолжению этого прогиба приурочены железорудные месторождения Чарской группы (Сулуматское, Нижне-Сакуканское).

Чаро-Токкинский прогиб заполнен образованиями борсалинской серии, представленными метаморфизованными вулканогенными и осадочными породами. На карте он выражен меридиональной полосой шириной 8-12 км. От более древней олекминской серии эта полоса отделена тектоническими зонами либо телами гранитоидов. Судя по повсеместно наблюдаемым крутым залеганиям пород (углы 70-90°) и интенсивной складчатости, первоначальный бассейн был значительно (в 2-3 раза) шире.

Чаро-Токкинская зона разломов возникла в позднем архее (или раннем протерозое) [2]. Вдоль разломов зоны происходило опускание, сопровождающееся излиянием основных и в меньшей степени кислых эффузивов и отложением терригенных и химических осадков. Движения по продольным разломам продолжались и во время складчатости и воздымания. Они послужили путями внедрения ультраосновных интрузий, а позже способствовали развитию мигматизации и внедрению гранитоидов. В настоящее время отмечается широкое развитие в Чаро-Токкинском районе субмеридиональных продольных нарушений, по которым наблюдается перемещение блоков на десятки и сотни метров. Эти нарушения выражены развитием тектонитов (бластомилонитов и бластокатаклазитов), а частью заполнены гранитоидами.

Внутренняя структура Чаро-Токкинского железорудного поля в достаточной мере не изучена и крайне дискуссионна. Основная часть полосы борсалинской серии сложена биотитовыми и амфиболовыми среднезернистыми плагиогнейсами и амфиболитами. На этом фоне в виде сравнительно узких (до 330 м) полос протягиваются железоносные (или продуктивные) горизонты, имеющие многопластовое строение. На 50-70 % они состоят из пластов железистых кварцитов мощностью от 1 до 80 м, переслаивающихся с безрудными породами. Среди последних встречаются амфиболовые (главным образом куммингтонитовые) сланцы и кварциты, кварц-слюдистые сланцы, мелкозернистые биотитовые гнейсы (лептиты), сланцы и гнейсы с высокоглиноземистыми минералами. Продуктивные горизонты, резко отличающиеся от остальной толщи борсалинской серии, могли бы использоваться как маркирующие, однако до сих пор остается неясным, один это горизонт или несколько [3].

Все породы борсалинской серии подверглись интенсивной складчатости. Среди складок выделено несколько морфологических типов. Крупные складки, дешифрируемые на средне-масштабных картах, по-видимому, близки к изоклинальным с круто подающими крыльями.

В большинстве случаев продуктивные полосы взаимно параллельны, замыкания складок не прослежены. Данные, полученные путем бурения, чаще всего допускают несколько различных равновероятных толкований складчатого строения вскрытых толщ.

При продолжении изучения Чаро-Токкинского железорудного поля разведочными работами будут получены новые данные для расшифровки его внутреннего строения.

Проявления прогрессивного метаморфизма

О характере и условиях прогрессивного метаморфизма можно судить по минеральным ассоциациям некоторых пород осадочного продуктивного комплекса, таким, как метапелиты или железистые кварциты. Залегающие между продуктивными пачками монотонные среднезернистые плагиогнейсы или амфиболиты гораздо менее благоприятны в этом отношении. Особенно важны для этого метапелиты, представленные сейчас гнейсами и слюдистыми сланцами с высокоглиноземистыми минералами. На основе их характерных минеральных ассоциаций в Чаро-Токкинском железорудном районе выделено три температурные фации [4]. Их названия даны в соответствии с системой фаций метапелитов, предложенной С. П. Кориковским (в порядке повышения температуры): ставролитовая, биотит-мусковитовых гнейсов и ортоклаз-биотит-силлиманитовая. Зональность граната с обедненным марганцем внешними зонами, признаки замещения ставролита гранатом, свидетельствующие о сужении поля ставролита, и другие данные указывают на прогрессивный характер регионального метаморфизма [5]. Присутствие в некоторых слюдистых сланцах одновременно трех силикатов алюминия (андалузита, силлиманита и кианита) говорит об умеренных давлениях при метаморфизме, вероятно, приблизительно одинаковых для всего железорудного поля и близких к 4 кбар.

Ставролитовая фация характеризуется устойчивостью в метапелитах ставролита. Вместе с ним в недосыщенных калием породах встречаются кордиерит и гранат. Важно отметить также ассоциацию кордиерита с антофиллитом и магнезиальным куммингтонитом. Эти и другие парагенезисы метапелитов указывают на силлиманит-биотит-ставролитовую субфацию ставролитовой фации, температура которой оценивается в 530 °C [4].

Для железистых кварцитов, находящихся в этой же фации, характерна ассоциация высокожелезистого куммингтонита (грюнерита) с еще более железистым гранатом. В других железистых кварцитах можно отметить присутствие первичного гематита и местами прогрессивно-метаморфического талька.

Ставролитовая фация метапелитов приблизительно отвечает эпидот-амфиболитовой фации по традиционному делению фаций [4]. Определение температуры показало в большинстве случаев значение 530-570° C, что согласуется с приведенной выше оценкой [6].

Фация мусковит-биотитовых гнейсов отличается, неустойчивостью ставролита и устойчивостью мусковита. Изучение минеральных ассоциаций метапелитов здесь затруднено из-за сильного наложения процессов гранитизации. Для железистых кварцитов этой температурной фации типично широкое развитие нормальной глиноземистой роговой обманки вместо куммингтонита и актинолита, которые сохраняются лишь при недостатке глинозема в породах. Фация мусковит-биотитовых гнейсов соответствует низкотемпературной части амфиболитовой фации в традиционных системах фаций.

Силлиманит-биотит-ортоклазовая фация характеризуется присутствием в недосыщенных калием метапелитах гиперстена в ассоциации с относительно магнезиальным гранатом и кордиеритом. Железистые кварциты этой фации представлены гиперстеновыми и двупироксеновыми разновидностями, однако в них присутствуют и амфиболы: роговая обманка, жедрит и куммингтонит. Последний имеет железистость не выше 63 %; в более железистых породах встречается только гиперстен.

В традиционных системах фаций силлиманит-биотит-ортоклазовую фацию можно коррелировать с верхней частью амфиболитовой фации (силлиманит-ортоклазовая субфация). Условия гранулитовой фации в Чаро-Токкинском железорудном районе не достигались. На это указы-

вает повсеместное присутствие в железистых кварцитах куммингтонита, недостаточно магнетитовый состав граната и отсутствие гиперстена в ассоциации с калиевым полевым шпатом.

Температурная зональность прогрессивного метаморфизма

В Чаро-Токкинском железорудном поле зональность определяется распространением в его пределах трех выделенных метаморфических фаций [4]. Установлено, что самая низкотемпературная ставролитовая фация господствует во второй (с востока) полосе в северной части железорудного поля. Первая (самая восточная) залежь представлена породами фации биотит-мусковитовых гнейсов. Самые западные тела (рудопоявление Снежное) сложены гиперстеновыми и двупироксеновыми железистыми кварцитами, относящимися к наиболее высокотемпературной силлиманит-биотит-ортоклазовой фации. Плохо вскрытая третья залежь в северной половине поля содержит гиперстеновые породы и отнесена к высокотемпературной фации. В южной половине железорудного поля ставролитовая фация отсутствует [6]. Самая восточная полоса (Горкитское месторождение), так же, как и на севере, отвечает фации биотит-мусковитовых гнейсов; железистые кварциты представлены роговообманковыми разностями. Вторая залежь Горкитского месторождения, так же, как и лежащие к западу залежи Ималыкского месторождения и небольших рудопоявлений, содержит гиперстеновые железистые кварциты, а метapelиты должны быть отнесены к силлиманит-биотит-ортоклазовой фации.

Таким образом, границы метаморфических зон в основном параллельны общему простиранию структур и лишь в редких случаях пересекают полосы продуктивных осадочных пачек. Градиенты температур метаморфизма значительно выше в широтном, перпендикулярном простиранию структур направлении, чем в меридиональном. Это может указывать на хорошую проницаемость толщ в продольном и плохую в поперечном направлении. Несомненно, во время метаморфизма преобладали продольные нарушения, служившие каналами для горячих метаморфизирующих растворов. Возможно, что в настоящее время на поверхности обнажены узкие длинные блоки борсалинской серии, метаморфизованные на разных глубинах при различных температурах и попавшие на один уровень в результате последующих тектонических движений.

Явления гранитизации проявились как в форме мигматизации, так и в образовании интрузивных гранитных тел и пегматитов. Интенсивная мигматизация проходила в краевых частях северной половины железорудного поля и почти повсеместно в южной половине. Тела однородных гранитоидов (интрузивные или образовавшиеся путем расплавления субстрата на месте) встречаются как внутри полосы борсалинской серии, так и за ее пределами [5]. Граниты двуполевошпатовые, мусковит-биотитовые или роговообманковые. Структуры их разнообразны: от аплитовых до пегматоидных и порфириовидных, текстуры – от гнейсовидных и шлирово-полосчатых, до массивных.

Различные породы борсалинской серии в разной степени поддаются мигматизации. Легче всего мигматизируются гнейсы и слюдястые сланцы, труднее – амфиболиты и железистые кварциты. Последние часто сохраняются тогда, когда вмещающие их породы, включая и амфиболиты, превратились в разнообразные гранитоиды. При гранитизации железистых кварцитов можно выделить следующие ступени [2; 4; 6]:

1. Домигматитовое изменение минерального и химического состава железистых кварцитов. Куммингтонитовые и гиперстеновые их разновидности сменяются роговообманковыми и биотитовыми еще до появления в них кварц-полевошпатовых послойных жил. Железистые кварциты при этом обогащаются щелочами, кальцием и глиноземом.

2. Метасоматическое образование кварц-полевошпатовых послойных жил (собственно мигматизация). Такие послойные жилы образуются на месте безрудных и малорудных прослоев в железистых кварцитах, при этом рудные прослои как бы концентрируются: происходит местное обогащение магнетитом за счет перемещения кремнезема. Появляются небольшие прослои богатых магнетит-роговообманковых руд. Далее происходит постепенное увеличение числа и мощности кварц-полевошпатовых прослоев и местами их расплавление.

3. Более или менее полное расплавление большей части породы с ограниченным перемещением расплавленных масс и возможной гравитационной отсадкой нерасплавленных частиц (фрагментов железистых кварцитов, зерен магнетита). Граниты, лежащие на продолжении прослоев железистых кварцитов, значительно (несколько процентов) обогащены магнетитом.

Гранитизация проходила на уровне амфиболитовой фации, так же, как и прогрессивный метаморфизм. Оба эти процесса в Чаро-Токкинском железорудном районе проходили одновременно и вызваны одними и теми же растворами [5]. Гранитизация осуществлялась в тыловых зонах, в то время как во фронтальных шел прогрессивный региональный метаморфизм. Внедрение гранитной магмы, образовавшейся на глубине, в верхние уровни привело к возникновению отдельных интрузивных массивов гранитов.

Регрессивный метаморфизм (диафторез)

После температурного максимума прогрессивного метаморфизма и прошедшей гранитизации, начался значительный по времени период остывания прогретой и местами пропитанной послойными инъекциями мигматитов и телами гранитов борсалинской толщи. Постепенное охлаждение сопровождалось регрессивным метаморфизмом (диафторезом) с образованием низкотемпературных минералов за счет более высокотемпературных [5]. К этому процессу не относятся гораздо более поздние явления диафтореза (палеозойские и мезозойские), связанные с последующими этапами активизации района. Здесь они не рассматриваются.

Хотя охлаждение толщ пород после прогрессивного метаморфизма было повсеместным процессом, регрессивный метаморфизм проявлялся далеко не везде [5]. Вероятно, это связано с неравномерной пропиткой пород растворами, служившими средой для реакций минералообразования. При отсутствии растворов сохранились минеральные ассоциации прогрессивного метаморфизма. Наиболее распространены малоинтенсивные регрессивные процессы, при которых образовалось небольшое количество более низкотемпературных минералов, не изменивших существенно состав породы. Реже регрессивное изменение породы проявляется столь интенсивно, что этот процесс надо классифицировать как метасоматоз (например, сплошная эпидотизация мигматитов или полная хлоритизация куммингтонит-гранатовых сланцев). Характер регрессивного метаморфизма обычно зависит от состава исходной породы, но в некоторых случаях сильное влияние оказывают, по-видимому, особые условия прохождения процесса, например, состав растворов. Малоинтенсивные процессы не ведут к существенному изменению химического состава пород, а меняются лишь содержания воды, углекислоты и щелочей.

Среди регрессивных процессов в породах Чаро-Токкинского железорудного района наиболее распространены такие вторичные изменения как мусковитизация, хлоритизация, оталькование, карбонатизация, образование стильпномелана, альбитизация, эпидотизация, актинолитизация, щелочной метасоматоз [5; 6].

Все перечисленные процессы являются признаками процессов регрессивного метаморфизма и метасоматоза. В большинстве случаев они комбинируются между собой. Так, например, хлоритизация и образование стильпномелана или альбитизация, эпидотизация и актинолитизация в амфиболитах. В зависимости от состава исходной породы преобладают те или иные из перечисленных процессов. Рассмотрим каждый из них отдельно.

Мусковитизация наиболее заметно и интенсивно проявлена в высокоглиноземистых сланцах и гнейсах, где мусковит развивается за счет силикатов алюминия, кордиерита и полевых шпатов. Мелкопластинчатый мусковит образует грубые псевдоморфозы по перечисленным минералам. В небольших количествах он развивается во всех полевошпатсодержащих породах: амфиболитах, гнейсах, гранитоидах. В породах ставролитовой фации иногда трудно различить первичный и вторичный мусковиты. Особенно четко регрессивная мусковитизация проявлена на высокотемпературных участках прогрессивного метаморфизма, где первичный мусковит отсутствовал.

Хлоритизация выражает наиболее распространенный регрессивный процесс. Хлорит развивается по куммингтониту, биотиту, гранату, роговой обманке (вместе с карбонатом) и

некоторым другим минералам. При интенсивной хлоритизации биотит-гранатовых и куммингтонит-гранатовых сланцев образуются почти мономинеральные хлоритовые породы, часто с магнетитом или кварцем. В этих породах встречаются псевдоморфизы хлорита по гранату и биотиту.

Карбонатизация развита весьма неравномерно. По интенсивности она меняется от рассеянной вкрапленности в массе породы до сплошной карбонатизации, распространяющейся в виде секущих зон. Образующийся карбонат обычно относится к кальциту. В куммингтонитовых и роговообманковых железистых кварцитах и сланцах карбонат часто представлен анкеритом.

Стильпномелан – минерал характерный для диафторированных роговообманковых и биотитовых железистых кварцитов. Обычно он не образует псевдоморфоз по первичным минералам (иногда только вместе с хлоритом по зернам граната), а развивается в виде тонких мечевидных пластинок разнообразной ориентировки светло-зеленого или зеленовато-бурого цвета в массе породы или заполняет маломощные трещинки тонкопластинчатой неориентированной массой. Он отличается от биотита высокой железистостью и меньшим содержанием калия и глинозема.

Оталькование развито в куммингтонитовых и гиперстеновых железистых кварцитах и сланцах. Тальк местами образует полные и неполные псевдоморфозы по призмам куммингтонита. В гиперстеновых породах он развивается по гиперстену, образуя каймы однообразно ориентированных чешуек вокруг зерен этого минерала. Следует иметь в виду, что в некоторых магнетитовых кварцитах и богатых железных рудах тальк имеет прогрессивно-метаморфическое происхождение. В богатых магнием породах этот минерал вполне устойчив в эпидот-амфиболитовой фации. Образование талька в метаультрабазах происходит, по-видимому, как при прогрессивном, так и при регрессивном метаморфизме.

Эпидотизация как процесс, проявляется в нескольких формах. В результате малоинтенсивного нормального регрессивного метаморфизма в амфиболитах происходит образование умеренного количества эпидота с одновременной альбитизацией плагиоклаза и актинолизацией роговой обманки. Следует иметь в виду возможность образования в зонах эпидот-амфиболитовой фации первично обогащенных эпидотом амфиболитов. В таких породах с эпидотом может сосуществовать как нормальная роговая обманка, так и основной плагиоклаз [4; 6].

Собственно эпидотизация проявлена в тектонических зонах, секущих амфиболиты, железистые кварциты и мигматиты. В результате интенсивного процесса такого рода образуются мономинеральные эпидотовые или эпидот-хлоритовые породы. Наиболее интенсивно эпидотизация развивается в зонах брекчирования, поэтому эпидотовые породы имеют неравномернозернистую, брекчиевую структуру. Этот процесс имеет, несомненно, метасоматический характер и требует значительного привноса кальция. Если учесть, что при хлоритизации роговообманковых железистых кварцитов и сланцев, протекающей часто в тех же зонах, происходит вынос большого количества кальция, то можно предположить, что при регрессивном интенсивном процессе имеет место перераспределение кальция с некоторым его перемещением [6].

Щелочной метасоматоз в железистых кварцитах Чаро-Токкинского района, выразившийся в образовании щелочного амфибола, установлен лишь в редких местах и плохо изучен. Отнесение щелочного метасоматоза к регрессивной стадии метаморфизма сделано по аналогии с материалами по Кривому Рогу и КМА [6]. Определение состава щелочного амфиболита в двух зернах одного образца с помощью зонда позволило отнести его к амфиболам, промежуточным между родузитом (ряд магнезиорибекит-рибекит) и актинолитом. Исследованный амфибол был замечен по необычно сильной дисперсии всех оптических элементов, плеохроизму в сине-фиолетовых тонах и большому углу угасания [3].

Небольшое содержание Al_2O_3 в щелочном амфиболе указывает на малое содержание глаукофановой составляющей (4,1 мол. %). Если из суммы Na, K и Ca вычесть часть Na, соответствующую глаукофану, оставшая часть покажет соотношение родузита (Na + K) и актинолита (Ca),

а именно 57,1 и 38,8 мол. % соответственно. Такого состава амфиболы, представляющие смесь родузита и актинолита, отмечались на КМА [2; 3; 6]. Для изучения щелочного метасоматоза требуется сбор дополнительных материалов.

Заключение

Установлено, что железистые кварциты западной части АСЩ входят в состав осадочно-вулканогенных комплексов пород, заполняющих шовные прогибы или трог, приуроченные к долгоживущим глубинным зонам разломов. Чаро-Токкинское железорудное поле представляет собой один из таких прогибов вдоль субмеридиональной тектонической зоны. Прогиб заполнен сложноскладчатым комплексом пород, получившим название борсалинской серии. Породы серии метаморфизованы в условиях эпидот-амфиболитовой, низкой и высокой частей амфиболитовой фации. Зоны метаморфизма протягиваются субмеридионально, параллельно общей структуре рудного поля. Гранитизация проходила одновременно с метаморфизмом на более глубоких уровнях или сильнее проработанных участках. Процессы регрессивного метаморфизма наиболее интенсивно проявились в тектонических зонах. Характер процессов зависит от состава вмещающих пород. Регрессивные явления сплошной хлоритизации и эпидотизации связаны с местным перемещением компонентов, главным образом кальция. Некоторые моменты, связанные как с прогрессивным, так и с регрессивным типами метаморфизма требуют уточнения.

Литература

1. МIRONЮК, Е.П. Геология западной части Алданского щита: Всесоюзный научно-исследовательский геологический институт «ВСЕГЕИ». Якутское геологическое управление Министерства геологии СССР / Е.П. МIRONЮК, Б.К. ЛЮБИМОВ, Э.П. МАГНУШЕВСКИЙ. – Москва : Недра, 1971. – 238 с. – Текст : непосредственный.
2. ГЛАГОЛЕВ, А.А. Петрографическая характеристика железистых кварцитов и других метаморфических пород Чаро-Токкинского железорудного района (западная часть Алданского щита) / А.А. Глаголев. – Текст : непосредственный // Железисто-кремнистые формации докембрия (формационные типы, условия метаморфизма и рудообразования). – Москва : Наука, 1979.
3. ГЛАГОЛЕВ, А.А. Минеральные типы и метаморфизм железистых кварцитов Чаро-Токкинского района в западной части Алданского щита / А.А. Глаголев, Г.Н. Киселев, В.М. Кравченко, В.А. Воронихин – Текст : непосредственный // Геология рудных месторождений. – 1977. – № 2.
4. Добрецов, Н.Л. Фации регионального метаморфизма умеренных давлений: монография. / Н.Л. Добрецов, В.С. Соболев, В.В. Хлестов. – Москва : Недра, 1972. – 288 с. – Текст : непосредственный.
5. ГЛАГОЛЕВ, А.А. Зональность прогрессивного метаморфизма в Чаро-Токкинском железорудном поле, Юго-Западная Якутия. / А.А. Глаголев. – Текст : непосредственный. / Проблемы физико-химической петрологии. – Москва : Недра, 1979. – С. 20-34.
6. КОРИКОВСКИЙ, С.П. Фации метаморфизма метapelитов: монография / С.П. Кориковский. – Москва : Наука, 1979. – 269 с. – Текст : непосредственный.

References

1. MIRONJUK, E.P. Geologija zapadnoj chasti Aldanskogo shhita: Vsesojuznyj nauchno-issledovatel'skij geologicheskij institut «VSEGEI». Jakutskoe geologicheskoe upravlenie Ministerstva geologii SSSR / E.P. MIRONJUK, B.K. LJUBIMOV, Je.P. MAGNUSHEVSKIJ. – Moskva: Nedra, 1971. – 238 s. – Tekst: neposredstvennyj.
2. Glagolev, A. A. Petrograficheskaja harakteristika zhelezistyh kvarcitov i drugih metamorficheskikh porod Charo-Tokkinskogo zhelezorudnogo rajona (zapadnaja chast' Aldanskogo shhita) / A.A. Glagolev. – Tekst: neposredstvennyj // Zhelezisto-kremnistye formacii dokembrija (formacionnye tipy, uslovija metamorfizma i rudoobrazovanija). Moskva: Nauka, 1979.

3. Glagolev, A.A. Mineral'nye tipy i metamorfizm zhelezistyh kvarcitov Charo-Tokkinskogo rajona v zapadnoj chasti Aldanskogo shhita / A.A. Glagolev, G.N. Kiselev, V.M. Kravchenko, V.A. Voronihin – Tekst: neposredstvennyj // Geologija rudnyh mestorozhdenij. – 1977. – № 2.
4. Dobrecov, N.L. Facii regional'nogo metamorfizma umerennyh davlenij: monografija. / N.L. Dobrecov, V.S. Sobolev, V.V. Hlestov. – Moskva: Nedra, 1972. – 288 str. – Tekst: neposredstvennyj.
5. Glagolev, A.A. Zonal'nost' progressivnogo metamorfizma v Charo-Tokkinskom zhelezorudnom pole, Jugo-Zapadnaja Jakutija. / A.A. Glagolev. – Tekst: neposredstvennyj. / Problemy fiziko-himicheskoy petrologii. – Moskva: Nedra, 1979. – S. 20-34.
6. Korikovskij, S. P. Facii metamorfizma metapelitov: monografija / S.P. Korikovskij. – Moskva: Nauka, 1979. – 269 s. – Tekst: neposredstvennyj.

Сведения об авторе

ПУЛЯЕВ Николай Анатольевич – к.г.-м.н., доцент, доцент кафедры прикладной геологии СВФУ М.К. Аммосова, e-mail: pna-s-vfu@mail.ru

PULLIAEV Nikolay Anatolievich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate professor of Applied Geology Department, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, e-mail: pna-s-vfu@mail.ru

Е.М. Томилина

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия
e-mail: tomilinaelena.psu@yandex.ru

ПЕТРОГРАФИЯ И ЛИТОЛОГИЯ НИЖНЕВЕНДСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВИШЕРСКОГО АЛМАЗОНОСНОГО РАЙОНА

Аннотация. В статье приведены результаты исследования минерального состава, структурно-текстурных особенностей отложений устьчурочинской и чурочинской свиты нижнего венда в пределах Колчимского поднятия на территории Вишерского алмазоносного района. Для изучения пород применен петрографический анализ, по результатам которого был уточнен состав отложений устьчурочинской и чурочинской свит. Породы устьчурочинской свиты представлены алевролитами, песчаниками, гравелистыми песчаниками. Породы чурочинской свиты представлены тиллитовидными конгломератами с прослоями алевролитов. В кровле присутствуют микрозернистые плотные доломиты. Подробное изучение обломков пород разного генезиса дает представление об источниках питания. Отложения нижнего венда сложены продуктами размыва подстилающих отложений свит верхнего рифея, вулканогенных пород, гранитоидов и гнейсов, источником которых являются поднятия Тимана с наличием выходов пород кристаллического фундамента Русской плиты.

Ключевые слова: Вишерский алмазоносный район, нижний венд, усть-чурочинская свита, чурочинская свита, тиллитовидный конгломерат, ледниковые отложения, петрографический анализ.

Е.М. Tomilina

Perm State University, Perm, Russia
e-mail: tomilinaelena.psu@yandex.ru

PETROGRAPHY AND LITHOLOGY OF THE LOWER VENDIAN SEDIMENTS OF THE VISHERA DIAMONDIFEROUS AREA

Abstract. The article presents the results of a study of the mineral composition, structural and textural features of sediments of the Ustchurochinskaya and Churochinskaya formations in the Krasnovisherskiy diamondiferous region. Rocks were studied with the petrographic analysis. According to the results of petrographic study, the composition of rocks of the Ustchurochinskaya and Churochinskaya formations was clarified. The rocks of the Ustchurochinsky formation were represented by siltstones, sandstones and gravelly sandstones. The rocks of the Churochinskaya formation are represented by tillite with interlayers of siltstones. The roof is represented micrograined dense dolomites. A detailed study of rock fragments of different genesis gives an idea of the sources. The Vendian deposits consist of erosion products of the underlying sediments of the Upper Riphean formations, volcanic rocks, granitoids and gneisses, the source of which are the Timan uplifts with outcrops of crystalline basement rocks of the Russkaja Plate.

Keywords: Krasnovisherskiy diamondiferous region, Ustchurochinskaya Formation, Churochinskaya Formation, tillitic conglomerate, petrographic analysis.

Введение

Вишерский алмазоносный район находится в пределах самого северного Красновишерского района Пермского края, где сконцентрированы основные промышленные запасы россыпных алмазов Урала. Это являлось причиной повышенного внимания к району многих ученых и геологов. Однако, несмотря на многочисленные исследования, предпринятые в разные годы, некоторые вопросы по данному району недостаточно изучены. Это касается, в первую очередь, вещественного состава вендских отложений, являющихся субстратом силурийских и девонских

коллекторов алмазов Вишерского алмазоносного района. Наименее изученными в геологии данного района остаются вопросы петрографии и литологии обломочного материала, акцессорные минералы и глинистая фракция вендских отложений.

Вендские образования на Урале достаточно широко распространены и имеют хорошую обнаженность. При этом вендские отложения Южного, Среднего и Северного Урала заметно различаются.

Позднепротерозойский этап геологического развития территории Южного Притиманья является определяющим в геологической истории исследуемого района, поэтому требует самого пристального внимания.

Венд как стратиграфическое подразделение на Урале выделен Б.С. Соколовым в разрезах осадочного чехла Русской плиты [1]. Возраст верхних горизонтов древних толщ Урала – один из наиболее сложных вопросов уральской геологии, который обсуждается на протяжении почти ста лет. Главным центром всех расхождений по-прежнему остается возраст ашинских, сыльвицких, чурочных отложений западного склона Урала. Проблема возраста вендских отложений на Урале решалась обычно с позиций выяснения их соотношения с более молодыми горизонтами палеозоя. В результате детальных работ установлено, что разновозрастные отложения девона, силура, ордовика с размывом, а иногда и угловым несогласием, залегают на различных отложениях венда Южного, Среднего и Северного Урала. Необходимо отметить, что какие-либо постепенные переходы между палеозойскими и вендскими отложениями на Урале повсеместно отсутствуют.

При изучении данного подразделения некоторые исследователи на Северном Урале в зоне Тимана выделяют чурочную серию, которую относят к нижнему венду. Строение серии в разрезе (снизу-вверх) следующее [2, 3]: устьчурочинская свита, чурочинская свита, ильявожская свита, кочешорская свита. Другие исследователи [4] относят отложения устьчурочинской, чурочинской, и ильявожской свит в пределах Южного Притиманья к нижнему венду, а кочешорской – к верхнему.

В данной статье рассматриваются отложения устьчурочинской и чурочинской свиты в пределах Колчимского поднятия. Устьчурочинская свита подразделяется на две подсвиты: нижнюю – алевролиты и аргиллиты зеленовато-серые вишневые с прослоями песчаников полевошпат-кварцевых и гравелитов; верхнюю – песчаники кварцевые и полевошпат-кварцевые вишневые, реже зеленовато-серые с прослоями аргиллитов и алевролитов вишневых и зеленовато-серых. Мощность свиты – 500 м.

На правом берегу реки Большой Колчим хорошо проявляются обнажения верхней подсвиты устьчурочинской свиты. Прослои аргиллитов и алевролитов между песчаниками хорошо рассланцованы.

Чурочинская свита составляет значительную часть Тулым-Парминской и Колчимской антиклиналей, обнажается в долине рек Илья-Вож и Чурочная. Характерной особенностью чурочинской свиты является присутствие в ней тиллитовидных конгломератов, которые залегают в виде прослоев и линз мощностью от десятков сантиметров до сотен метров в направлении с севера на юг. Чурочинская свита делится на четыре пачки.

Нижняя пачка мощностью 150–320 м сложена ритмично переслаивающимися песчаниками и алевролитами. Вторая пачка (220–775 м) сложена грубообломочными тиллитовидными конгломератами, содержащими прослои песчаников, алевролитов, аргиллитов, в кровле пачки присутствуют доломиты. Третья пачка (125 м) сложена аргиллитами углистыми темно-серыми, до черных, переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов темно-зеленых, серых. Завершает разрез чурочинской свиты четвертая пачка (73–360 м), в которой ритмично переслаиваются аргиллиты, алевролиты и песчаники зеленовато-серые и вишнево-серые.

Материалы и метод исследования

Каменный материал был отобран автором и студентами второго курса кафедры минералогии и петрографии ПГНИУ в июне 2023 г. из обнажения на правом берегу р. Большой Колчим и

р. Чурочная (рис. 1). Всего было отобрано 20 образцов из устьчурочинской свиты и 32 образца – из обнажений чурочинской свиты. Исследования выполнены автором с использованием аппаратуры Центра коллективного пользования и Сектора наноминералогии ПГНИУ. Петрографическое изучение шлифов проведено на оптическом микроскопе Olympus BX51 (Япония) в проходящем свете и со скрещенными николями.



Рис. 1. А – выход отложений устьчурочинской свиты (правый берег р. Большой Колчим);
В – выход отложений чурочинской свиты (правый берег р. Чурочная)

Fig. 2. А – outcrop of sediments of the Ustchurochinsky formation (on the right bank of the Bolshoi Kolchim River); В – outcrop of sediments of the Churochinsky formation (on the right bank of the Churochnaya River)

Результаты и обсуждения

Отложения устьчурочинской свиты сложены обломочными и глинистыми породами. Обломочные породы представлены полевошпат-кварцевыми песчаниками, песчанистыми алевритами и гравелистыми песчаниками, а глинистые породы – алевритистыми аргиллитами.

Для обломочных пород характерна псефитовая, псаммитовая, алевритовая структура. Среди обломков различаются полуокатанные (55-60 %), неокатанные (40-45 %), единичные окатанные обломки. Для пород характерен плёночно-поровый глинистый цемент, предположительно кремнисто-гидрослюдистого состава. По периметру и на контакте зёрен – редкие крустификационные плёнки, где обломочные зерна обрастают листочками гидрослюды и хлорита. Также наблюдается регенерационное кварцевое соединение зерен с формированием конформных контактов с поровым карбонатным цементом. Средний минеральный состав песчаников: кварц (~60 %), полевые шпаты (~27 %), слюда (~3 %) и обломки пород различного генезиса (~10 %). Под микроскопом зерна кварца характеризуется неправильной, удлинённой формой с равномерным и облачным угасанием в скрещенных николях со следами регенерации в виде каемок. Полевые шпаты частично или полностью пелитизированы. Слюды представлены чешуйками мусковита, гидратированного биотита и хлорита. Обломки пород сложены аргиллитами, кремнисто-слюдистыми микросланцами, реже кремневыми породами [5]. В породах диагностиро-

ваны также минералы, характерные для магматических пород кислого и среднего состава: циркон, лейкоксен, сфен и амфиболы.

Для алевритистых аргиллитов характерна алевритопелитовая структура с размерами частиц менее 0,1 мм. Основная масса сложена тонкодисперсным глинистым материалом (микроскопически определяется только гидрослюда), кварцем (10-12 %) и полевыми шпатами (5-8 %). В основной массе наблюдаются неправильные выделения растительного материала (~5 %) темно-коричневого, почти черного цвета.

Породы второй пачки чурочинской свиты представлены тиллитовидными конгломератами (рис. 2D). Для данных пород характерно преобладание цементирующей составляющей над обломочным материалом. В основную массу погружены обломки пород разного генезиса и размера, но с одинаковой окатанностью. Структура основной массы пелитовая, обломки пород и минералов варьируются от алевритовой до псефитовой фракции, сортировка плохая. В шлифах наблюдается неясно выраженная микрослоистость. Обломки и зерна неправильной, субизометричной, слабоудлиненной формы. Среди обломков присутствуют как полуокатанные (70–80 %), так и окатанные (20–30 %) представители. Средний состав обломочного материала представлен зернами кварца (30 %), полевых шпатов (15 %), слюдой (5 %), обломками пород различного генезиса (50 %). Среди изученных обломков преобладают сложенные алевролитами, песчаниками, глинистыми породами, кварцитами, гранитоидами, реже присутствуют обломки кремневых и карбонатных пород. Обломки разной размерности от 0,1 до 100 мм.

В прослоях второй пачки присутствуют чаще всего алевролиты, песчанистые алевролиты (рис. 2E) с псаммитовой и алевритовой структурами, размер частиц изменяется от 0,02 до 0,12 мм. Среди обломков присутствуют неокатанные (80-85 %) и полуокатанные (15-20 %). Степень сортировки средняя. Для пород характерен пленочно-поровый и пленочный тип

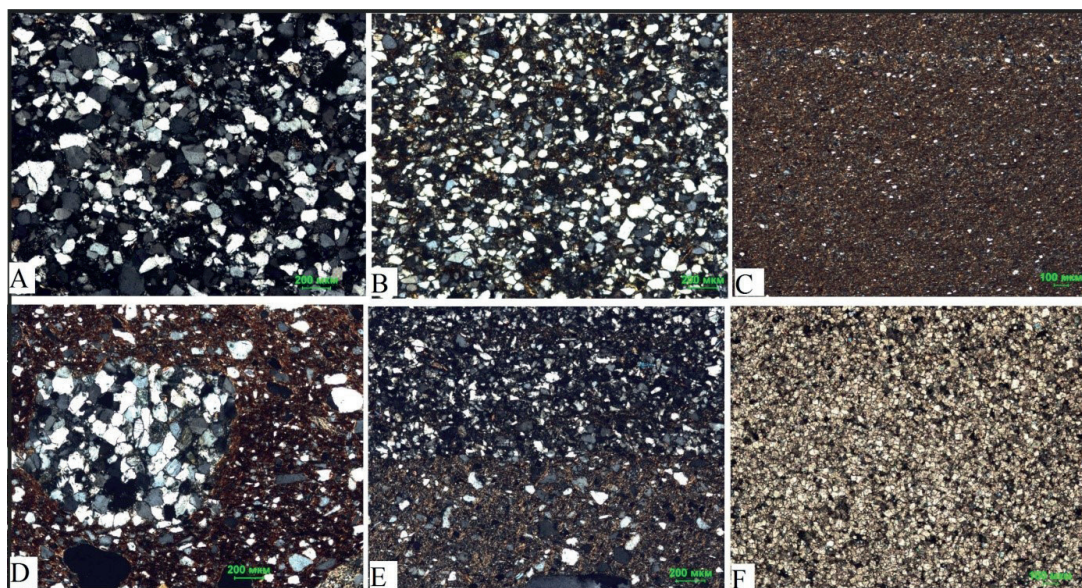


Рис. 2. Микрофотографии шлифов горных пород устьчурочинской свиты (А-С) и второй пачки чурочинской свиты (D-F) (никולי скрещены). А – песчаник алевритистый полевошпат-кварцевый; В – алевролит песчанистый полевошпат-кварцевый; С – аргиллит алевритистый; D – тиллитовидный конгломерат; E – переслаивания тиллитовидного конгломерата с алевролитом; F – микрозернистый доломит

Fig. 2. Microphotographs of thin sections of rocks of the Ustchurochinsky formation (A-C) and the second member of the Churochinsky formation (D-F) (Nikols are crossed). A – silty sandstone feldspar-quartz; B – siltstone feldspar-quartz; G – argillite; D – tillite; E – interlayering of tillite with siltstone; F – micrograined dolomite

цемента кремнисто-гидрослюдистого состава. По периметру и на контакте зёрен – редкие кристаллические плёнки, где обломочные зерна обрастают щётками (листочками) гидрослюды. Также наблюдается регенерационное кварцевое соединение зерен с формированием конформных контактов с поровым карбонатным цементом. Средний минеральный состав обломков пород: кварц (~66 %), полевые шпаты (~25 %), слюда (~4 %) с наличием обломков пород различного генезиса (~5 %). Зерна кварца под микроскопом характеризуется неправильной, удлиненной формой с равномерным и облачным угасанием в скрещенных николях со следами регенерации в виде каемок толщиной 0,008-0,05 мм; иногда зёрна по периферии растворены, отчего приобретают неровные края. Полевые шпаты слабо или полностью пелитизированы, частично растворены. Из слюд присутствуют чешуйки мусковита, хлорита и гидратированного биотита. Обломки представлены кварцитами, породами глинистого и кремнисто-слюдистого состава. В породах диагностированы минералы, характерные для магматических пород кислого и среднего состава: циркон, сфен и амфиболы. В кровле второй пачки чурочинской свиты залегают карбонатные породы, представленные микрозернистыми плотными доломитами с примесью кальцита, иногда с зернами кварца алевритовой размерности, нередко с углефицированными растительными остатками. В некоторых образцах доломита наблюдаются прожилки, выполненные зернами кальцита или кварца.

Заключение

В результате петрографического изучения образцов был уточнен и дополнен состав нижней и верхней подсвит устьчурочинской свиты и второй пачки чурочинской свиты. Подробное изучение обломков пород разного генезиса дает представление об источниках питания [6]. Исследования пород на микроскопическом уровне подтверждает, что отложения устьчурочинской свиты сложены продуктами размыва подстилающих отложений верхнего рифея, вулканогенных пород, гранитоидов и гнейсов, источники питания которых – выходы пород кристаллического фундамента Русской плиты – расположены на Тиманском поднятии с. Петрографическое изучение обломков гранитоидов в тиллитовидных конгломератах чурочинской свиты свидетельствует о размыве пород кристаллического фундамента Русской плиты в ранневендскую эпоху. Детальное изучение минерального состава и структурно-текстурных особенностей подтверждает ледниковое образование тиллитовидных конгломератов [7].

Литература

1. Беккер, Ю.Р. Венд Урала // Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т.2. Стратиграфия и геологические процессы. Ответственные редакторы Соколов Б.С., Федонкин М.А. – Москва : Наука, 1985. – С. 76–83. – Текст: непосредственный.
2. Беккер, Ю.Р. Позднедокембрийская моласса Южного Урала. – Ленинград : Недра, 1968. – 158 с.
3. Боровко, Н.Г. Венд и нижний палеозой Полудова Кряжа Северного Урала. – Ленинград : ВСЕГЕИ, 1967. – 30 с.
4. Пактовский, Ю.Г. Ранний палеозой как стадия россыпной алмазности в Южном Прикамье (Пермский край): диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / Ю.Г. Пактовский. – Пермь, 2022. – 187 с.
5. Япаскерт, О.В. Литология : учебник для студ. высш. учеб. заведений. – Москва : Издательский центр «Академия», 2008. – С. 135-224.
6. Томилина, Е.М. Вещественный состав горных пород чурочинской свиты в Вишерском алмазном районе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. 2023. – Т. 22. – № 4. – С. 297-310.
7. Чумаков, Н.М. Лапландский ледниковый горизонт и его аналоги / Н.М. Чумаков. // Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. В 2 т. Т. 2. Стратиграфия и геологические процессы. – Москва : Наука, 1985. – С. 166-198.

References

1. Bekker, Ju.R. Vend Urala // Vendskaja sistema. Istoriko-geologicheskoe i paleontologicheskoe obosnovanie. T.2. Stratigrafija i geologicheskie processy. Otvetstvennye redaktory Sokolov B.S., Fedonkin M.A. Nauka, Moskva, 1985. – S. 76–83.
2. Bekker, Ju.R. Pozdnedokembrijskaja molassa Juzhnogo Urala. L.: Nedra, 1968. – 158 s.
3. Borovko, N.G. Vend i nizhnij paleozoj Poljudova Krjazha Severnogo Urala. L.: VSEGEI, 1967. – 30 s.
4. Paktovskij, Ju.G. Rannij paleozoj kak stadija rossypnoj almazonosnosti v Juzhnom Pritiman'e (Permskij kraj): dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk / Ju.G. Paktovskij. – Perm, 2022. – 187 s.
5. Yapaskurt, O.V. Litologija: uchebnik dlja stud. vyssh. ucheb. zavedenij. M.: Izdatel'skij centr «Akademija», 2008. – S. 135–224
6. Tomilina, E.M. Veshhestvennyj sostav gornyh porod churochinskoj svity v Visherskom almazonosnom rajone Permskogo kraja // Vestnik Permskogo universiteta. Geologija. 2023. T. 22, № 4. – S. 297–310.
7. Chumakov, N.M. Laplandskij lednikovij gorizont i ego analogi // Vendskaja sistema. Istoriko-geologicheskoe i paleontologicheskoe obosnovanie. V 2 t. T. 2. Stratigrafija i geologicheskie processy. M.: Nauka, 1985. – S. 166–198.

Сведения об авторе

ТОМИЛИНА Елена Михайловна – ст. преп. кафедры минералогии и петрографии ПГНИУ, e-mail: tomilinaelena.psu@yandex.ru

TOMILINA Elena Mikhaylovna – Senior Lecturer, Department of Mineralogy and Petrography, Perm State University, e-mail: tomilinaelena.psu@yandex.ru

Н.К. Шахурдина

ВГРЭ, АК «АЛРОСА» (ПАО), г. Мирный, Россия

e-mail: ShakhurdinaNK@alrosa.ru

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ КИМБЕРЛИТОВОГО МАГМАТИЗМА КАК ФАКТУРНАЯ ОЦЕНКА АЛМАЗОНОСНЫХ ОБЪЕКТОВ ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ

Аннотация. Приведены результаты обобщения и ГИС-интеграции результатов изучения всех известных коренных месторождений и проявлений алмазов, находящихся в распределенном и нераспределенном фонде недр Российской Федерации. В работе учтены результаты поисковых, разведочных и эксплуатационных работ, протоколы заседаний региональных (ТКЗ) и федеральных (РКЗ и ГКЗ) комиссий по запасам полезных ископаемых и опубликованные данные. В результате создана ГИС-интегрированная база данных, содержащая 1319 объектов, для каждого из которых определены ключевые параметры: координаты, форма, размеры, возраст, среднее содержание алмазов, прогнозные ресурсы, запасы алмазов. Установлено, что коренные месторождения алмазов сосредоточены в Центрально-Сибирской субпровинции и составляют 2,3 % от всех известных кимберлитовых тел, алмазоносных кимберлитовых тел в Якутской алмазоносной провинции – 282, преобладающая форма тел – трубка (59 %). Корреляционной связи размеров кимберлитовых тел и их алмазоносности нет, небольшие трубки, так же, как и крупные диатремы могут быть промышленно-алмазоносными, преобладающий абсолютный возраст промышленно-алмазоносных кимберлитов – 329-382 млн. лет.

Ключевые слова: Якутская алмазоносная провинция, Центрально-Сибирская субпровинция, Лена-Анабарская субпровинция, алмазоносный район, кимберлитовое поле, кимберлит, среднее содержание алмазов.

N.K. Shakhurdina

Vilyui Geology and Survey Expedition, AK ALROSA (PAO), Mirny, Russia

e-mail: ShakhurdinaNK@alrosa.ru

GEOLOGICAL MAPPING OF KIMBERLITE MAGMATISM AS AN ASSESSMENT OF DIAMOND-BEARING OBJECTS IN WESTERN YAKUTIA

Abstract. The results of generalization and GIS integration of the results of the study of all known indigenous deposits and manifestations of diamonds located in the distributed and undistributed fund of the subsoil of the Russian Federation are presented. The work takes into account the results of prospecting, exploration and exploitation works, minutes of meetings of regional (TKZ) and federal (RKZ and GKZ) commissions on mineral reserves and published data. As a result, a GIS-integrated database was created containing 1,319 objects, for each of which key parameters were determined: coordinates, shape, size, age, average diamond content, forecast resources, and diamond reserves. It was established that the indigenous diamond deposits are concentrated in the Central Siberian subprovincia and account for 2.3 % of all known kimberlite bodies, diamond-bearing kimberlite bodies in the Yakut diamond-bearing province – 282, the predominant body shape is a pipe (59 %). There is no correlation between the size of kimberlite bodies and their diamond content, small pipes, as well as large diatremes, can be industrially diamondiferous, the prevailing absolute age of industrially diamondiferous kimberlites is 329-382 million years.

Keywords: Yakut diamond-bearing province, Central Siberian subprovincia, Lena-Anabar subprovincia, diamond-bearing region, kimberlite field, kimberlite, average diamond content.

Введение

Картирование в геоинформационных системах кимберлитового магматизма Западной Якутии на территории деятельности АК «АЛРОСА» имеет важное значение для развития минерально-сырьевой базы Компании. Результаты картирования позволяют обоснованно проводить геолого-экономическое районирование территории деятельности Компании при выборе районов (площадей) для проведения геологоразведочных работ, определять приоритетные, в пределах которых задачи воспроизводства минерально-сырьевой базы могут быть решены с наименьшими затратами при высоких результатах и качестве полученной геологической информации.

Материалы и методы исследования

Современное состояние поисковых работ на алмазы, широкое внедрение цифровой картографии в практику геологоразведочных работ и переход поисков на так называемые «закрытые территории», потребовали корректной географической привязки кимберлитовых тел Якутской алмазоносной провинции. В качестве основы для цифровой базы данных (*.mdb, *.shp) кимберлитовых тел использованы фундаментальные работы Брахфогеля Ф.Ф. [1], Ягнышева Б.С. [2, 3], Морозовой Н.Е. [4], а также опубликованные материалы по кимберлитовому магматизму [5, 6]. Цифровая база данных содержит: координаты (географические и прямоугольные), общие характеристики кимберлитовых тел (форма тела, морфология, размеры, простираие длинной оси, тип пород, среднее содержание, площадь), принадлежность к полю, району, субпровинции, провинции, возраст кимберлитовых тел (абсолютный, полученный по изотопным датировкам, и относительный – век, система, отдел, эра).

Всего в базе данных 1319 объектов, из них 1051 кимберлитовых тела, 155 родственных тел, алмазоносных кимберлитовых тел 282. База постоянно пополняется опубликованными и фоновыми материалами, позволяя оперативно оценивать любым из параметров кимберлитовое поле, алмазоносный район, субпровинцию или провинцию в целом.

Геолого-промышленные типы коренных месторождений алмазов

Кимберлитовые тела, в том числе промышленно алмазоносные, различаются между собой по многим параметрам: морфологии тел, размерам, уровню эрозионного среза, возрасту, внутреннему строению, петрографическим особенностям, алмазоносности.

В пределах алмазоносной провинции выделяется следующий иерархический ряд алмазоносных объектов: региональные объекты – алмазоносная провинция, субпровинция, зона (область), алмазоносный район; среднемасштабные – кимберлитовый район, поле; локальные – куст или линейная группа кимберлитовых тел, отдельное тело. Границы и названия большинства алмазоносных районов для Якутской алмазоносной провинции заимствованы из «Методических указаний...» [7]. Границы между алмазоносными субпровинциями, алмазоносными районами проведены с учетом минералогической, магматической, тектонической и глубинной информации. Якутская алмазоносная провинция разделена на две субпровинции: Центрально-Сибирскую и Лено-Анабарскую [8].

По среднему содержанию алмазов кимберлитовые трубки разделяются на: неалмазоносные (алмазы не обнаружены), с низкой и весьма низкой алмазоносностью (среднее содержание <0,3 кар/т), среднеалмазоносные (среднее содержание от 0,3 до 1,0 кар/т), высокоалмазоносные (среднее содержание от 1,0 до 3,0 кар/т), уникальные среднее содержание более 3,0 кар/т [5].

Кимберлитовые тела по морфологии разделяются на три основные группы: трубообразные, секущие (дайки и жилы) и субсогласные (силлы и пластообразные тела). Трубообразные тела (трубки взрыва, диатремы), с которыми связаны практически все разрабатываемые и отработанные коренные месторождения алмазов, образуют на поверхности субизометричные выходы, диаметром от первых десятков метров до километра и более.

Жилы и дайки подразделяются на три основные группы: самостоятельные, синтрубочные жилы и внутритрубочные жилы кимберлита. Штокверковый тип кимберлитовых тел,

выделяемый В.И. Вагановым [6], представляет собой систему многочисленных, различно ориентированных выклинивающихся даек и жил кимберлитов переменной мощности.

Наиболее надежными методами определения изотопного возраста кимберлитов считаются Rb-Sr и U-Pb датировки. Всего в цифровой базе имеются данные об изотопном возрасте 254 объектов, из них по Лено-Анабарской субпровинции – 197 (мезозойские кимберлиты составляют 62 %, палеозойские кимберлиты – 38 %), по Центрально-Сибирской субпровинции – 57 (среднепалеозойские кимберлиты).

Результаты и обсуждения

Центрально-Сибирская субпровинция

Центрально-Сибирская субпровинция занимает южную и центральную часть Якутской алмазоносной провинции и включает десять районов: Мурбайский, Малоботуобинский, Крестяхский, Моркокинский, Ыгыаттинский, Верхневилуйский, Далдыно-Алаkitский, Среднемархинский, Муно-Тюнгский, Мунский, только в пяти районах присутствуют промышленно алмазоносные кимберлитовые тела.

В Центрально-Сибирской субпровинции обнаружено 220 кимберлитопоявлений, из них 157 кимберлитовых тел алмазоносны. Распределение кимберлитовых трубок по алмазоносности выглядит следующим образом: неалмазные составляют 29 % из общего количества обнаруженных тел (63 тела), весьма низкоалмазные 67 % – (106), низкоалмазные 17 % (26), среднеалмазные – 8 % (12), высокоалмазные – 6 тела, уникальные 4 % (7) (рис. 1). Распределение самостоятельных кимберлитовых тел по морфологии: преобладают трубки – 71 % от общего количества (156), жилы составляют 21 % (47), дайки – 3 % (7), прочие – 5 % (10).

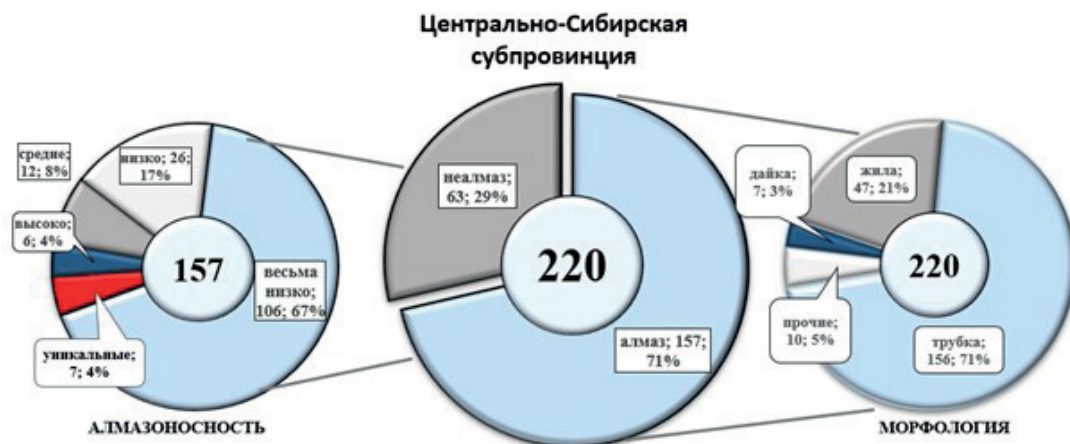


Рис. 1. Основные характеристики кимберлитовых тел Центрально-Сибирской субпровинции

Fig.1. The main characteristics of kimberlite bodies of the Central Siberian subprovincinon

Анализ радиологического датирования 57 кимберлитовых трубок Центрально-Сибирской субпровинции, включая месторождения, показал, что кимберлитовые трубки в целом относятся к среднепалеозойской эпохе. Основная масса изотопных дат приходится на интервал 329-382 млн. лет [9, 10, 11].

Наиболее древние датировки, отвечающие раннему и позднему силуру, имеют следующие трубки: им. XXIII съезда КПСС – 433 млн. лет, Дружба – 431 млн. лет, Молодежная – 430 млн. лет, Чукукская – 424 млн. лет, Иреляхская – 421 млн. лет. Наиболее молодой, средне- и верхнетриасовый, возраст имеют трубки: Радиоволновая – 272 млн. лет (?) и Якутская – 235 млн. лет. (рис. 2). Относительный возраст трубки Радиоволновая, исходя из анализа геологического разреза – позднедевонский. Кимберлитовые трубки с промышленными содержаниями алмазов

сформировались в широком возрастном интервале: от раннего силура (им. XXIII съезда КПСС, 433 млн. лет) до позднего карбона (Нюрбинская, 332 млн. лет).

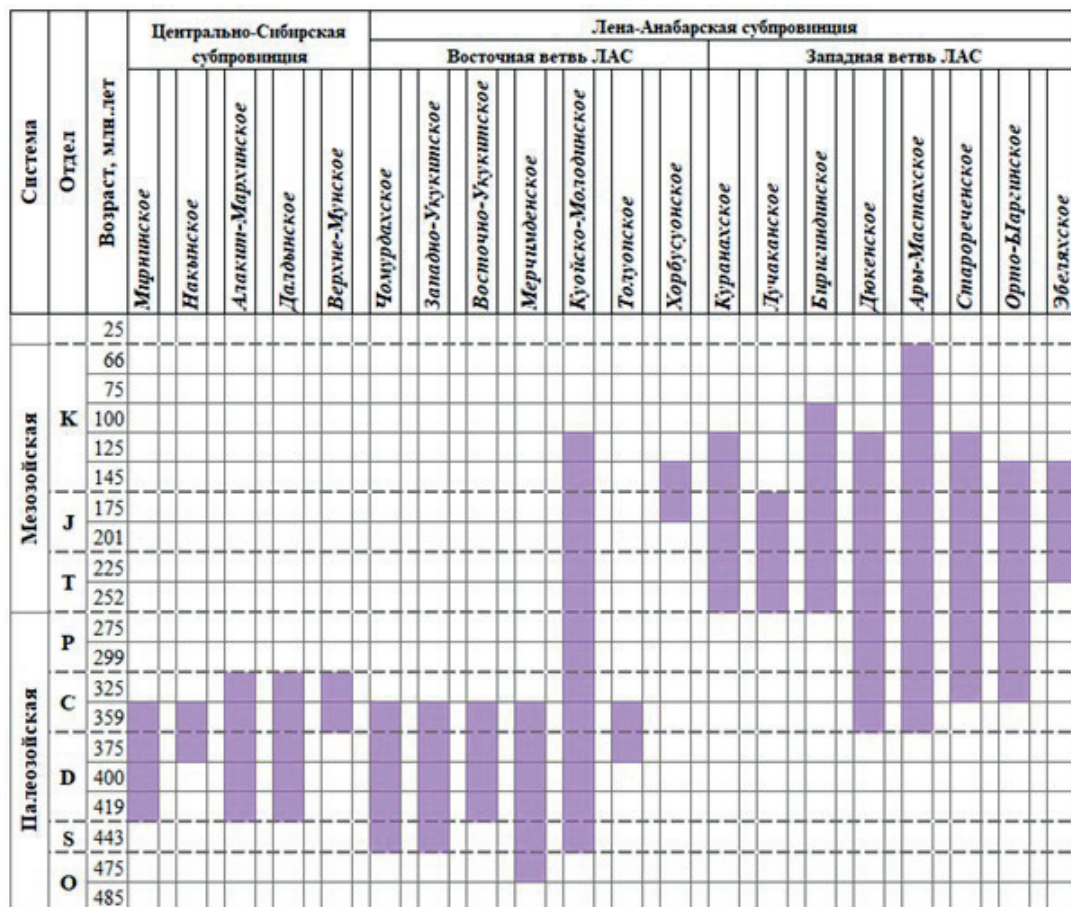


Рис. 2. Распределение кимберлитовых тел Центрально-Сибирской и Лена-Анабарской субпровинций по изотопному возрасту

Fig. 2. Distribution of kimberlite bodies of the Central Siberian and Lena-Anabar subprovinces by isotopic age

Лено-Анабарская субпровинция

Лено-Анабарская субпровинция представлена девятью районами: Верхнеоленским, Куонамским, Попигайским, Анабарским, Уэле-Уджинским, Нижнеоленским, Нижнеленским, Среднеоленским, Приленским. Кимберлитовый магматизм развит в четырех районах.

В Лено-Анабарской субпровинции в настоящее время обнаружено 831 кимберлитопро-
явления, а также 155 малых интрузий различного состава (пикриты, альнеиты, кимпикриты
и т.д.), нет данных по 116 объектам (рис. 3). Из общего количества тел ЛАС, алмазоносны толь-
ко 15 % (125 тел).

Распределение кимберлитовых трубок по алмазности выглядит следующим образом: неалмазные составляют 85 % от общего количества обнаруженных тел (706 тел), весьма низкоалмазные – 97 % (122), низкоалмазные – 2 % (2), среднеалмазные 1 % (трубка Малокуонапская в Куранахском кимберлитовом поле, со средним содержанием 0,25-0,45 кар/т), высокоалмазные и уникальные кимберлитовые тела не обнаружены (рис. 3). По морфологии: преобладают трубки 56 % от общего количества, жилы составляют – 4 %, дайки 22 %, прочие (шток, тело) – 18 %.



Рис. 3. Основные характеристики кимберлитовых тел Лено-Анабарской субпровинции.

Fig. 3. The main characteristics of kimberlite bodies of the Lena-Anabar subprovincinon

Анализ радиологического датирования 214 кимберлитовых трубок Лено-Анабарской субпровинции показал, что рудные поля в целом относятся к среднепалеозойской (38 %) и средне-мезозойской (62 %) эпохе. Основная масса изотопных дат приходится на интервал 326-383 млн. лет и 145-180 млн. лет. Наиболее древние датировки, отвечающие среднему и верхнему ордовики, имеют трубки: Джо-Южная – 648 млн. лет (?), Подснежная – 475 млн. лет, Бэта – 447 млн. лет. Наиболее молодые датировки, отвечающие верхнему мелу, имеют трубки: МГРИ – 99 млн. лет, Баргыдамалах-южная – 54 млн. лет [9, 10, 11].

Закключение

Все коренные месторождения алмазов Якутской алмазоносной провинции сосредоточены в Центрально-Сибирской субпровинции: в Малоботуобинском, Среднемархинском, Далдыно-Алаkitском и Мунском алмазоносных районах и составляют всего 2,3 % от всех кимберлитовых тел ЯАП.

Распределение коренных месторождений алмазов по площади сечения на эрозионной поверхности имеет отчетливо экспоненциальный вид – уникальные тела единичны (Юбилейная), крупные тела составляют 25 % (Зарница, Краснопресненская, Удачная, Мир, Сытыканская, Дальняя), число средних и мелких тел существенно больше. По среднему содержанию алмазов – уникальные месторождения составляют 30 % (Интернациональная, Майское, Ботуобинская, Айхал, Нюрбинская, Мир, XXIII съезд КПСС), преобладают месторождения со средним содержанием алмазов (0,3-1,0 кар/т). Корреляционной связи размеров кимберлитовых тел и их алмазоносности нет, небольшие трубки, так же, как и крупные диатремы могут быть промышленно-алмазоносными и неалмазоносными, даже самые мелкие кимберлитовые тела представляют экономический интерес [12], (рис. 4).

Созданная автором цифровая база данных позволила получить достоверные данные о пространственном положении, алмазоносности и возрасте кимберлитовых тел Якутской алмазоносной провинции, что существенно облегчит поставленные задачи ГРП в будущем.

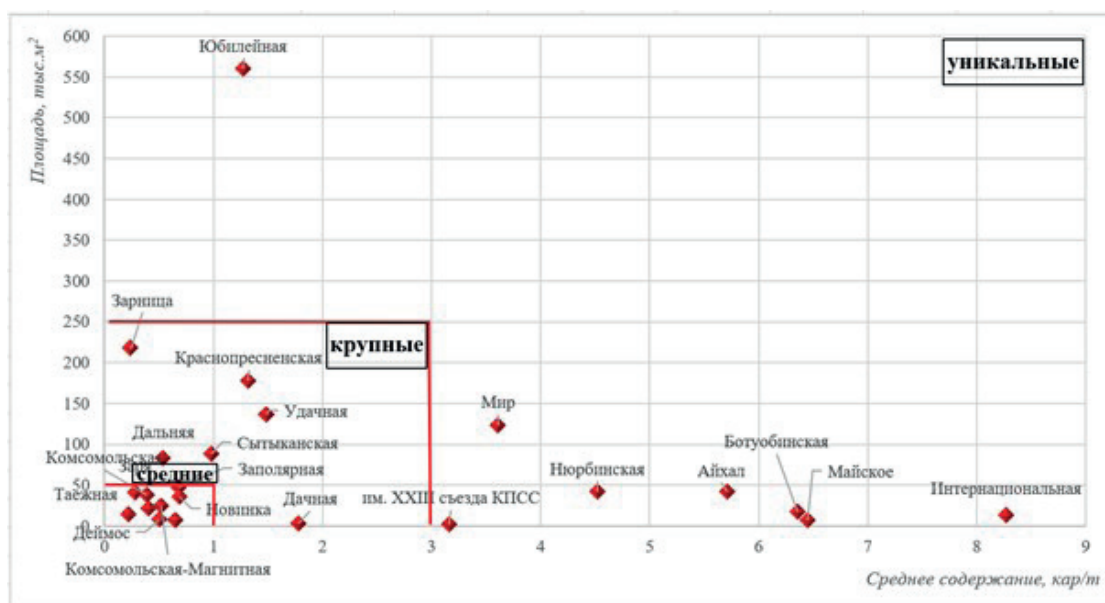


Рис. 4. Соотношение размеров и алмазности коренных месторождений алмазов

Fig. 4. The ratio of the size and diamond content of the indigenous diamond deposits

Литература

1. Каталог кимберлитовых и ассоциирующих с ними тел восточной части Сибирской платформы: / Ф.Ф. Брахфогель. – Фонды НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО), 1979. – Текст: непосредственный.
2. Атлас кимберлитовых тел Алаakit-Мархинского поля Якутской кимберлитовой провинции / Б.С. Ягнышев. – Фонды НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО). – 1988. – Текст: непосредственный.
3. Атлас кимберлитовых тел Далдынского поля Якутской кимберлитовой провинции / Б.С. Ягнышев. – Фонды НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО) – 1992. – Текст: непосредственный.
4. Морозова, Н.Е. «Обобщение и анализ результатов аэрогеофизических исследований с целью выявления факторов структурно-тектонического контроля кимберлитового магматизма на севере Якутской алмазодобывающей провинции» в 2010-2016 гг. (объект Аэрогеофизический-тематический): Отчет по теме / Н.Е. Морозова. – 2016. – Текст: непосредственный.
5. Подчасов, В.М. Геология, прогнозирование, методика поисков, оценки и разведки коренных месторождений алмазов / В.М. Подчасов, В.Е. Минорин, И.Я. Богатых, Ю.К. Голубев, С.А. Граханов, В.Ф. Кривонос, В.Т. Подвысоцкий, А.Д. Харьков, Ю.М. Эринчек, Б.С. Ягнышев // Книга 1. Коренные месторождения. – Якутск: ЯФ ГУ «Издательство СО РАН», 2004. – 548 с. – Текст: непосредственный.
6. Ваганов, В.И. Алмазные месторождения России и Мира. / В.И. Ваганов. – Москва: Геоинформмарк, 2000. – 371 с. – Текст: непосредственный.
7. Методические указания по поискам коренных месторождений алмазов на Сибирской платформе (Якутская алмазодобывающая провинция). Ленинград: НПО «Рудгеофизика». – 1989, 63 с. – Текст: непосредственный.
8. Горев, Н.И. Тектонические исследования при прогнозировании коренных источников алмазов. / Н.И. Горев. – Текст: непосредственный // Алмазная геология в АК «АЛРОСА» – настоящее и будущее (геологи АК «АЛРОСА» к 50-летию юбилею алмазодобывающей промышленности России) – Воронеж: ВГУ, 2005. – С. 1175-1202.
9. Зайцев, А.И., Смеров А.П. Изотопная геохронология пород кимберлитовой формации Якутской провинции / А.И. Зайцев, А.П. Смеров; ИГАБМ СО РАН – Якутск: Офсет, 2010. – 108 с. – Текст: непосредственный.
10. Jing, Sun Repeated kimberlite magmatism beneath Yakutia and its relationship to Siberian flood volcanism: Insights from in situ U–Pb and Sr–Nd perovskite isotope analysis / Sun Jing, Lia Chuan-Zhou, Tapp Sebastian. – Text: unmediated. // Earth and Planetary Science Letters. 2012. V. 404. – P. 283-295.

11. Юдин, Д.С. Возраст внедрения кимберлитовой трубки Удачная-восточная: U/Pb и 40Ar/39Ar-данные / Д.С. Юдин, А.А. Томиленко, А.В. Травин [и др.]. – Текст : непосредственный. // Доклады Академии наук. – 2014. – Т. 455, № 1. – С. 91-93.

12. Цыганов, В. А. Восстановление и расширение минерально-сырьевой базы действующих добывающих предприятий / В.А. Цыганов, А.Ю. Егоров, А.П. Ставский. – Текст: непосредственный // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2005. – № 5. – С. 8-15.

References

1. Каталог кимберлитовых и ассоциирующих с ними тел восточной части Сибирской платформы: / Ф.Ф. Брахфогель. – Фонды НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО), 1979 г. – Текст: непосредственный.

2. Атлас кимберлитовых тел Алакит-Мархинского поля Якутской кимберлитовой провинции / Б.С. Ягнышев. – Фонды НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО). – 1988 г. – Текст: непосредственный.

3. Атлас кимберлитовых тел Далдынского поля Якутской кимберлитовой провинции / Ягнышев Б.С. – Фонды НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО) – 1992 г. – Текст: непосредственный.

4. Морозова, Н.Е. “Обобщение и анализ результатов аэрогеофизических исследований с целью выявления факторов структурно-тектонического контроля кимберлитового магматизма на севере Якутской алмазоносной провинции” в 2010-2016 гг. (объект Аэрогеофизический-тематический): Отчет по теме / Н.Е. Морозова. – 2016 г. – Текст: непосредственный.

5. Подчасов, В.М. Геология, прогнозирование, методика поисков, оценки и разведки коренных месторождений алмазов / В.М. Подчасов, В.Е. Минорин, И.Я. Богатых, Ю.К. Голубев, С.А. Граханов, В.Ф. Кривонос, В.Т. Подвысоцкий, А.Д. Харькив, Ю.М. Эринчек, Б.С. Ягнышев // Книга 1. Коренные месторождения. – Якутск: ЯФ ГУ «Издательство СО РАН», 2004. – 548 с. – Текст: непосредственный.

6. Ваганов, В.И. Алмазные месторождения России и Мира. / В.И. Ваганов. – Москва: Геоинформмарк, 2000. – 371 с. – Текст: непосредственный.

7. Методические указания по поискам коренных месторождений алмазов на Сибирской платформе (Якутская алмазоносная провинция). Ленинград: НПО “Рудгеофизика”. – 1989, 63 с. – Текст: непосредственный.

8. Горев, Н.И. Тектонические исследования при прогнозировании коренных источников алмазов. / Н.И. Горев. – Текст: непосредственный // Алмазная геология в АК «АЛРОСА» – настоящее и будущее (геологи АК «АЛРОСА» к 50-летию юбилею алмазодобывающей промышленности России) – Воронеж: ВГУ, 2005. – С. 1175-1202.

9. Зайцев, А.И., Смелов А.П. Изотопная геохронология пород кимберлитовой формации Якутской провинции / А.И. Зайцев, А.П. Смелов; ИГАБМ СО РАН – Якутск : Офсет, 2010. – 108 с. – Текст: непосредственный.

10. Jing, Sun Repeated kimberlite magmatism beneath Yakutia and its relationship to Siberian flood volcanism: Insights from in situ U–Pb and Sr–Nd perovskite isotope analysis / Sun Jing, Lia Chuan-Zhou, Tapp Sebastian. – Text: unmediated. // Earth and Planetary Science Letters. 2012. V. 404. – P. 283-295

11. Юдин, Д.С. Возраст внедрения кимберлитовой трубки Удачная-восточная: U/Pb и 40Ar/39Ar-данные / Д. С. Юдин, А. А. Томиленко, А. В. Травин [и др.]. – Текст: непосредственный. // Доклады Академии наук. – 2014. – Т. 455, № 1. – С. 91-93

12. Цыганов, В. А. Восстановление и расширение минерально-сырьевой базы действующих добывающих предприятий / В. А. Цыганов, А. Ю. Егоров, А. П. Ставский. – Текст: непосредственный. // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2005. – № 5. – С. 8-15.

Сведения об авторе

ШАХУРДИНА Надежда Константиновна – рук. направления ЭГЦ Вилюйской ГРЭ, АК «АЛРОСА» (ПАО), e-mail: ShakhurdinaNK@alrosa.ru

SHAKHURDINA Nadezhda Konstantinovna – head of research EGC Vilyui Geological Exploration Expedition, PJSC ALROSA), e-mail: ShakhurdinaNK@alrosa.ru

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ

УДК 911.52

DOI 10.25587/2587-8751-2024-1-75-87

*М.И. Захаров¹, М.М. Черосов², С. Гададь³, Е.И. Троева⁴*¹ СВФУ М.К. Аммосова, г.Якутск, Россия² Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства СО РАН, г.Якутск, Россия³ Университет Экс-Марсель, г.Экс-ан-Прованс, Франция⁴ Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г.Якутск, Россия
e-mail: mi.zakharov@s-vfu.ru

ЛАНДШАФТНАЯ СТРУКТУРА ДОЛИНЫ СРЕДНЕЙ ЛЕНЫ

Аннотация. В статье приведены результаты исследования ландшафтной структуры участков долины Средней Лены (местностей «Эркэни», «Энсиэли» и «Туймаада»), выполненные с помощью геоинформационного картографирования по спутниковым снимкам Sentinel 2 MSI и Landsat 8 OLI и цифровой моделью рельефа ASTER GDEM. Аласные комплексы и сельскохозяйственные поля были идентифицированы с помощью сегментации спутникового изображения по К-средним с разными начальными числами. Для попиксельной классификации ландшафтного покрова были протестированы три алгоритма обучения. Лучший результат достигнут с помощью классификатора Support Vector Machine. Картографирование выявила ландшафтную структуру по 20 картируемым единицам, которые были объединены по группам плакорных, аласных, склоновых, долинных и пойменных ландшафтов. Выявлена контрастность ландшафтной структуры долины Средней Лены. Северная часть долины «Энсиэли» отличается преобладанием лесных лиственничных и сосновых ландшафтов, в водоразделе широко распространены аласные комплексы, преимущественно сухие степные сообщества с остепненными лугами. В склонах практически преобладают лиственничные леса с участками березовых сообществ. Центральная часть долины «Туймаада» наиболее антропогенно трансформированная, здесь доминируют остепненные луга и антропогенные сообщества на месте степей. Плакорная часть в основном лесная с сельскохозяйственными пашнями. Южная часть участка долины «Эркэни» характеризуется наименьшей площадью долинной части с доминированием остепненных лугов, а склоны коренного берега рек Лена южной и юго-восточной экспозиции покрыты ксерофитными степями и остепненными лугами. Ландшафтная структура долины, пойменной и плакорной частей во многом определяет специфику сельскохозяйственного землепользования. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего исследования реакции мерзлотных ландшафтов долины Средней Лены на усиление антропогенной нагрузки в условиях климатических изменений.

Ключевые слова: ландшафтная структура, классификация ландшафтного покрова, сегментация изображения, долина Средней Лены.

M.I. Zakharov¹, M.M. Cherosov², S. Gada³, E.I. Troeva⁴

¹ North-Eastern Federal University named after. M.K. Ammosova, Yakutsk, Russia

² Yakutsk Research Institute of Agriculture SB RAS, Yakutsk, Russia

³ Aix-Marseille University, Aix-en-Provence, France

⁴ Institute of Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, Russia

LANDSCAPE STRUCTURE OF THE MIDDLE LENA VALLEY

Abstract. In this article we present the results of landscape structure study in the Middle Lena valley (Erkeni, Ensieli and Tuimaada), made using GIS mapping based on Sentinel 2 satellite images and ASTER GDEM datasets. Alas complexes and croplands were identified using K-means image segmentation with different initial numbers. Three machine learning algorithms were tested for pixel-based land cover classification. The best result was achieved with the Support Vector Machine classifier. The mapping revealed the landscape structure of 20 spatial units, which were organized into groups of upland, alas, slope, valley and floodplain landscapes. The contrasting landscape structure of the Middle Lena valley was revealed. The northern Ensieli valley is characterized by the predominance of forest larch-pine landscapes, alas complexes mostly dry with steppe meadows are widespread in the watershed. The slopes are dominated by larch forests with patches of birch. The central Tuimaada valley is the most anthropogenically transformed, here steppe meadows and anthropogenic steppes dominate. The plateau part is mainly forested with croplands. The southern valley of the Erkeni is characterized by the smallest area of the valley part dominated by steppe meadows, the slopes of the main bank of the southern and south-eastern exposition are covered with xerophytic meadows. The landscape structure of valleys, floodplain and plakor parts largely determines the specifics of agricultural land use of the local population. The results obtained can be used for further research into the response of permafrost landscapes of the Middle Lena valleys to increased anthropogenic pressure in the context of climate change.

Keywords: landscape structure, land cover classification, image segmentation, Middle Lena valleys.

Введение

Инвентаризация ландшафтной структуры любого региона необходима как с точки зрения природопользования, так и с точки зрения территориального планирования. Важно также учитывать функционирование ландшафтов и локальные колебания, являющиеся механизмами самоорганизации геосистем. Знания о ландшафтах в современных условиях находят особое применение в практической реализации экологической, социальной и экономической повестки дня. Актуальность таких исследований для “быстро реагирующих” мерзлотных ландшафтов повышается, в связи с происходящими климатическими изменениями, где повышение температур воздуха сопровождается деградацией криолитозоны. Речные долины в основном состоят из гидроморфных ландшафтов с двумя контрастными геосистемами: слабодренлируемыми и проточными, периодически дренируемыми [1]. Интразональные долинны ландшафты являются основными районами расселения населения, так долина Средней Лены (часть долины реки Лена на среднем течении) является наиболее густонаселенной в Центральной Якутии, где формируется городская агломерация Якутска с более чем 340 тыс. жителями [2]. Поэтому долинны ландшафты подвергаются повышенной антропогенной нагрузке, сопровождаемой трансформацией геосистем, в результате которого они могут выйти за рамки своей устойчивости [3] и в целом к ухудшению функционирования и ценности.

Долина Средней Лены по мерзлотно-ландшафтному районированию [4] входит в Лено-Амгинскую аласную провинцию, основная часть провинции расположена на правом берегу р. Лена, при этом комплекс отличается повсеместным распространением криогенных форм рельефа, прежде всего аласов (термокарстовых котловин). Провинция выделяется прежде всего единством генетической основы, поэтому аласные комплексы встречаются в противоположных берегах реки. Четвертичные отложения коренного берега (водораздела) преимущественно отно-

сятся к каргинскому межледниковому горизонту [5] с породами повышенной льдистости, ландшафты в зоне распространения этих отложений классифицируются как межаласные и аласные. Элювиальные и делювиальные супесчаные отложения формируют плакорный ландшафт коренного берега. Долина Средней Лены сформирована аллювиальными отложениями позднего неоплейстоцена (надпойменная терраса) и голоцена (якутская и сергеляхская). Из трех местностей долины северная “Энсиэли” по площади является самой большой, южная “Эркээни” самой маленькой. Местность “Туймаада” – центральная среди трех изучаемых.

Для определения района исследования нами применен подход интерференции бассейновой организации и ландшафтного районирования Лено-Амгинской аласной провинции. Для этого было выполнено оверлейное наложение векторных слоев HydroSHEDS 6-го уровня реки [6] Лена и карты мерзлотно-ландшафтного районирования (рис. 1). Выбранная нами территория для исследования в административном отношении принадлежит ГО «Якутск», ГО «Жатай», на юге Хангаласскому району, включая центр города Покровска, и Намскому району с центром Намцы на севере. Общая площадь района исследования составляет – 21 тыс. кв. км.

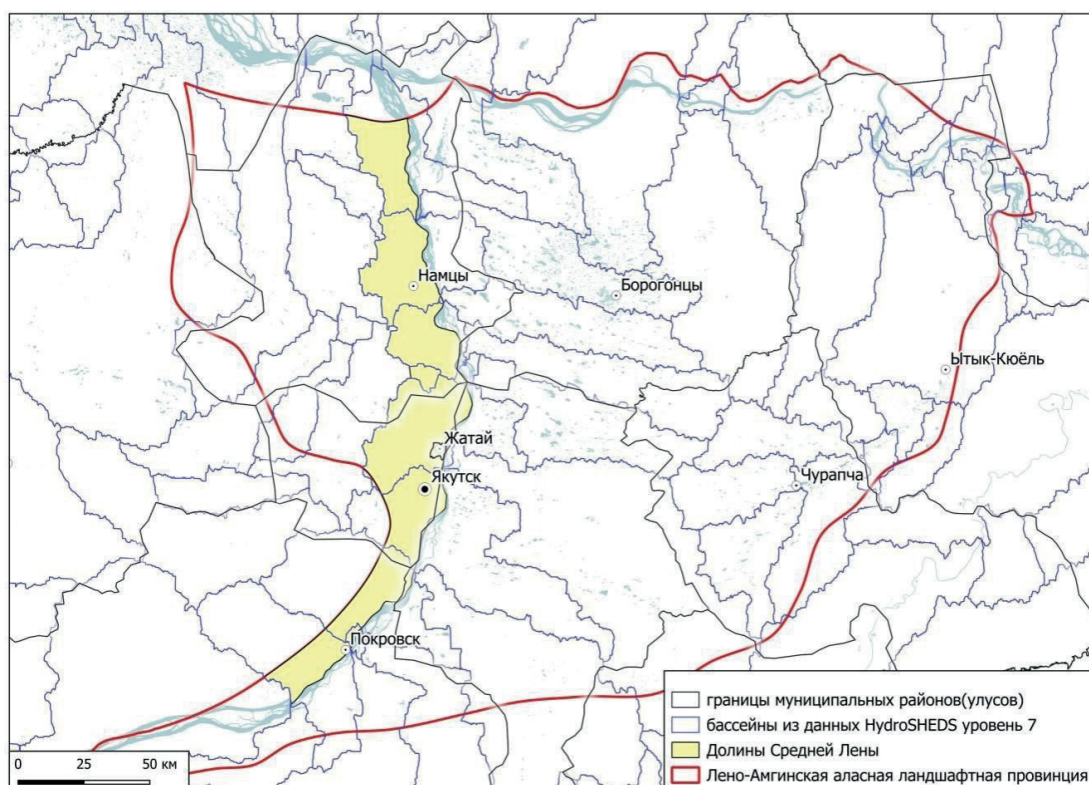


Рис. 1. Район исследования долины Средней Лены

Fig. 1. The area of exploration of the valley of the Middle Lena

Выделенный район исследования, таким образом, совмещает две почти параллельные пространственные единицы: генетически однородный комплекс ландшафтной аласной провинции и комплекс разнородных парадинамических бассейновых ландшафтов. Хотя мы не считаем, что полученный район исследования претендует на комплексное представление ландшафтной структуры речных долин с водосборными бассейнами, но представляет собой некий синтез стратиграфо-генетической и потоковой организации долины Средней Лены. Значительная часть водосборного бассейна долины «Эркээни» не попала в район исследования, что не позволяет нам в полной мере говорить о бассейновой ландшафтной структуре долины, поэтому мы

сосредоточимся в анализе на склоновой, террасовой и пойменной группе ландшафтов, при этом давая общие пространственные характеристики всей парадинамической системе.

Методы и материалы

Общий методологический рабочий процесс состоит из трех основных этапов: (1) классификация ландшафтного покрова (land cover) и землепользования (land use) с использованием функционально-динамического подхода классификации временного ряда спутниковых изображений по обучающим выделам, взятых из полевых материалов и изображений с высоким разрешением, выделенные классы действуют как набор геоботанических единиц (фитоценозы); (2) идентификация геоморфологических единиц с использованием двух подходов: геоморфологического анализа цифровой модели рельефа и сегментации изображений по алгоритму k-средних; (3) объединяя оба результата, мы улучшаем полученные геоботанические и геоморфологические единицы для инвентаризации видов ландшафта и групп ландшафтов по типам местности. Ранее вышеописанная методика была применена для локального участка исследования в долине “Энсиэли” [7].

В геоботаническом и геоморфологическом аспектах территория исследований хорошо изучена [8-10]. Рельеф территории достаточно простой и представляет собой плоскую равнину, сложенную преимущественно элювиальными суглинистыми и супесчаными отложениями древней денудационно-аккумуляционной террасы и лёссовыми супесчаными отложениями. Склон коренного берега реки Лены, имеет высоту 30-80 метров и сложен коллювиально-делювиальными супесчаными породами. Терраса на территории исследований невысокая, с разнообразными аллювиальными отложениями [11].

Для картографирования использован архив спутниковых данных Sentinel 2 с пространственным разрешением 10 м, 20 м и Landsat 8 с пространственным разрешением 30 м в облачной платформе Google Earth Engine (GEE). Нами отобраны малооблачные месячные сцены на период Май-Сентябрь с 2015 по 2022 год. По полученному набору снимков скомпилированы медианные значения спектральных каналов, по которым были вычислены показатели NDVI, GNDVI, NDMI, MNDVI. Всего в базе данных Google на исследуемой территории за интересующий период хранится 1259 наборов Sentinel 2 MSI и 455 наборов Landsat 8 OLI. Из всего набора изображений мы выбрали 305 наборов Sentinel 2 и 99 Landsat. Большинство изображений приходится на июнь, июль и август. В комплект входят все изображения 2013 года для Landsat 8 Collection 1 с калиброванной отражательной способностью верхней части атмосферы (TOA) уровня 1 и 2015 года для Sentinel 2, а также с калибровкой TOA. Мы использовали возможность маскировать облака и тени облаков для изображений с облачностью до 20 %. Для ряда районов с полевыми данными, в том числе Хамагатты, окрестностей Якутска, аласов севернее Якутска и террасы южнее Якутска, также были составлены выборки точек классов, с использованием картографических данных о растительности и данные геосервисов Google и Яндекс. Всего было создано 1453 точки выборки. Мы определили 40 % баллов как тренировочные и 60 % как проверочные. Количество баллов варьируется в зависимости от наличия проведенных работ и точности полевых геоботанических описаний. По результатам обработки полевых исследований и анализа изображений высокого разрешения нами выделено 9 классов ландшафтного покрова и землепользования по трем алгоритмам, имплементированных в GEE: Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM) и Classification and Regression Tree (CART). 7 классов представляют собой коллекции нескольких групп растительных ассоциаций, определенных по доминирующим видам: лиственные леса, сосновые сообщества, степные сообщества, настоящие луга, влажные луга, ивняки и водно-болотные угодья. Два других класса это здания и аллювиальные пески, а также водные объекты. Классы, которые мы дискриминировали, достаточно хорошо отличаются друг от друга, что мы можем определить по временным профилям NDVI, GNDVI, NDMI и MNDVI.

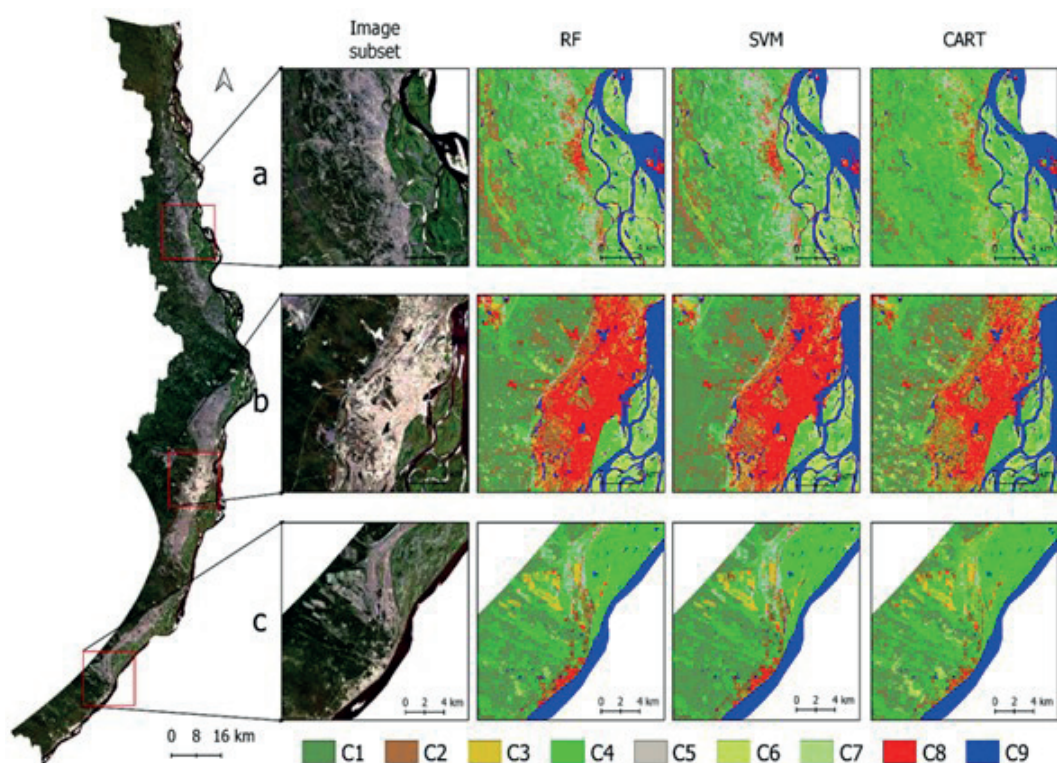


Рис. 2. Результаты классификации RF, SVM и CART ландшафтного покрова в долине Средней Лены прилегающим к (а) с.Намцы, (б) г.Якутск и (в) г.Покровск

Условные обозначения: (C1) лиственные леса; (C2) сосновые и еловые леса; (C3) влажные луга; (C4) настоящие луга; (C5) степи, остепненные луга и пашни; (C6) ивняки; (C7) водно-болотные сообщества и заболоченные луга; (C8) селитебные ландшафты и пески; (C9) водные объекты

Fig. 2. Results of classification of RF, SVM and CART landscape cover in the valley of the Middle Lena adjacent to (a) Namtsy village, (b) Yakutsk and (c) Pokrovsk

Symbols: (C1) larch forests; (C2) pine and spruce forests; (C3) wet meadows; (C4) real meadows; (C5) steppes, settled meadows and arable land; (C6) willows; (C7) wetland communities and swampy meadows; (C8) residential landscapes and sands; (C9) water bodies

Мы оценивали результаты классификации на основе общей точности классификации (OA), коэффициента Каппа, точности пользователя (UA) и точности производителя (PA). Значения OA и каппа результатов классификации алгоритмом SVM составили 88,59 % и 0,94 % соответственно, что является лучшим среди других. За исключением C3, точность для остальных типов земель была выше 85 %. Хотя точность RF классификации была приемлемой, PA и UA некоторых типов земного покрова не были идеальными. Например, PA C5 и C6 составляли 30,31 % и 58,60 %, а UA – 31,25 % и 60,15 % соответственно. PA осок и зданий по алгоритму CART составила 60,02 % и 70,25 %, UA – 64,87 % и 71,63 % соответственно. Ошибки чаще всего возникают в областях высокой неоднородности, где один или несколько классификаторов обычно выдают ошибки обобщения. Поэтому из полученных карт классификации ландшафтного покрова мы выбрали результат, полученный классификатором SVM. Классификационный растровый слой для дальнейшего использования в качестве геоботанической переменной для картографирования ландшафтов.

Исходными данными для картографирования аласных комплексов послужила медианная мозаика всех снимков Sentinel-2, позволяющая избежать сезонных колебаний значений космо-

снимков растительности аласов, приводящих к “слиянию” их с лесами, и следов лесных пожаров, которые не учитываются при медианном значении (рис. 3, а). Мы получили наиболее оптимальный результат сегментации, используя начальное число 20 (рис. 3, б). Полученный результат был векторизован, и полигоны, связанные с аласными комплексами, были выбраны вручную. Помимо аласов, на возвышенности выявлены и сельскохозяйственные угодья. Всего нами обнаружен 751 объект, отнесенный к категории алас, и 103 объекта, приуроченных к пашням.

Геоморфологические единицы, определяемые мезорельефом, идентифицировались с помощью мозаики сцен ASTER GDEM. Мозаика ЦМР предварительно обработана для сглаживания перепада высот и удаления ненужных локальных высот, которые нельзя определить, как форму мезорельефа. Для этого были использованы инструменты GRASS GIS и SAGA GIS для анализа окрестности по среднему значению окна в 5 пикселей, затем dtm-фильтр и билинейная интерполяция. По сути, мы перекомпилировали ЦМР, чтобы отбросить аномальные абсолютные высоты. Геоморфологический анализ состоял из трех этапов (рис. 3): (с) анализ с помощью *r.geomophon*, с помощью которого различаем склон между возвышенностью и пойменной террасой и с помощью порога отделяем возвышенность и пойменную террасу; (d) результат векторизации сегментации изображения для выделения аласов и пашен (е) объединение полученных результатов.

Классификация ландшафтного покрова и землепользования, сегментация изображений и анализ рельефа в совокупности определяют геоботанические и геоморфологические переменные для определения видов ландшафта и местности и их картографирования. Для этого мы выполняем оверлейную операцию пересечения, растеризации, просеивания, анализа соседства и переклассификации [7].

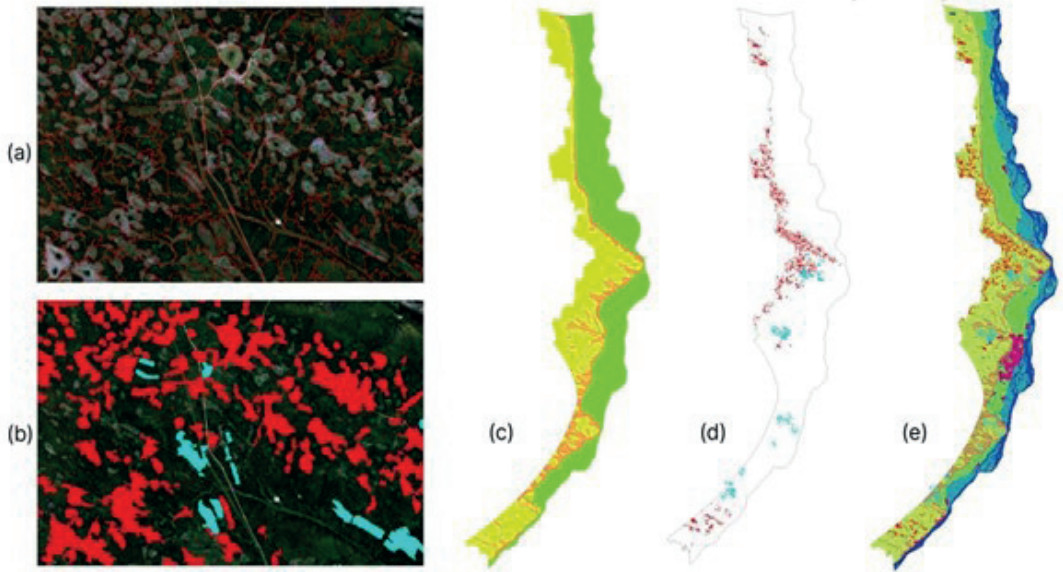


Рис. 3. Идентификация геоморфологических единиц: (а) результат сегментации изображения с помощью классификации k-средних; (б) извлечение аласов (красный цвет) и сельскохозяйственных пашен (синий цвет) (с) анализ местности по ЦМР; (d) результаты GEOBIA; (е) карта типов местности

Fig. 3. Identification of geomorphological units: (a) the result of image segmentation using k-means classification; (b) extraction of alas (red) and agricultural arable land (blue); (c) terrain analysis by DEM; (d) GEOBIA results; (e) terrain type map

Группы ландшафтов	Ландшафты	
Плакорные	1	Межаласье суглинистые с лиственничными кустарничково-зеленомошными лесами
	2	Плакоры суглинисто-супесчаные с сосновыми толокнянково-лишайниковыми лесами
	3	Плакоры суглинистые с лиственничными кустарничковыми лесами с участием березы
	4	Межаласье суглинистые возвышенности с березняками, лугами и болотами.
Аласные	5	Аласы суглинистые со степными мезофитными лугами
	6	Аласы суглинистые с заболоченными лугами и болотами
Склоновые	7	Склоны песчано-делювиально-коллювиальными с сосновыми толокнянковыми лесами
	8	Склоны суглинистые и песчаные делювиальные с лиственнично-сосновыми лесами с участием березы
	9	Пологие делювиальные склоны суглинистые с березняками и заболоченными лугами
	10	Крутые склоны делювиально-солифлюкционные с остепненными ксерофитными лугами
Долинные	11	Средние террасы аллювиальные супесчаные лиственнично-сосновые толокнянковые леса
	12	Средние террасы аллювиальные супесчаные сосновые толокнянковые леса
	13	Низкие террасы аллювиальные песчаные с березовыми и ивовыми зарослями
	14	Низкие террасы аллювиальные суглинисто-песчаные с преимущественно антропогенными степями.
	15	Низкие террасы суглинистые с мезофитными лугами
	16	Низкие террасы аллювиальные супесчано-суглинистые с заболоченными лугами и болотами
Пойменные	17	Нижние и средние поймы аллювиальные песчаные с ивняками
	18	Высокие поймы аллювиальные песчаные с березовыми лесами с участием ели
	19	Высокие и средние поймы аллювиальные супесчано-песчаные с мезофитными лугами
	20	Нижние и средние поймы аллювиальные супесчаные с заболоченными лугами и болотами.
	21	Сельскохозяйственные пашни (в том числе заброшенные с сеgetальной растительностью)
	22	Постройки и дорожное покрытие
	23	Аллювиальные пески и антропогенно нарушенные открытые почвы (карьеры)
	24	Водные поверхности

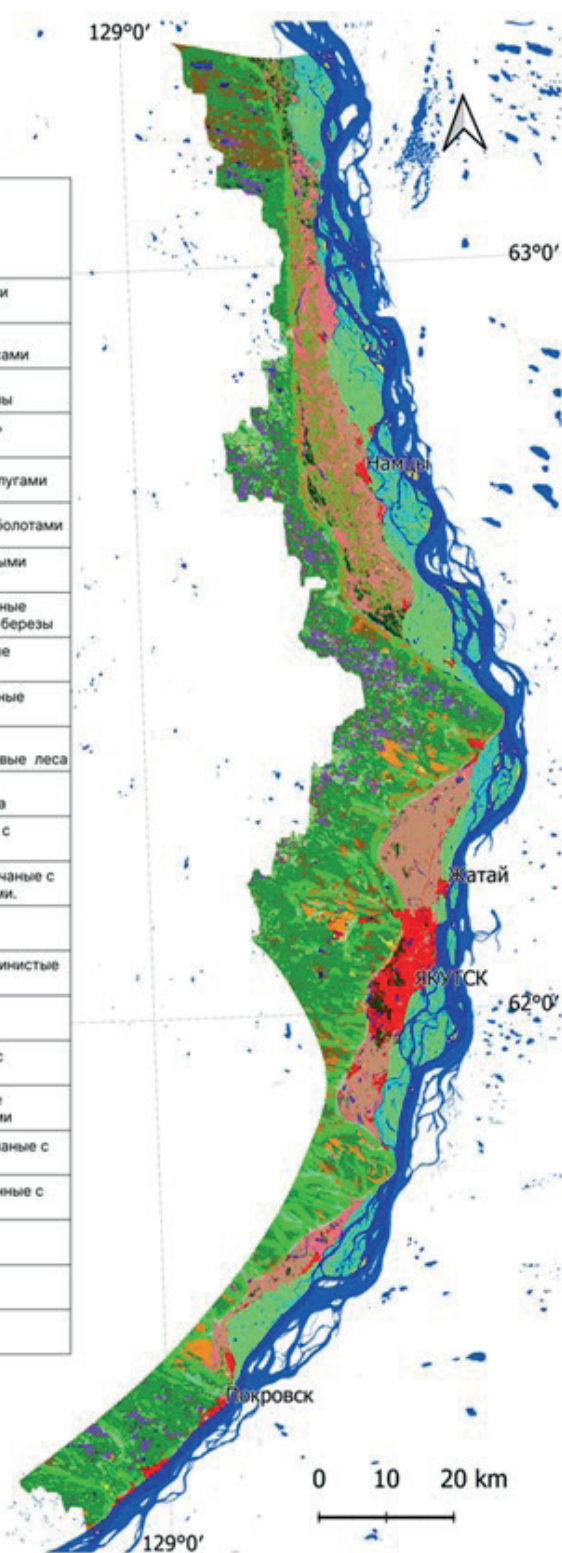


Рис. 4. Ландшафты долины Средней Лены
Fig. 4. Landscapes of the valley of the Middle Lena

Результаты и обсуждение

В результате картографирования получена ландшафтная структура долины Средней Лены по 20 видам ландшафтов и 8 типов местности, включая территории населенных пунктов и пашни (рис. 4). В табл. 1 приведено подробное описание ландшафтов с описанием деталей литологии типов местности в зависимости от растительности, литологии и мезорельефа по данным. В районе исследования распространены четыре древесных породы: лиственница (*Larix cajanderi*), сосна (*Pinus sylvestris*), береза (*Betula pendula*) и ель (*Picea obovata*). Лиственничный лес густой в сочетании с березой и кустарниками доминирующий фитоценоз на водоразделе и представлены на северной части долины “Энсиэли”. Сосна занимает более сухие участки, где имеется степная растительность, на склоне коренного берега реки Лены на хорошо дренируемых склонах южной экспозиции. Ель в классификации входит в С2 наряду с сосной как темнохвойная порода деревьев, но ель в регионе растет только в пойме, поэтому хорошо дифференцируется по типу местности. В целом виды ландшафтов определяются как части местности (один мезорельеф), но отличаются различиями в геоботанических единицах. Например, лиственничные леса выделяются как на возвышенности, так и на террасе, как и сосновые леса, но при этом их литолого-почвенный покров будет отличаться. Различия проявляются и в криогенных процессах. Например, солифлюкция характерна для безлесных участков склонов с близкой мерзлотой, поэтому на исследуемой территории, если склон имеет степной покров, то тип рельефа будет склоновый делювиально-солифлюкционный, в противном случае склоновый делювиально-коллювиальный. Два вида ландшафтов аласных комплексов выделены в зависимости от увлажнения: степные и остепненные ксерофитные луга и настоящие/заболоченные луга. Таким образом, полученная карта отражает нанесенные на карту геосистемы, которые можно определить с помощью комплексного геоинформационного моделирования.

Наиболее распространенными видами ландшафтов района исследования и имеющими большие размеры на межаласном типе рельефа являются лиственнично-кустарниково-зеленомошные леса на плакоре и межаласье, фактически занимающие почти весь водораздел, ее сукцессионная часть, как вид ландшафта, возникающий преимущественно вследствие лесных пожаров и характеризующийся развитием послепожарной сукцессии растительного покрова (лиственница и берёза). Фрагментация этого вида ландшафта очень высока, что объясняется большим количеством и пространственной дифференциацией гарей. Кроме того, водораздел сильно фрагментирован аласными комплексами.

Почти 80 % аласных комплексов приходится на водораздел долины “Энсиэли” в его южной части, меньше всего в долине “Эркээни”, что, объясняется сменой литогенной основы ландшафта, а также не включение значительной части водораздела в картографируемую территорию, но даже рассматривая снимки геосервисов можно заметить отсутствие аласных комплексов. В целом по медианным размерам сухие ксерофитные луга занимают большую территорию, чем мезофитные и гидрофитные, они сопоставимы по количеству единиц, но в то же время влажные луга уступают по общей площади почти в два раза. Этот факт указывает на аридные условия Центральной Якутии для аласных комплексов.

Таблица 1 – Характеристика ландшафтной структуры

Код на карте	Описание растительности	Описание литогенной основы
L1	Лиственничные (<i>Larix cajanderi</i>) кустарниковые леса (<i>Vaccinium vitis-idaea</i>) и зеленомошные	Лёссы межаласные супесчаные и элювиальные суглинистые

L2	Сосновые (<i>Pinus sylvestris</i>) толокнянники (<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>) леса с лиственницей (<i>Larix cajanderi</i>)	Лёссы межаласные супесчаные
L3	Лиственничные (<i>Larix cajanderi</i>) кустарничковые леса (<i>Vaccinium vitis-idaea</i>) с березой (<i>Betula pendula</i>)	Лёссы межаласные супесчаные и элювиальные суглинистые
L4	Березняки (<i>Betula pendula</i>) с заболоченными и мезолугами.	элювиальные суглинистые и делювиальные супесчаные
L5	Комплекс аласных степей и остепненных лугов	Суглинистый и супесчаный термокарстовые
L6	Комплекс аласных растительных сообществ от болот и заболоченных лугов до мезофитных лугов.	Суглинистый и супесчаный термокарстовые
L7	Сосновые (<i>Pinus sylvestris</i>) леса с дерновыми степями (<i>Stipa krylovii</i> , <i>Agropyrum cristatum</i> , <i>Festuca lenensis</i>)	Супесчаные делювиально-коллювиальные и делювиально-солифлюкционные
L8	Сосновые (<i>Pinus sylvestris</i>) и лиственничные (<i>Larix cajanderi</i>) леса с дерновыми степями (<i>Stipa krylovii</i> , <i>Agropyrum cristatum</i> , <i>Festuca lenensis</i>) и березовыми кустарниками (<i>Betula pendula</i>)	Суглинистые делювиально-коллювиальные
L9	Березняк (<i>Betula pendula</i>) с комплексом заболоченных лугов и болот (<i>Carex spp.</i> , <i>Iris setosa</i> , <i>Potamogeton spp.</i> , <i>Lemna spp.</i>)	Суглинистые делювиально-коллювиальные
L10	Дерновые (<i>Stipa krylovii</i> , <i>Agropyrum cristatum</i> , <i>Festuca lenensis</i>) степи	Супесчаные делювиально-солифлюкционные
L11	Сосново-лиственничные леса (<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Larix cajanderi</i>) с кустарниками березы (<i>Betula pendula</i>)	Супесчаные делювиально-коллювиальные
L12	Сосновые леса (<i>Pinus sylvestris</i>) со степными травянистыми лесами (<i>Koeleria seminuda</i> , <i>Pulsatilla angustifolia</i> , <i>Festuca spp.</i>) и еловыми (<i>Picea obovata</i>)	Песчаные аллювиальные
L13	Ивовые (<i>Salix pseudopentandra</i> , <i>S. bebbiana</i>) с березовыми (<i>Betula pendula</i>), лиственничными (<i>Larix cajanderi</i>), еловыми (<i>Picea obovata</i>) лесами и березовыми (<i>Betula pendula</i>), лиственничными (<i>Larix cajanderi</i>) лесами.	Песчаные аллювиальные
L14	Комплекс корневищных (<i>Carex duriuscula</i>) и дерновых (<i>Festuca lenensis</i> , <i>Koeleria cristata</i>) степей природного и антропогенного происхождения.	Песчаные аллювиальные
L15	Комплекс заболоченных лугов и болот (<i>Carex spp.</i> , <i>Iris setosa</i> , <i>Potamogeton spp.</i> , <i>Lemna spp.</i>) и комплекс мезо (<i>Polygonum aviculare</i> , <i>Potentilla anserina</i> , <i>Taraxacum ceratiforme</i>) и степных лугов (<i>Elytorgia repens</i> , <i>Carex duriuscula</i> , <i>Saussurea amara</i> , <i>Artemisia commutata</i> , <i>Hordeum brevisubulatum</i> , <i>Thalictrum simplex</i>)	Песчаные аллювиальные
L16	Комплекс заболоченных лугов и болот (<i>Carex spp.</i> , <i>Iris setosa</i> , <i>Potamogeton spp.</i> , <i>Lemna spp.</i>)	Песчаные аллювиальные

L17	Комплекс заболоченных лугов и болот (<i>Carex spp.</i> , <i>Iris setosa</i> , <i>Potamogeton spp.</i> , <i>Lemna spp.</i>) и ивовых сообществ (<i>Salix viminalis</i> , <i>S. dasyclados</i>) травянистых в сочетании с тростниковыми лугами (<i>Calamagrostis langsдорфii</i>) и ивовыми сообществами (<i>Salix viminalis</i> , <i>S. dasyclados</i>) травяной в сочетании с тростниковыми лугами (<i>Calamagrostis langsдорфii</i>)	Песчаные аллювиальные
L18	Ельники (<i>Picea obovata</i>) в сочетании с ивами (<i>S. bebbiana</i>)	Песчаные аллювиальные
L19	Степные луга (<i>Elytrigia repens</i> , <i>Carex duriuscula</i> , <i>Artemisia commutata</i> , <i>Hordeum brevisubulatum</i> , <i>Thalictrum simplex</i>) с настоящими лугами (<i>Hordeum brevisubulatum</i> , <i>Thalictrum simplex</i> , <i>Geranium pratense</i>)	Песчаные аллювиальные
L20	Заболоченные тростниковые луга (<i>Calamagrostis langsдорфii</i>) в сочетании с заболоченными осоковыми лугами и болотами.	Песчаные аллювиальные

Сосновые леса распространены на большей части склонов между возвышенностью и террасой. По количеству пикселей на надпойменной террасе больше всего их в долине “Туймаада” и “Энсиэли”. На склоне также распространены степи, характерные для крутых склонов южной и юго-восточной экспозиции и более распространенные в Якутске, что, возможно, связано с антропогенной нагрузкой. В целом антропогенная нагрузка играет значительную роль в распространении террасных ландшафтов. Выпас скота, сенокос и другая деятельность человека являются основным фактором возникновения и распространения степей и остепненных лугов. Степень остепнённости террасовых и пойменных типов ландшафтов может служить важным индикатором изменения антропогенной нагрузки, роста городов и развития сельского хозяйства. Более 50 % площади корневищных и дерновинных степей приходится на долину “Эркээни”.

Луга и водно-болотные угодья на низких террасах являются наиболее “фрагментированными” типами ландшафтов в районе исследования. Влажные луга на низкой террасе приурочены к локальным понижениям (мочажинам) и старицам, иногда в местах активизации термокарстовых процессов.

Для пойменных ландшафтов, где нет криолитозоны, характерно распространение четырех видов ландшафтов (код на карте L17, L18, L19 и L20). В пойме преобладают ивняковые сообщества и заболоченные луга с болотами. Остепненные луга занимают до 8 % территории долины “Энсиэли” и “Эркээни”. Остепненные и степные луга поймы высокопродуктивны и используются как пашни и сенокосные угодья, что получило отражение в спектральной характеристике, отнесшей их к СЗ.

В целом по мезорельефу преобладают виды ландшафтов: в водоразделе L1; на аласных комплексах L6; на склоне L8; на террасе L14; на пойме L19. По составу доминирующих типов ландшафта можно судить, что склоны, аласы, террасы, в том числе пойменные, на большей части своей территории испытывают недостаток влаги, а в условиях изменения климата в котором сценарные прогнозы предполагают рост температур при практически неизменности количества осадков [12] можно предположить, что более засушливые типы ландшафтов имеют тенденцию к расширению.

Несмотря на значительные размеры долины “Энсиэли” по L9 и L10, уступает двум остальным долинам. Этот факт объясняется двумя факторами: 1) почти все склоны долины “Энсиэли” имеют северную, восточную и северо-восточную экспозицию и, соответственно, получают меньше солнечной радиации. Северное расположение, исходя из климатических данных, объясняет относительно более высокий уровень влажности и холодных температур, разница среднегодовых температур Якутска и Батамая составляет более 1°C.

Пахотные земли на возвышенности более характерны для долины “Туймаада” и “Эркээни”. Большая часть пахотных земель возникла еще в “советское” время, но, в настоящее время, многие из них не используются по назначению, из-за чего на них развиваются термокарстовые

процессы. На террасе и пойме реки Лены имеются пашни, но их выбор будет достаточно условным и во многом может быть неточным.

Заключение

Работа посвящена геоинформационному картографированию и анализу ландшафтной структуры долины Средней Лены в рамках бассейнового комплекса и одной ландшафтной провинции. Полученная карта представляет 20 видов плакорных и межлассных, аласных склоновых, надпойменных и пойменных ландшафтов. Расчет морфометрических показателей позволил выявить различия в размещении ландшафтов в трех муниципальных районах: Якутского (долина «Туймаада»), Намского улуса (долина «Энсиэли») и Хангаласского улуса (долина «Эркээни»). В целом наиболее антропогенно нарушенной является часть, принадлежащая Якутску, где почти 80 % террасы принадлежит либо постройкам, либо корневищным и дерновинным степям антропогенного происхождения. Намский район более влажный и, соответственно, меньшую площадь занимают степи. Прослеживается четкая тенденция изменения состава видов лесных ландшафтов по широтному климатическому градиенту.

Литература

1. Николаев, В.А. Проблемы регионального ландшафтоведения / В.А. Николаев – Москва : Издательство Московского университета 1979. – 160 с – Текст: непосредственный.
2. Гнатыук, Г.А. К вопросу о формировании Якутской городской агломерации / Г.А. Гнатыук, Ж.Ф. Дегтева, В.Ю. Кузин. – Текст: непосредственный // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. – 2023 – № 3. – С. 65-72.
3. Гродзинский, М.Д. Устойчивость геосистем: теоретический подход к анализу и методы количественной оценки / М.Д. Гродзинский. – Текст: непосредственный // Известия АН СССР. Серия географическая – 1987. – № 6. – С. 5-15.
4. Мерзлотно-ландшафтная карта Республики Саха (Якутия). Масштаб 1: 1 500 000 / А.Н. Федоров, Я.И. Торговкин, А.А. Шестакова [и др.]; главный редактор М.Н. Железняк. – Якутск: – ИМЗ СО РАН, 2018. – 2 с. – Текст: непосредственный.
5. Карта четвертичных отложений: Р-52, 53 (Якутск): Государственная геологическая карта Российской Федерации (Новая серия). Карта четвертичных образований, масштаб: 1:1000000, составлена: ФГБУ «ВСЕГЕИ» / редактор: Натапов Л.М. – 1998 г.
6. Linke, S. Global hydro-environmental sub-basin and river reach characteristics at high spatial resolution / S. Linke, B. Lehner, C.O. Dallaire [et al.] // Sci Data 6, 283, 2019.
7. Gadal, S. Alas Landscape Modelling by Remote Sensing Image Analysis and Geographic Ontology: Study Case of Central Yakutia (Russia) / S. Gadal, M. Zakharov, J. Kamičaitytė and Y. Danilov. – Text : unmediated // In Proceedings of the 6th International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management – GISTAM, pp. 112-118.
8. Mirkin, B. The floodplain grasslands of the Middle Lena-river. I. General characteristic and ordination. / B. Mirkin, K. Kononov, P. Gogoleva, E. Burtseva, & L. Naumova. – Text: unmediated. // Folia geobot. phytotax. 27, 1992, – P.225–245.
9. Основные особенности растительного покрова Якутской АССР / Андреев В., Галактионова Т., Перфильева В., Щербаков И. – Якутск : ЯФ СО АН СССР, 1987. – 156 с. – Текст: непосредственный.
10. Desyatkin, A. Landscape Microzones within Thermokarst Depressions of Central Yakutia under Present Climatic Conditions / A. Desyatkin, F. Takakai, & M. Nikolaeva // Geosciences 2018, 8, 439 p. – Text : unmediated.
11. Правкин, С.А. Рельеф, строение и возраст четвертичных отложений долины р. Лены в Якутской излучине / С.А. Правкин, Д.Ю. Большаков, О.А. Поморцев, [и др.] – Текст: непосредственный // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. – 2018. – Т. 63. – Вып. 2. – С. 209-229.
12. Kirillina, K. Climate change impacts the state of winter roads connecting indigenous communities: Case study of Sakha (Yakutia) Republic / K. Kirillina, N. Tananaev, A. Savvinova, V. Lobanov, A. Fedorova, A. Borisov – Text : unmediated // Climate Services, Volume 30, 2023, 100356

References

1. Nikolaev, V.A. Problemy regional'nogo landshaftovedeniya / V.A. Nikolaev – Moskva: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta 1979. – 160 s – Tekst: neposredstvennyj.
2. Gnatjuk, G.A. K voprosu o formirovanii Jakutskoj gorodskoj aglomeracii. /G.A. Gnatjuk, Zh.F. Degteva, V.Ju. Kuzin. – Tekst: neposredstvennyj // Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M.K. Ammosova. 2023 – № 3 S. 65-72.
3. Grodzinskij, M.D. Ustojchivost' geosistem: teoreticheskij podhod k analizu i metody kolichestvennoj ocenki / M.D. Grodzinskij. – Tekst: neposredstvennyj // Izvestija AN SSSR. Serija geograficheskaja – 1987. – № 6. – S. 5-15.
4. Merzlotno-landshaftnaja karta Respubliki Saha (Jakutija). Masshtab 1: 1 500 000 / A.N. Fedorov, Ja.I. Torgovkin, A.A. Shestakova [i dr.]; glavnyj redaktor M.N. Zheleznyak – Jakutsk: IMZ SO RAN, 2018. – 2 s. – Tekst: neposredstvennyj.
5. Karta chetvertichnyh otlozhenij: P-52, 53 (Jakutsk): Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii (Novaja serija). Karta chetvertichnyh obrazovanij, masshtab: 1:1000000, sostavlena: FGBU «VSEGEI» / redaktor: Natapov L.M. – 1998 g.
6. Linke, S. Global hydro-environmental sub-basin and river reach characteristics at high spatial resolution / S. Linke, B. Lehner, C.O. Dallaire [et al.] // Sci Data 6, 283, 2019.
7. Gadal, S. Alas Landscape Modelling by Remote Sensing Image Analysis and Geographic Ontology: Study Case of Central Yakutia (Russia) / S. Gadal, M. Zakharov, J. Kamičaitytė and Y. Danilov. – Text : unmediated // In Proceedings of the 6th International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management – GISTAM, pp. 112-118.
8. Mirkin, B. The floodplain grasslands of the Middle Lena-river. I. General characteristic and ordination. / B. Mirkin, K. Kononov, P. Gogoleva, E. Burtseva, & L. Naumova. – Text: unmediated. // Folia geobot. phytotax. 27, 1992, – P.225–245.
9. Osnovnye osobennosti rastitel'nogo pokrova Jakutskoj ASSR / Andreev V., Galaktionova T., Perfil'eva V., Shherbakov I. – Jakutsk: JaF SO AN SSSR, 1987. – 156 c. – Tekst: neposredstvennyj.
10. Desyatkin, A. Landscape Microzones within Thermokarst Depressions of Central Yakutia under Present Climatic Conditions / A. Desyatkin, F. Takakai, & M. Nikolaeva // Geosciences 2018, 8, 439 p. – Text : unmediated.
11. Pravkin, S.A. Rel'ef, stroenie i vozrast chetvertichnyh otlozhenij doliny r. Leny v Jakutskoj izluchine / S.A. Pravkin, D.Ju. Bol'shijanov, O.A. Pomorcev, [i dr.] – Tekst: neposredstvennyj // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Nauki o Zemle. 2018. T. 63. Vyp. 2. S. 209–229.
12. Kirillina, K. Climate change impacts the state of winter roads connecting indigenous communities: Case study of Sakha (Yakutia) Republic / K. Kirillina, N. Tananaev, A. Savvinova, V. Lobanov, A. Fedorova, A. Borisov – Text : unmediated // Climate Services, Volume 30, 2023, 100356

Сведения об авторах

ЗАХАРОВ Моисей Иванович – к.г.н., PhD, доцент эколого-географического отделения, старший научный сотрудник лаборатории климата и северных экосистем СВФУ, e-mail.ru: mi.zakharov@s-vfu.ru

ZAKHAROV Moisei Ivanovich – Candidate of Geographic Sciences, PhD, Associate Professor of the Department of Ecology and Geography and Senior Researcher at the Laboratory of Climate and Northern Ecosystems, Insitute of Natural Sciences, Ammosov North-Eastern FU

ЧЕРОСОВ Михаил Михайлович – д.б.н., и.о. директора Якутского научно-исследовательского института сельского хозяйства СО РАН, e-mail.ru: cherosov@mail.ru

CHEROSOV Mikhail Mikhailovich – Doctor of Biological Sciences, Acting Director of the Yakut Scientific Research Institute of Agriculture SB RAS, e-mail.ru: cherosov@mail.ru

ГАДАЛЬ Себастьян – проф. Университета Экс-Марсель, e-mail.ru: sebastien.gadal@univ-amu.fr

GADAL Sébastien – Full Professor, Habilitation Doctor, Aix-Marseille University, e-mail.ru: sebastien.gadal@univ-amu.fr

ТРОЕВА Елена Ивановна – к.б.н., с.н.с. Института биологических проблем криолитозоны СО РАН,
e-mail.ru: troeva.e@gmail.com

TROEVA Elena Ivanovna – Candidate of Biological Sciences, sns. Institute of Biological Problems of the
Cryolithozone SB RAS, e-mail.ru: troeva.e@gmail.com

Л.С. Пахомова

СВФУ им. М.К.Аммосова, Якутск, Россия

e-mail: lsp0803@mail.ru

МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОБАЛАНСОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГОРИЙ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ

Аннотация. В статье раскрывается деятельность геокриологического стационара «Золотинка» в Южной Якутии, одной из экспедиций БАМ Института мерзлотоведения СО АН СССР. Актуальность статьи приурочена к 95-летию со дня рождения Марии Кузьминичны Гавриловой – учёного-климатолога, мерзлотоведа, известного в российской и мировой науке, доктора географических наук, профессора, заслуженного деятеля науки Российской Федерации и Республики Саха (Якутии), академика Академии наук Республики Саха (Якутии), Российской академии естественных наук, Международной Академии Северного Форума, Нью-Йоркской академии наук [1].

Экспедиции БАМ Института мерзлотоведения были объединены общей научно-исследовательской темой «Прогноз эволюции криолитозоны при освоении территории, прилегающей к трассе БАМ» для прогнозирования состояния геокриологических условий и составления практических рекомендаций при строительстве инженерных сооружений в посёлках, станциях и на дорогах в зоне Малого БАМ [2].

В разных природных условиях, на ландшафтах предгорий Станового хребта Южной Якутии (долинах, водоразделах, также на склонах разных экспозиций) формируются особенные мерзлотные условия, связанные с закономерностями теплообмена верхние слои земной коры – земная поверхность – атмосфера [2]. Для выявления мерзлотных, микроклиматических и теплобалансовых условий в среднегорьях Южной Якутии, на территории с. Иенгра Нерюнгринского горсовета, 1 сентября 1975 года был организован геокриологический стационар «Золотинка» под руководством к.г.н. М.К. Гавриловой. Круглогодичный стационар провел три полных цикла микроклиматических и теплобалансовых исследований с 1975-1978 гг. Ретроспективный подход к теме экспедиции БАМ, организованной Институтом мерзлотоведения дал возможность в данной статье подробно ознакомить и обобщить научно-организационную деятельность М.К. Гавриловой по работе геокриологического стационара «Золотинка» в 1975-1978 гг.

Ключевые слова: Малый БАМ, Институт мерзлотоведения СО РАН геокриологический стационар, микроклиматические методы, теплобалансовые методы, среднегорья, Южная Якутия.

L.S. Pakhomova

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

e-mail: lsp0803@mail.ru

MICROCLIMATIC AND THERMAL BALANCE STUDIES IN THE NATURAL CONDITIONS OF THE MIDDLE CATEGORIES OF SOUTH YAKUTIA

Abstract. The article reveals the activities of the Zolotinka geocryological station in South Yakutia, one of the BAM expeditions of the Institute of Permafrost, USSR Academy of Sciences. Relevance. The article is dedicated to the 95th anniversary of the birth of Maria Gavrilova, a climatologist, permafrost scientist, famous in Russian and world science, Doctor of Geographical Sciences, professor, Honored Scientist of the Russian Federation and the Republic of Sakha (Yakutia), academician of the Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia), the Russian Academy of Natural Sciences [1].

The BAM expeditions of the Institute of Permafrost were united by a common research topic “Prediction of the evolution of the cryolithozone in the development of the territory adjacent to the BAM railway” to predict

the state of geocryological conditions and make practical recommendations for the construction of engineering structures in settlements, stations and roads in the Maly BAM zone [2].

In different natural conditions, landscapes of the foothills of the Stanovoi Ridge of South Yakutia (valleys, watersheds, as well as on the slopes of different exposures), special permafrost conditions are formed associated with the patterns of heat exchange of the upper layers of the earth's crust – the earth's surface – the atmosphere [2]. To identify permafrost, microclimatic and thermal balance conditions in the midlands of South Yakutia, on the territory of the village of Iengra of the Neryungrinsky City Council, on September 1, 1975, the Zolotinka geocryological station was organized under the leadership of Dr. Gavrilova. The year-round station conducted three full cycles of microclimatic and thermal balance studies from 1975-1978. A retrospective approach to the topic of the BAM expedition organized by the Institute of Permafrost made it possible in this article to familiarize and summarize in detail the scientific and organizational activities of Maria Gavrilova on the work of the Zolotinka geocryological station in 1975-1978.

Keywords: Maly BAM, Institute of Permafrost SB RAS geocryological station, microclimatic methods, thermal balance methods, srednegorye, South Yakutia.

Введение

Во второй половине XX века крупномасштабной стройкой СССР считается Байкало-Амурская магистраль (БАМ) и ее северная ветвь – Малый БАМ в Южной Якутии. По трассе будущей железнодорожной Байкало-Амурской магистрали проводились геолого-геокриологические изыскательские исследования мерзлотоведов в некоторых районах Забайкалья, на территории Бурятии, Иркутской, Читинской и Амурской областей, но без слова «БАМ». Строительство железнодорожной трассы Малого БАМа по территории Якутии началось без предварительных геокриологических исследований. И тогда Институт мерзлотоведения АН СССР организовал две экспедиции по исследованию геокриологических условий Амурской области и Южной Якутии. Экспедиции БАМ ИМЗ были объединены общей темой исследований «Прогноз эволюции криолитозоны при освоении территории, прилегающей к трассе БАМ» т.е. под строительство посёлков, станций, дорог и т.д. Под научным руководством И.А. Некрасова были организованы две экспедиции БАМ Института мерзлотоведения СО АН СССР – Западная (нач. Л.Н. Соловьев) и Восточная (нач. С.И. Заболотник). Каждая экспедиция имела несколько отрядов. Восточная экспедиция была представлена отрядами в Амурской области, где действовали стационар «Турана» в горной местности (нач. отряда З.Г. Сорокина) и стационар у Зейского водохранилища (нач. отряда Н.И. Шендер). В Южной Якутии был организован стационар «Золотинка» (нач. отряда М.К. Гаврилова) [2].

Цель исследования

Выявление микроклиматических и теплобалансовых особенностей в различных природных условиях среднегорий Южной Якутии на примере геокриологического стационара «Золотинка».

Материал и методы исследования

В работе использованы ретроспективные методы, рассмотрены полевые материалы, собранные и обобщенные в 1975-1978 гг. Стационарные методы позволили проводить и обобщить полевые материалы микроклиматических и теплобалансовых исследований. Сравнительный метод использован для выявления микроклиматических особенностей 13 площадок на склонах разных экспозиций. Маршрутные методы исследований применялись на площадках Большой и Малой сопки, на которых в зимнее время наблюдения проводились с использованием самописцев в метеорологических будках, с заменой лент с периодичностью 5 дней. Материалы микроклиматических и теплобалансовых исследований геокриологического стационара «Золотинка» за три круглогодичных цикла полностью обобщены в научных отчетах экспедиции БАМ Института мерзлотоведения. Подготовлены отчеты экспедиции БАМ Золотинского стационара за 1975-1978 годы, которые хранятся в фондовых материалах Института мерзлотоведения СО РАН.

Под научным руководством М.К. Гавриловой были подготовлены дипломные работы студентов кафедры географии Якутского госуниверситета, которые вели наблюдения в 1976-1977 гг. Н.И. Пахомов выполнил работу по теме «Теплобалансовые исследования в различных природных условиях Южной Якутии», Л.С. Пахомова по теме «Микроклиматические особенности в различных природных условиях Южной Якутии». Материалы рукописи дипломной работы использованы в основе данной статьи.



Рис. 1. Гаврилова М.К.

Fig. 1 Gavrilova M.K.

Мария Кузьминична Гаврилова (7.12.1928-6.11.2010), выдающийся географ-климатолог, мерзлотовед, доктор географических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации и Республики Саха (Якутии), академик Академии наук Республики Саха (Якутии), Российской академии естественных наук, Международной Академии Северного Форума, Нью-Йоркской академии наук, почетный работник гидрометеослужбы России, почетный член Русского географического общества. В 1985 г. ей вручена золотая медаль РГО им. полярного исследователя Ф.П. Литке. За всю 135-летнюю историю присуждения этой медали, М.К. Гаврилова оказалась первой и пока единственной женщиной, удостоенной данной награды.

Мария Кузьминична была занята и общественной работой. В течение 30 лет состояла в составе Ученого совета Якутского филиала РГО. Была редактором журнала «Вопросы географии Якутии», председателем Якутского отделения Академии естественных наук РФ, также членом Общественного консультативного совета при Президенте Республики Саха (Якутия). Под её руководством в 2007 г. опубликована коллективная монография «Районирование (зонирование) Севера Российской Федерации», одобренная Госдумой РФ [4]. М.К. Гаврилова – инициатор создания памятного мемориала полярным исследователям Василию и Татьяне Прончищевым, погибшим в Усть-Оленьке во имя российской науки (мемориал установлен в 1986 году).

Мария Кузьминична несколько лет вела педагогическую работу. Состояла в составе государственной аттестационной комиссии и читала лекции на кафедре географии Якутского госуниверситета. По материалам лекций издано учебное пособие «Климаты холодных регионов Земли» для высшей школы [1, 3].

Результаты исследования и обсуждение

Общие сведения о районе исследования.

Стационар «Золотинка» был основан в окрестностях с. Иенгра в Южной Якутии. Село Иенгра основано в 1926 г. в составе Золотинского наслега Алданского округа. Со временем в результате изменения административно-территориального деления с. Иенгра стало числиться в составе Золотинского сельсовета. С 1977 г. село стало центром Иенгринского сельсовета, подчиненного администрации Нерюнгринского городского совета [5]. Иенгра имеет очень выгодное географическое положение. Через село (бывшее название Золотинка, также Старая Золотинка) проходит автомобильная трасса АЯМ (Амуро-Якутская магистраль), которая была построена в 30-х гг. XX в. [2].

Село раскинулось на обоих берегах р. Иенгра, но основная часть занимает левобережье и находится на 890 км автомагистрали АЯМ, в 73 км к югу от г. Нерюнгри. Примерно в трех километрах восточнее с. Иенгра тогда строился Малый БАМ «Тында-Беркакит-Нерюнгри» (рис. 2) [6].

Слово «Иенгра» с эвенкийского переводится как «ветвистые рога». На правом берегу р. Иенгра высится красивая гора Спящая красавица [7]. Традиционное занятие жителей с. Иенгра

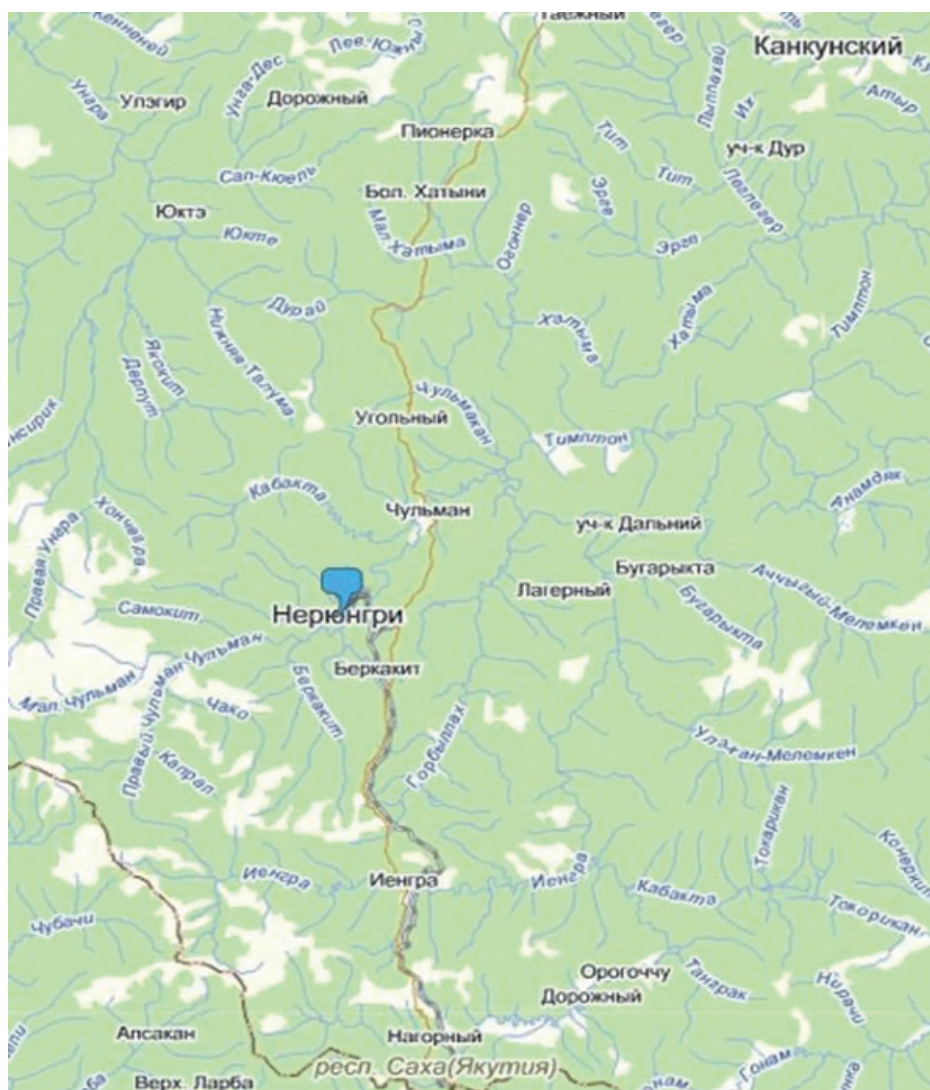


Рис. 2. Село Иенгра и поселок Золотинка

Fig. 2. The village of Iengra and the settlement of Zolotinka

– оленеводство и охота. Оленеводы кочуют по притокам р. Тимптон – Горбыллах, Кабакта, Улахан Мелемкен, Аччыгый Мелемкен, Гыным и Гомам и др. Тогда был совхоз «Иенгринский», многие жители были заняты на звероводческой ферме, где занимались клеточным разведением серебристо-чернобурых лисиц.

В 1975-1978 гг. в селе была средняя общеобразовательная школа-интернат для детей оленеводов, детский сад, медпункт, больница, столовая АЯМ, клуб и библиотека, недалеко было временное поселение Мостоотряда. Историческим событием стало прибытие первого поезда 2 ноября 1976 г. на границу Амурской области и Якутской АССР на разъезде «Якутский» и жители принимали активное участие на открытии.

Физико-географический обзор района исследования.

Трасса Малого БАМа проходит в сложных физико-географических условиях среднегорий Станового хребта и Алданского нагорья. В различных местоположениях (долины, водоразделы), а также на склонах разных экспозиций формируются особенные мерзлотные условия, связанные с закономерностями теплообмена: верхние слои земной коры – земная поверхность –

атмосфера. Иными словами, особенности температурного режима или сезонного промерзания – протаивания грунтов зависят от микроклиматических и теплобалансовых режимов в каждом из местоположений или в каждой естественной природной обстановке. Нарушения в установившемся тепловом режиме в естественных условиях вносит хозяйственная деятельность человека – вырубка, раскорчёвка, снятие напочвенного покрова при прокладке автомобильных дорог и железнодорожной трассы, строительстве и других работах [12].

Рельеф. Предгорья Станового хребта относятся к стране гор Южной Сибири. Рельеф состоит из ряда горных хребтов, плоскогорий, горных впадин со сложной геологической историей и разнообразным геоморфологическим строением. Большая часть Южной Якутии занята Алданским нагорьем с преобладающими высотами 700 – 1200 м, с максимальной высотой до 2246 м. На Алданском нагорье простираются хребты Алдано-Учурский, Западные Янги, Суннагын, значительную часть занимает Сутамское плато высотой 1000 – 1300 м. Далее вытянут Сутамо – Гонамский хребет с максимальной высотой 1700 м. Восточнее Алдано – Учурского хребта расположено Гонамское плато с абсолютными высотами 700-800 м. Плато расчленено р. Гыным, Гонам и их притоками. На южной окраине нагорья – Чульманское плато [9].

Территория относится к Становой среднегорной провинции, где распространены плосковершинные типы местности, распространены приводораздельные выровненные участки предгорий восточной части Станового хребта. Распространены разреженные заросли кедрового стланика и лиственничные редколесья. Литологический материал грунтов – глыбово-щебнистый с песчаным, супесчаным и суглинистым заполнителем [8]. Северные склоны Станового хребта окаймляют Южную Якутию с юга. В пределах Якутии главная цепь хребта заходит северным склоном, который тянется между реками Олёкма и Тимптон до озера Большое Токо со средними высотами 1500-1600 м. Простирается система гор с участками плоскогорий и низкогорий. Гольцы имеют куполовидные и плосковершинные поверхности. Широко развиты курумы, нагорные террасы, также встречаются останцы причудливых форм. В отрогах северного склона Станового хребта выделяется кряж Зверева (назван в честь геолога В.Н. Зверева). Он протянулся с запада на восток до р. Алдан, длиной до 100 км, шириной до 15-20 км, максимальная высота 2007 м. Город Нерюнгри расположен в его пределах. У подножья лиственничное редколесье, с высоты 1400-1600 горная тундра с разреженными зарослями кедрового стланика с лишайниковым покровом и гольцы. Горы (сопки) шапкообразной формы, без больших заострений. В северных предгорьях Станового хребта на западной окраине среднегорная местность с абсолютными высотами 800 – 900 м, откуда берут начало реки Алдан и Тимптон [9].

На северных склонах Станового хребта, примерно в 80 км от истока р. Иенгра, на её левом берегу была выбрана территория стационара на ручье Волховский между Большой сопкой и Малой Сопкой, слева от трассы АЯМ (рис. 3). Достопримечательностью местности является г. Спящая красавица на правом берегу р. Иенгра, с абсолютной высотой 851 м, где хорошо прослеживается высотная поясность [12].

Климат территории характеризуется как умеренно континентальный – с относительно мягкой зимой, прохладным и дождливым летом. Зима продолжительная (7-7,5 месяцев), холодная, малоснежная. В это время года всю территорию республики заполняет отрог Сибирского антициклона, в котором формируются воздушные массы с очень низкими температурами в приземном слое ($-40^{\circ}\text{C}/-50^{\circ}\text{C}$), большими сезонными и суточными колебаниями температур. Годовая амплитуда составляет примерно 53°C . Средняя температура зимой составляет $-30^{\circ}\text{C}/-32^{\circ}\text{C}$. Сильное выхолаживание, слабые ветра и штили вызывают явление температурной инверсии. Разность температур таких участков на 100 м составляет 3°C .

Лето короткое, умеренно теплое, дождливое. В этот период времени формируется наибольшая облачность и выпадение осадков. На климат Южной Якутии также влияют южные циклоны Прибайкалья и Монголии. В эти дни температура поднимается до $+34^{\circ}\text{C}/+38^{\circ}\text{C}$. При вторжении арктических воздушных масс средняя суточная температура может опускаться ниже



Рис. 3. Село Иенгра в предгорьях Станового хребта. Вид на АЯМ, гору Спящая красавица и на р. Иенгра, в 1976 г.

Fig. 3. The village of Iengra in the foothills of the Stanovoi ridge. View of AYAM, Sleeping Beauty Mountain and the Iengra River in 1976

+10°C. Средняя температура летом составляет +17°C/ +19°C [6]. Значительное потепление бывает при «восточном процессе» со стороны морей Тихого океана, который вызывает приток теплого воздуха и осадки. 60-80 % осадков выпадает в летнее время, среднегодовое количество осадков в пределах 600 мм и более. Снежный покров устанавливается в конце сентября и в начале октября, высота за год достигает 40 – 90 см.

Реки и озера. На северных отрогах Станового хребта берут начало реки Алдан и Тимптон. Реки глубоко врезаются в поверхности выравнивания и имеют до 4 – 8 аккумулятивных и цокольных террас. Река Тимптон – правый приток Алдана (640 км), принимает 85 притоков длиной более 10 км. В бассейне р. Тимптон около 6700 км водотоков, свыше 1300 озер. Правые притоки р. Тимптон – Кабакта, Улахан Мелемкен, Аччыгый Мелемкен, Гыным и Гонам и др. Левые притоки Тимптона – Чульмакан, Чульман, Ыллымах, Горбыллах, Беркакит, Чульман, Хатыма, Иенгра, и др. Большинство имеют горный характер. Им характерны большие скорости течения, резкие колебания уровня воды, множество порогов, перекатов, шивер. Воды этих рек богаты ценными видами рыб: таймень, сиг, ленок, хариус.

Река Иенгра берет начало с северных предгорий Станового хребта. Имеет длину 148 км, площадь бассейна – 1,8 кв. км. Иенгра впадает левым притоком в р. Тимптон на её 472 км от устья. Иенгра, как и Тимптон вскрывается в первой половине мая, замерзает в середине октября. Местами перемерзает, повсюду распространены наледи [10]. Ручьи Волховский, Ушканьи Уши, Золотинка и др. впадают в р. Иенгра слева, на этих ручьях распространены наледи, которые к концу августа растаивают и с октября начинают новый цикл формирования. Ручей Волховский длиной 6 км протекает между Большой и Малой сопками в направлении с северо-востока на юго-запад и впадает в р. Иенгра [12].

Мерзлота. Юг Якутия относится к стране гор Южной Сибири, к III группе провинций с преобладанием горно-редколесных и подгольцовых природных комплексов сплошного и прерывистого распространения многолетнемерзлых пород (ММП): Становая среднегорная и Тимптоно-Учурская среднегорная [11]. В пределах Южной Якутии, в предгорьях Станового хребта, многолетняя мерзлота имеет островное распространение и занимает 50–60 % территории, а мощность ее лишь на отдельных участках долин превышает 100 м. Многолетнемерзлые породы отсутствуют на некоторых плоских водораздельных пространствах. Мощность рыхлых отложений, находящихся в многомерзлотном состоянии, как правило, не превышает 5–7 м. Они

представлены делювиальными, коллювиальными отложениями в нижних частях склонов и аллювием – в долинах. Объемная льдистость отложений достигает 40–60 %. Распространение многолетнемерзлых пород обусловлено общими суровыми микроклиматическими условиями, отсутствием инфильтрации, малоснежностью, сильной затененностью склонов друг другом, характером растительности и температурной инверсией. Глубина зимнего промерзания, как и оттаивания, различна и зависит от состава растительности, литологического состава грунтов, их влажности, рельефа, абсолютной высоты местности. В связи с этим величина протаивания грунтов колеблется от 0,3–0,5 м на заболоченных участках с мощным слоем мохового покрова. К криогенным явлениям относятся широко распространенная в исследуемом районе трещиноватость поверхности грунта, а также пучение грунтов, торфяные бугры. Часто встречаются наледи в долинах рек и ручьев [6].

Почвенный покров. Наиболее распространенными типами почв являются мерзлотные подзолистые, мерзлотные болотные и мерзлотные таежные. Горные условия территории способствовали образованию горных, маломощных, грубых по механическому составу почв, с укороченным почвенным профилем (25–70 см), с большой щебнистостью и каменистостью всех генетических горизонтов, так как формирование их протекало в условиях расчлененного горного рельефа на грубообломочных продуктах выветривания твердых пород.

Растительный и животный мир. По общему типу растительности Южная Якутия входит в подзону средней тайги. Горный характер рельефа обусловил вертикальную зональность в формировании растительного покрова территории, для которой характерны быстрые смены в пространстве разных группировок и типов растительности. Пониженная часть территории (650–900 м) занята горными среднетаежными лесами. Основные лесообразующие породы – лиственница, сосна, ель, пихта. Подлесок состоит из рябины, крупных ив, ольховника, березы кустарниковой, кедрового стланика. Мощность мохового и лишайникового ковров достигает 20–25 см. Богато представлены кустарнички и травы. Выше 900–1200 м расположен редкостойный горный лесотундровый лес, который по своей структуре однообразен. Между низким разреженным древостоем из лиственницы возвышаются кусты кедрового стланика и сплошные заросли березы кустарниковой. Выше границы лесной растительности господствуют заросли подгольцовых кустарников, а еще выше – горные тундры. Чаше всего встречаются осоково-разнотравная горная тундра с пестрым растительным покровом. Голые каменные вершины покрыты накипными лишайниками.

Фауна богата и разнообразна. Это обусловлено многообразием условий жизни, древностью и сложностью ее формирования. Всего в южно-якутской тайге обитает более 250 видов наземных позвоночных животных. Из млекопитающих – 50 видов, 46 из которых относятся к аборигенам Восточной Сибири и Дальнего Востока. Два вида (ондатра и американская норка) акклиматизированы с хозяйственными целями, а два других – домовая мышь и серая крыса попали на территорию в результате непреднамеренного переселения. Из всего многообразия животного мира тайги трудно выделить чисто таежные виды, т.к. большинство зверей, и многие птицы являются обитателями лесов всех типов и принадлежат к фауне лесной зоны (лось, медведь, дикий олень, изюбр, белка летяга) [6].

Результаты и обсуждение

Обоснованием организации геокриологического стационара «Золотинка» в Южной Якутии стал предыдущий опыт полевых микроклиматических и наледных круглогодичных наблюдений в Центральной Якутии и Восточной Якутии, организованных Институтом мерзлотоведения. В 1964–1965 гг. на наледи Улахан-Тарын на границе Мегино-Кангаласского и Орджоникидзево-го района (ныне Хангаласский улус), начала свои исследования лаборатория инженерного мерзлотоведения (рук. О.Н. Толстихин) и стационар «Газопровод-13», недалеко от Якутска, за Маганом [2]. На этих стационарах М.К. Гаврилова организовала теплобалансовые и микроклиматические наблюдения.

Лаборатория подземных ИМЗ имела гидрогеологический стационар в Южной Якутии, который находился в районе с. Иенгра на р. Волховском. На базе этого стационара М.К. Гавриловой было рекомендовано организовать круглогодичный геокриологический стационар «Золотинка» в условиях среднегорий Южной Якутии [2]. Для организации стационара у нее был достаточный научный и полевой опыт.

С 1 сентября 1975 года начались организационные работы по установке площадок стационара «Золотинка» при непосредственном присутствии М.К. Гавриловой. Она отметила местоположение площадок и установила оборудование для метеорологических, актинометрических и теплосбалансовых исследований. При этом ей помогли жители села Иенгра, они развозили метеобудки на оленях по всем 13 площадкам базы, Большой сопки и Малой сопки.

Стационар был зарегистрирован в Якутской Гидрометслужбе. Помогли приборами, записными книжками, дали две единицы наблюдателей. Через Читинские мастерские были заказаны 22 метеобудки: 11 широких для самописцев и 11 психрометрических. Мария Кузьминична сама проверила все оборудование (рис.4) и уже 1 октября начались наблюдения, было запущено 13 площадок на разных экспозициях Большой сопки и Малой сопки. Постоянными сотрудниками ИМЗ на стационаре «Золотинка» были: начальник Потапов А.М. и Г.В. Семенов, летом приезжали В.С. Чердонова, К.М. Федорова. В летнее время приезжали временные наблюдатели-студенты кафедры географии и аспиранты [2].



Рис. 4. М. К. Гаврилова на площадке Наледь (фото из фонда музея ИМЗ СО РАН, г. Якутск)

Fig. 4. Maria Gavrilova at the Galcier site (photo from the fund of the IMZ SB RAS Museum, Yakutsk)

Тогда слово БАМ и мерзлотоведы манило многих, приезжали гости – ученые, студенты, корреспонденты и др. В 1978 г. на Золотинский стационар приезжал вице-президент Географического общества СССР, профессор ЛГУ М.П. Петров [2]. В 1978 г. на стационар приезжал С.Е. Мостахов со студентами-географами гр. Г-75 (среди них были Т.С. Мостахова, Г.Н. Саввинов, В.В. Самсонова и др.).

В 1978 г. на базе побывал якутский художник Н. Н. Иннокентьев. В результате на его картине «Мерзлотоведы БАМа» увековечены постоянные сотрудники стационара А.М. Потапов и Г.В. Семенов (рис.5), которые бессменно отработали три экспедиционных года.



Рис. 5. «Мерзлотоведы БАМа». Худ. Н. Иннокентьев (фонд НХМ, Якутск)

Fig. 5. N. Innokentiev. Permafrost scientists of BAM. (National Arts Museum, Yakutsk)

Методика организации микроклиматических и теплобалансовых исследований в стационаре «Золотинка»

Географическое положение стационара «Золотинка» можно оценить очень удобным. База стационара находилась в 3 км к северо-востоку по прямой через перевал Большой Сопки и по тропе вдоль южного и восточного склонов в 6 км от с. Иенгра. Это очень удобное расположение – недалеко от с. Иенгра, в пешеходной доступности, а зимой ездили на лыжах. Потом появился «Буран», который был необходим для маршрутного обхода площадок склонов Большой сопки в зимнее время (рис.6).

На базе стационара, в долине р. Волховский был поставлен балок. Ручей ориентирован с северо-запада на юго-восток, длина – 6 км, ширина от 80 до 180 м. Ручей Волховский протекает между Большой сопкой (справа по течению ручья или к западу от него, абсолютная высота 990 м.) и Малой сопкой (слева по течению или на востоке от него, абс. высота 910 м., превышение над долиной 40 м.) Географические координаты: 56° 13' 18» с.ш., 124° 51' 7» в.д. [12].

На Золотинском стационаре проводился полный комплекс метеорологических, теплобалансовых, геотермических наблюдений на всех площадках, согласно наставлениям, руководствам и указаниям, разработанным в системе Гидрометеослужбы и ИМЗ СО АН СССР. В программу микроклиматических метеорологических работ входят измерения температуры воздуха, температуры почвы, скорости ветра, влажности воздуха и количества осадков. Измерения проводились четыре раза в сутки по солнечному времени в метеорологические сроки (7 ч.00 мин, 13 ч.00 мин, 19 ч.00 мин, 1 ч.00 мин). Все замеры заносятся в специальную книжку КМ-1 простым карандашом.

На площадках установлены следующее оборудование и приборы: психрометрические будки (сухой, смоченный, максимальный и минимальный термометры, гигрометр), осадкомер, флюгер. Актинометрическая стойка (альбедомер, балансомер, анемометр), тепломер в почве на глубине на глубине 20 см, напочвенные термометры (срочный, максимальный, минимальный) и

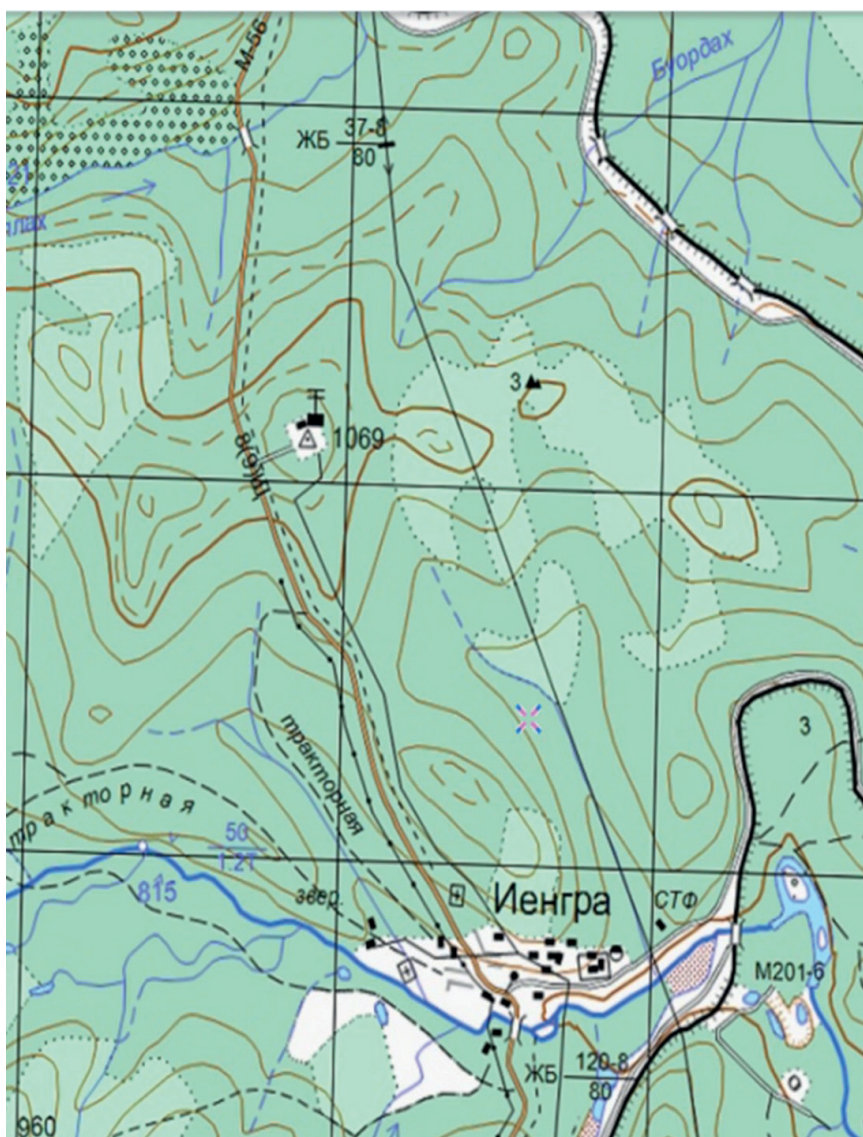


Рис. 6. Большая сопка, р. Волховский и Малая сопка (справа от трассы)

Fig. 6. Bolshaya Sopka, Volkhovsky R. and Malaya Sopka (to the right of the railway)

почвенные термометры (коленчатые Савинова) на глубине 5, 10, 15, 20 см. Также установлены будки для самописцев (для зимних работ), которые были предназначены для ведения микроклиматических и теплобалансовых измерений.

Порядок наблюдений. Сроки наблюдения начинаются с геотермических наблюдений внутри здания по показаниям термистров из трех скважин, установленных на площадках Налесь, Антропоген и Контрольная, показания записываются в специальную книжку. Затем берется показание по барометру-анероиду. Далее наблюдения ведутся уже снаружи, на площадках. По инструкции наблюдения начинаются с общего осмотра площадки, потом последовательно актинометрические наблюдения – почвенные наблюдения – наблюдения в психрометрической будке – наблюдения за облачностью – наблюдения по флюгеру – измерения осадков. Отмечаются все атмосферные явления. После каждого срока обязательно проводится первичная обработка метеорологических и актинометрических данных. Оборудование площадок одинаково, что позволяет проводить идентичные сравнительные наблюдения.

Описание площадок наблюдений стационара «Золотинка»

Стационар состоял из 13 площадок наблюдений, которые вели одновременно микроклиматические и теплосбалансовые исследования на разных экспозициях Большой сопки и Малой сопки, разделенных р. Волховский. На разных экспозициях Большой сопки работали площадки – Южный склон, Южная подошва, Северный склон, Северная подошва, Западный склон, Западная подошва, Восточный склон, Восточная подошва.

Площадки наблюдения закладывались М.К. Гавриловой с таким расчетом, чтобы охватить микроклиматическими наблюдениями различные формы рельефа и склоны разных экспозиций. На всех площадках проводились комплексные метеорологические, актинометрические, теплосбалансовые наблюдения. На площадках базы стационара, кроме этих наблюдений проводились геотермические измерения на 3 скважинах и измерения давления. Круглогодичные постоянные наблюдения проводились на трех площадках базы: на наледи р. Волховский, на площадке Наледь, на площадках Антропоген и Контрольная на Малой сопке.

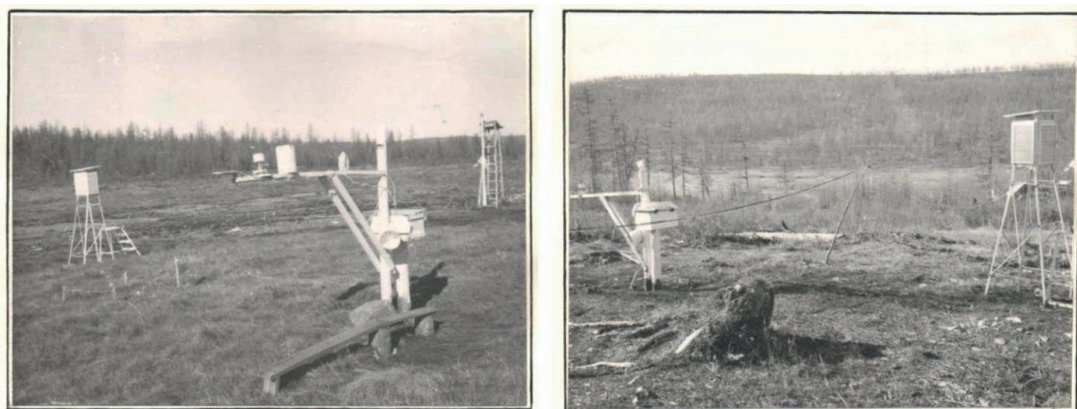
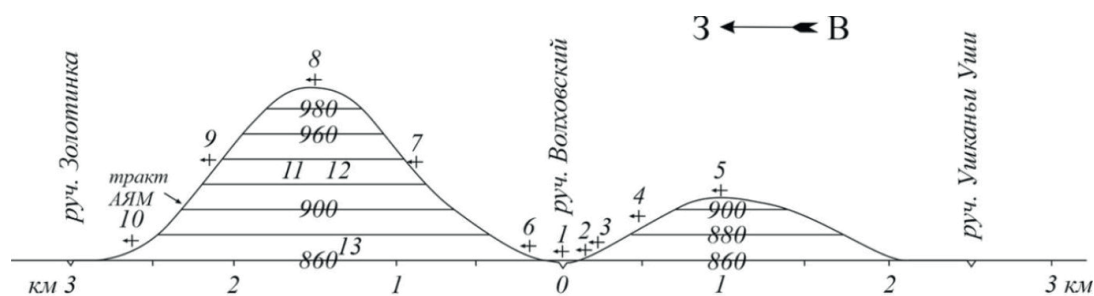


Рис. 7. Площадки Наледь на р. Волховский (август) и Антропогенная на Малой сопке

Fig. 7. Galcier sites on the Volkhovsky R. (august) and Anthropogenic on Malaya Sopka

Ниже на рис. 8 представлен «Профиль микроклиматических наблюдений на Золотинском стационаре» на разных экспозициях, в районе с. Иенгра. Площадки наблюдения установлены с учетом особенностей природных условий среднегорий северных отрогов Станового хребта, разных экспозиций Большой сопки и Малой сопки, разделенных ручьями Ушканьи Уши, Волховский и Золотинка (профиль обновлен в компьютерной версии).

Площадка Антропоген (№ 2) расположена между площадками Наледь и Контрольная на склоне Малой сопки. На этой площадке растительность выдернута, напочвенный покров снят, чтобы наблюдать влияние человека на нарушение естественной среды при строительстве. Площадка Контрольная (№ 3) расположена на западном склоне Малой сопки в 150 м от площадки Наледь и на 10 м выше наледи. Здесь произведена интенсивная вырубка. В почвенном покрове – брусничный кустарничек, мох, ягель. Еще выше в лесу устроена площадка Водораздел (№ 5). На восточной экспозиции Большой сопки расположена площадка Восточный склон (№ 7). Здесь наиболее крутой склон с густой растительностью – заросли кедрового стланика, брусничный и голубичный кустарничек, мох, ягель. Площадка Восточная подошва расположена на пойме р. Волховский и представляет собой такой же участок как Северная подошва, но более сухой, мох отсутствует, разнотравье, нагромождение камней. Площадка Перевал (№ 8) устроена на перевале Большой сопки с превышением над долиной р. Иенгра 120 м. Абсолютная высота 980 м над уровнем моря. Представляет собой полуоткрытую местность с сохранившимися отдельными деревьями, с густыми зарослями кедрового стланика и кустарничков. В почвенном покрове – бруснично-голубичный кустарничек, разнотравье. На западной экспозиции Большой



Площадки наблюдений (геотермия, метеорол., актинометр.)

- №1 - пойма, наледь, 860 м, откр. уч-к (I, +, ☼)
- №2 - антропогенная, 870 м, откр., без мох. покр. (I, +, ☼)
- №3 - контрольная, 870 м, откр., ест. покров (I, +, ☼)
- №4 - зап. склон, лес, 885 м (I, +)
- №5 - водороздел, лес, 905 м (I, +)
- №6 - подошва сопки, вост. эксп., полуоткр., 870 м (+, ☼)
- №7 - вост. склон, лес, 930 м (+, ☼)
- №8 - перевал, полуоткр., 990 м (I, +, ☼)
- №9 - зап. склон, полуоткр., 930 м (+, ☼)
- №10 - подошва сопки, зап. эксп., полуоткр., 870 м (+, ☼)
- №11 - южн. склон, полуоткр., 930 м (+, ☼)
- №12 - сев. склон, лес, 930 м (+, ☼)
- №13 - подошва сопки, сев. эксп., полуоткр., 870 м (+, ☼)

Рис. 8. Профиль микроклиматических наблюдений на Золотинском стационаре [12]

Fig. 8. The profile of microclimatic observations at Zolotinka station [12]

сопки устроена площадка Западный склон (№ 9), где более пологий склон. Растительность представлена редколесьем, зарослями кедрового стланика, разнотравьем. Площадка Западная подошва (№ 10) расположена на пойме р. Золотинка и представляет собой густые заросли кедрового стланика, ив, кустарников. В покрове – мох, ягель.

Площадка Южный склон (№ 11) расположена на южной экспозиции Большой сопки над селом, в середине между ним и долиной р. Иенгра. Участок частично подвергнут вырубке, с редколесьем, кедровым стлаником, обильным кустарником и имеет более густое разнотравье. Площадка Южная подошва расположена в долине р. Иенгра. Растительность бедная – редкое разнотравье, деревьев и кустарников нет. Северная экспозиция Большой сопки имеет более крутой склон (30-33°). Здесь расположена площадка Северный склон (№ 12). Древостой густой, почти не тронутый рубками. Густые заросли кедрового стланика, кустарники. Площадка Северная подошва (№ 13) расположена внизу, на пойме р. Волховский с густой растительностью – кедровый стланик, ивы, разнотравье, мох. На всех площадках ведутся метеорологические, актинометрические и теплобалансовые наблюдения. Установлены две метеобудки, актинометрическая стойка, почвенные термометры Савинова.

Заключение

М.К. Гаврилова организовала около 50 стационаров в разных ландшафтах Восточной, Центральной, Южной Якутии и Монголии для получения научных результатов микроклиматических и теплобалансовых исследований [1]. Научное наследие М.К. Гавриловой очень обширное. Но по теме микроклиматических и теплобалансовых исследований в среднегорьях Южной Якутии в зоне Малого БАМ не получилось обобщить в объемную работу. В разных научных изданиях опубликованы следующие статьи: «Снегомерные микроклиматические наблюдения в окрестностях БАМа» (1977); «Микроклиматологи на БАМе» (1977); «Условия формирования криолитозоны на восточном участке БАМ по результатам стационарных наблюдений

(соавторы С.И. Заболотник, З.Г. Сорокина, Н.И. Шендер) (1981); «Микроклиматические и теплосбалансовые исследования в зоне БАМа (соавторы В.С. Чердонова (Атласова)) (1981) [1]. Возможно, приведены не все публикации, выбраны из списка публикаций статьи, где присутствуют ключевые слова – Южная Якутия и БАМ.

Основные задачи и выводы о микроклиматических и теплосбалансовых особенностях различных природных условий среднегорий Южной Якутии за период 1976 – 1977 гг. описаны в дипломных исследованиях Н.И. Пахомова и Л.С. Пахомовой, которые приведены ниже.

Выводы

Распределение всех метеорологических, теплосбалансовых показателей очень сильно зависит от местных физико-географических условий среднегорий (микроклимата): высоты места, характера рельефа, экспозиции склона, состояния почвы, степени залесенности, особенностей подстилающей поверхности, наличия водоёмов, застройки, антропогенного нарушения и др.

1. Наиболее благоприятны для прогрева открытые участки каменистой поверхности (контрольная площадка № 3). Южная и западная экспозиции наиболее прогреваемы.

2. Образование наиболее холодных термических участков на склонах северной и восточной экспозиций связано с наложением нескольких факторов: а) меньший приход солнечной радиации (особенно на северном склоне) по астрономическим причинам низкие высоты солнца; б) затрата тепла в утренние часы на восточном склоне, испарение и прогревание после ночных часов; в) большая крутизна этих склонов (10-20 градусов) по сравнению с другими склонами (в данном случае), что создает дополнительные условия для затенения; г) более густое развитие древесной растительности на северных и восточных склонах (дополнительное затенение); д) слабая нарушенность вырубками (антропогенное влияние) этих склонов, поскольку поселения и строительство сосредоточены в основном на южных и западных склонах Большой сопки.

3. Нарушения естественной поверхности (вырубка, снятие напочвенного покрова). С одной стороны, они создают условия для прогревания радиацией (открытый участок), с другой стороны, способствуют промерзанию грунта вследствие уменьшения снежного покрова при усилении ветра.

4. Особенно неблагоприятно в зимнее время снятие напочвенного и снежного покрова, что способствуют непосредственной теплоотдаче грунтов в атмосферу. Так, по наблюдениям на Антропогенной площадке в первую зиму 1975 г. температура грунта в верхнем слое понизилась в 2 раза по сравнению с контрольной (со снежным покровом);

5. Особо стоит вопрос влияния наледей на термический режим окрестностей. Зимой наледи оказывают обогревающее воздействие, летом охлаждающее. Однако, в отличие от наледей Центральной Якутии обогревающий эффект наледей в Южной Якутии выражен меньше, что связано как с меньшими размерами самих наледей, так и с другим фоном, на котором протекает микроклиматический процесс (более умеренный макроклимат). Наледи в Южной Якутии оказывают больше охлаждающий эффект за счет летних условий.

6. В зависимости от внешнего теплового режима местоположения в тесной связи находится и мерзлотный режим местности. Так на невысоких сопках в пределах 870-930 м (Малая сопка), где находится Контрольная площадка, сезонное промерзание грунтов до глубины примерно 11 м, ниже грунты находятся в талом состоянии. На больших высотах (более 950 м) грунты находятся в талом состоянии [12].

Методика организации микроклиматических и теплосбалансовых исследований в стационаре «Золотинка», организованная М.К. Гавриловой имеет важное значение для учебных целей в высшей школе. Имеет практическую значимость при изучении дисциплин «Методы географических исследований», «Ландшафтоведение» и при проведении общегеографической практики студентов географического отделения – географам и гидрометеорологам.

Мы благодарны судьбе за общение с выдающимся ученым – Марией Кузьминичной Гавриловой, чему способствовал заведующий кафедрой географии С.Е. Мостахов. Работа

в экспедиции БАМ, на геокриологическом стационаре «Золотинка», написание дипломной работы под её руководством, участие в камеральной обработке по материалам стационара в 1978 г. отразились в нашей жизни [13]. Это знакомство расширило круг нашего общения, который продолжается до сих пор. Теперь уже с нынешними сотрудниками Института мерзлотоведения, с которыми поддерживаются тесные взаимосвязи и сотрудничество в географическом образовании и в географическом сообществе Якутии.

Литература

1. Шепелев, В.В. Жизненный и творческий путь М.К. Гавриловой / В.В. Шепелев. – Текст : непосредственный // Гаврилова Мария Кузьминична / ответственный редактор В.В. Шепелев ; Сибирское Отделение РАН, ФГБУН Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова. – Якутск : Издательство ФГБУН Института мерзлотоведения СО РАН, 2008. – С. 5-11.
2. Гаврилова, М.К. Моё поколение с обожжёнными крыльями / М.К. Гаврилова. – Якутск : Бичик, 2007. – 533 с. – Текст: непосредственный.
3. Ученые-географы Якутии: биобиблиографический справочник / Русское географическое общество, Отделение в Республике Саха (Якутия), ФГАУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова» ; составители: Р.Н. Иванова, А.Н. Федоров, к.г.н ; ответственный редактор Г.Н. Саввинов [и др.]. – Якутск: ИД СВФУ, 2013. – 232 с. – Текст: непосредственный.
4. Районирование (зонирование) Севера Российской Федерации / М.К. Гаврилова, Е.Н. Федорова, В.В. Шепелев и др. – Якутск: Издательство Института мерзлотоведения СО РАН, 2007. – 104 с. – Текст: непосредственный.
5. Федорова, Е.Н. Административно-территориальное устройство Якутии: прошлое и настоящее: монография / Е.Н. Федорова, Е.А. Пахомов. – Новосибирск: Наука, 2011. – 156 с. – Текст: непосредственный.
6. Нерюнгринский район: история, культура, фольклор / Администрация муниципального образования «Нерюнгринский район», Институт гуманитарных исследований АН РС(Я) ; редколлегия : В.В. Старцев [и др.]. – Якутск: Бичик, 2007. – 360 с. – Текст: непосредственный.
7. Солодухин, О.В. Иенгра – ветвистые рога / О.В. Солодухин. – Текст : непосредственный // Нерюнгринский район: История. Культура. Фольклор. – Якутск: Бичик, 2007. – С. 317-319.
8. Мерзлотные ландшафты Якутии: Пояснительная записка к «Мерзлотно-ландшафтной карте Якутской АССР масштаба 1: 2500 000 / А.Н. Федоров, Т.А. Ботулу, С.П. Варламов [и др.]. – Новосибирск : ГУГК, 1989. – С. 75. – Текст: непосредственный.
9. Андреев, А.П. Горы Якутии / А.П. Андреев. – Якутск : Бичик, 2019. – С. 54. – Текст : непосредственный.
10. Глушков, А.В. По рекам и горам Якутии / А.В. Глушков, В.Г. Осадчий. – Якутск : Якутское книжное издательство, 1990. – 214 с. – Текст: непосредственный.
11. Ландшафты Якутии: монография / Ю.Г. Данилов, А.Н. Федоров [и др.]; ответственный редактор Ю.Г. Данилов. – Якутск : Издательский дом СВФУ. 2016. – 75 с. – Текст: непосредственный.
12. Пахомова, Л.С. Микроклиматические особенности в различных природных условиях Южной Якутии / Дипломная работа Пахомовой Л.С. ВВ и ССО РСФСР. БГФ, кафедра географии. Научный руководитель М.К. Гаврилова. – Якутск, 1977. – С. 54-83 (рукопись).
13. Пахомов, Н.И. Мария Кузьминична Гаврилова и выпускники – географы / Н.И. Пахомов, Л.С. Пахомова. – Текст : непосредственный // Гаврилова Мария Кузьминична жизненный и творческий путь сборник к 90-летию со дня рождения, Издание третье / Сибирское отделение РАН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова; ответственный редактор В.В. Шепелева. – Якутск : Издательство ФГБУН Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 2018. – С. 35-37.

References

1. Shepelev, V.V. Zhiznennyj i tvorcheskij put' M.K. Gavrilovoj / V.V. Shepelev. – Tekst: neposredstvennyj // Gavrilova Marija Kuz'minichna / otvetstvennyj redaktor V.V. Shepelev; Sibirskoe Otdelenie RAN, FGBUN Institut merzlotovedenija im. P.I. Mel'nikova. – Jakutsk: Izdatel'stvo FGBUN Instituta merzlotovedenija SO RAN, 2008. – S. 5 – 11.
2. Gavrilova, M.K. Mojo pokolenie s obozhzhjonnymi kryl'jami / M.K. Gavrilova. – Jakutsk: Bichik, 2007. – 533 s. – Tekst: neposredstvennyj.
3. Uchenye-geografy Jakutii: biobibliograficheskij spravochnik / Russkoe geograficheskoe obshhestvo, Otdelenie v Respublike Saha (Jakutija), FGAUO VPO «Severo-Vostochnyj federeral'nyj universitet im. M. K. Ammosova»; sostaviteli: R.N. Ivanova, A.N. Fedorov, k.g.n; otvetstvennyj redaktor G. N. Savvinov [i dr.]. – Jakutsk: ID SVFU, 2013. – 232 s. – Tekst: neposredstvennyj.
4. Rajonirovanie (zonirovanie) Severa Rossijskoj Federacii / M.K. Gavrilova, E.N. Fedorova, V.V. Shepelev i dr. – Jakutsk: Izdatel'stvo Instituta merzlotovedenija SO RAN, 2007. – 104 s. – Tekst: neposredstvennyj.
5. Fedorova, E.N. Administrativno-territorial'noe ustrojstvo Jakutii: proshloe i nastojashhee: monografija / E.N. Fedorova, E.A. Pahomov. – Novosibirsk: Nauka, 2011. – 156 s. – Tekst: neposredstvennyj.
6. Nerjungrinskij rajon: istorija, kul'tura, fol'klor / Administracija municipal'nogo obrazovanija «Nerjungrinskij rajon», Institut gumanitarnyh issledovanij AN RS (Ja); redkollegija: V. V. Starcev [i dr.]. – Jakutsk: Bichik, 2007. – 360 s. – Tekst: neposredstvennyj.
7. Soloduhin, O.V. Iengra – vetvistye roga / O.V. Soloduhin. – Tekst: neposredstvennyj // Nerjungrinskij rajon: Istoriya. Kul'tura. Fol'klor. – Jakutsk: Bichik, 2007. – S. 317 – 319.
8. Merzlotnye landshafty Jakutii: Pojasnitel'naja zapiska k «Merzlotno-landshaftnoj karte Jakutskoj ASSR masshtaba 1: 2500 000 / A.N. Fedorov, T.A. Botulu, S.P. Varlamov [i dr.]. – Novosibirsk: GUGK, 1989. – S. 75. – Tekst: neposredstvennyj.
9. Andreev, A.P. Gory Jakutii / A.P. Andreev. – Jakutsk: Bichik, 2019. – S.54. – Tekst: neposredstvennyj.
10. Glushkov, A.V. Po rekam i goram Jakutii / A.V. Glushkov, V.G. Osadchij – Jakutsk: Jakutskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1990. – 214 s. – Tekst: neposredstvennyj.
11. Landshafty Jakutii: monografija / Ju.G. Danilov, A.N. Fedorov [i dr.]; otvetstvennyj redaktor Ju.G. Danilov. – Jakutsk: Izdatel'skij dom SVFU. 2016. – 75 s. – Tekst: neposredstvennyj.
12. Pahomova, L.S. Mikroklimaticheskie osobennosti v razlichnyh prirodnyh uslovijah Juzhnoj Jakutii / Diplomnaja rabota Pahomovoj L.S. VV i SSO RSFSR. BGF, kafedra geografii. Nauchnyj rukovoditel' M.K. Gavrilova. – Jakutsk, 1977. – S. 54 – 83 (rukopis').
13. Pahomov, N.I. Marija Kuz'minichna Gavrilova i vypuskniki – geografy / N.I. Pahomov, L.S. Pahomova. – Tekst: neposredstvennyj // Gavrilova Marija Kuz'minichna zhiznennyj i tvorcheskij put' sbornik k 90-letiju so dnja rozhdenija, Izdanie tret'e / Sibirskoe otdelenie RAN, Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe uchrezhdenie nauki Institut merzlotovedenija im. P.I. Mel'nikova; otvetstvennyj redaktor V.V. Shepeleva. – Jakutsk: Izdatel'stvo FGBUN Instituta merzlotovedenija im. P.I. Mel'nikova SO RAN, 2018. – S. 35-37.

Сведения об авторе

ПАХОМОВА Любовь Семеновна – к.п.н., доцент по кафедре географии, СВФУ им. М.К. Аммосова, доцент Института естественных наук, e-mail: Lsp0803@mail.ru

PAKHOMOVA Lyubov Semenovna – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Geography, Institute of Natural Sciences, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University. E-mail: Lsp0803@mail.ru

ТРЕБОВАНИЯ, К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ, ПУБЛИКУЕМЫХ В НАУЧНОМ РЕЦЕНЗИРУЕМОМ ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК СВФУ ИМЕНИ М.К. АММОСОВА»

К публикации принимаются научные статьи от авторов из всех регионов России:

- преподавателей вузов,
- докторантов,
- аспирантов,
- магистрантов,
- а также других лиц, занимающихся научными исследованиями.

Требования к содержанию статей

Научные направления:

В серию «Науки о Земле», электронной версии журнала «Вестник СВФУ им. М.К. Аммосова», принимаются статьи, соответствующие Номенклатуре научных специальностей, по которым присуждаются научные степени:

25.00.00	НАУКИ О ЗЕМЛЕ	
25.00.11	Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения	Геолого-минералогические Технические
25.00.14	Технологии и техника геологоразведочных работ	Технические
25.00.23	Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов	Географические Геолого-минералогические
25.00.24	Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география	Географические
25.00.36	Геоэкология (по отраслям)	Геолого-минералогические Географические Технические

УДК проставляется в научной библиотеке.

Аннотация: Композиционно построена по принципу IRMAD (Introduction, Methods, Results and Discussion): Актуальность, цели и задачи исследования. Как проводилось исследование, какие методы использовались. Основные выводы, результаты исследования; каковы перспективы исследования, направления дальнейшей работы. Объем аннотации не менее 100 слов. Разделы «Хроника» и «Юбилей» предоставляются без аннотаций.

Ключевые слова: не менее 10 слов/словосочетаний, они должны быть лаконичными, отражать содержание и специфику рукописи.

Структура статьи:

Введение – постановка рассматриваемого вопроса, краткий обзор научной литературы по теме (ссылки на источники), критика недостатков и преимущества предлагаемого подхода. Обязательна четкая постановка цели работы.

Основная часть работы должна быть озаглавлена, исходя из содержания, разбита на разделы. Разделы должны иметь содержательные названия. Введение, разделы и заключение не номеруются.

Заключение – приводятся основные выводы по содержательной части работы. Следует избегать простого перечисления предоставленного в статье материала.

Литература приводится под заголовком «Литература». Дополнительно дублируется латиницей по системе Библиотеки Конгресса США (LC), сайт для транслитерации: <http://translit.ru>. Все источники перечисляются по порядку упоминания ссылок в тексте. Для периодических изданий необходимо указать фамилию автора, инициалы, название статьи, название журнала, год издания, том, номер или выпуск, начальную и конечную страницу работы.

Сведения об авторе(-ах) на русском и английском языках даются на отдельной странице:

Ф.И.О. полностью, ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), место работы, должность, почтовый адрес с ИНДЕКСОМ (для пересылки авторского экземпляра иногородним), e-mail, контактный тел. (для мобильной связи с редакцией);

Объем статьи: включая иллюстративный материал и «Литературу», до 24 страниц, хроника и юбилей 1-2 страницы.

Требования к техническому оформлению

- Редактор MS Word, формат А-4, ориентация – книжная, поля – верхн. 2,0 см; нижн. 3,0 см; левое и правое 2,5 см; абзацный отступ – 1,25 см; интервал – полуторный; кегль основного текста – 14, кегль аннотации – 12, шрифт - Times New Roman.

- Сокращения – только общепринятые (и в тексте и таблицах). Все аббревиатуры и сокращения должны быть расшифрованы при первом их употреблении в тексте. Все таблицы должны иметь заголовки и сквозную нумерацию в пределах статьи, обозначаемую арабскими цифрами (например, таблица 1), в тексте ссылки нужно писать сокращенно (табл. 1). Текст таблицы должен быть напечатан через два интервала. В работах биологического цикла в заголовке и в тексте таблицы даются только латинские названия видов, родов и семейств. Комментарий к таблице должен быть размещен непосредственно под таблицей.

- Формулы должны иметь сквозную нумерацию. Номер пишется в конце строки арабскими цифрами в круглых скобках. Между формулами, выделенными в отдельную строку, и текстом, а также между строками формул следует оставлять пробелы не менее 1,5-2 см.

- Иллюстративный материал (графики, карты, схемы, фотографии) именуется рисунком, имеет сквозную порядковую нумерацию арабскими цифрами и пишется сокращенно (например, рис. 1). Допускаются цветные изображения (графики, диаграммы). Размер рисунка – не менее 40х50 мм и не более 120х170 мм. К рисунку прилагается подрисовочный текст, в который содержит указания размерности приведенных на рисунке величин.

- Ссылки в тексте пишутся в виде номера арабской цифрой, взятой в квадратную скобку.

Предоставление статей в редакцию

Сначала предоставляется электронный вариант статьи (рисунки в формате tiff с разрешением не менее 300 dpi) по электронной почте: vestnik_geo@mail.ru.

После устранения всех замечаний в редакцию направляется печатный вариант статьи в двух экземплярах. 2-й печатный экземпляр – без указания имени автора (для слепого рецензирования). Адрес редакции: 677027, г. Якутск, ул. Кулаковского, 42, ГУК, каб. 401,

Если автор – аспирант, или магистрант, то необходим отзыв руководителя.

При положительной рецензии рукописи публикуются в порядке их поступления в течении 3-6 месяцев.

Окончательное решение о публикации статьи принимает редколлегия.

Плата за публикацию рукописей не взимается.

Статьи, присланные без соблюдения изложенных выше требований, не подлежат рассмотрению.

**Вестник Северо-Восточного федерального университета
им. М.К. Аммосова.
Vestnik of North – Eastern Federal University.
Серия "Науки о Земле. Earth Sciences"**

Сетевое научное периодическое издание

№ 1(33) 2024

Технический редактор *А.Н. Егорова*
Компьютерная верстка *Л.М. Винокурова*
Оформление обложки *П.И. Антипин*

Подписано в печать 24.03.2024. Формат 70х108/16.
Дата выхода в свет 24.03.24.