

вызвал во всем мире острый интерес к возможным источникам этих металлов. Причем, если редкометалльный бум пошел сегодня на спад, то скандиевый находится в самом разгаре [3, 7].

Многообразие сырьевых источников, включая техногенные образования, позволяют покрыть все потребности в РЗМ и скандии. Поэтому разработка рациональной технологии извлечения данных полезных компонентов из различных видов сырья, а соответственно, себестоимость получения первой товарной продукции определит очередность и целесообразность освоения месторождений. Комплексный характер подавляющего числа месторождений и разнообразие видов минерального сырья сильно осложняет вовлечение месторождений в промышленное освоение, когда из нескольких (4–8) и более видов товарной продукции можно реализовать лишь часть из них. При этом для достижения приемлемого уровня рентабельности необходима реализация всего спектра товарной продукции (или большей его части). Это же касается и лантаноидов при дефиците отдельных металлов и переизбытке других. Вместе с тем, наиболее востребованными и дефицитными среди лантаноидов являются неодим, празеодим, относящиеся к цериевой группе, и европий — иттриевой группы. Избыток La и Ce вызывает необходимость искать новые области их применения.

Таким образом, выполненная попытка ранжирования месторождений редких земель и скандия по возможным срокам их освоения позволят утверждать, что имеющаяся минерально-сырьевая база, совместно с техногенными образованиями и значительными прогнозными ресурсами, позволит не только полностью удовлетворить прогнозируемые потребности отечественной промышленности, но и даст России возможность выйти с редкоземельной, скандиевой и другой редкометалльной продукцией на мировой рынок в качестве крупного игрока.

Развитая добыча и переработка руд TR и Sc невозможна без господдержки, как это делается почти во всем мире, только совместные усилия государства и бизнеса могут принести положительные результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельская, В.В. Руды редкоземельных металлов России / В.В. Архангельская, Н.Н. Лагонский, Т.Ю. Усова, Л.Б. Чистов // «Минеральное сырье». Сер. геол.-эконом. — № 19. — М.: ВИМС. — 2006. — 72 с.
2. Архангельская, В.В. Геологическое строение и минералогия месторождений тантала России / В.В. Архангельская, В.В. Рябцев, Т.Н. Шурига // «Минеральное сырье» — № 25. — М.: ВИМС. — 2012. — 318 с.
3. Быховский, Л.З. Реальные, потенциальные и перспективные источники редкоземельного сырья в России / Л.З. Быховский // Минеральные ресурсы России, экономика и управление. — 2014. — № 4. — С. 2–8.
4. Быховский, Л.З. Техногенные месторождения и образования редких металлов России / Л.З. Быховский, Л.В. Спорыгина, С.И. Ануфриева // Рациональное освоение недр. — 2014. — № 3. — С. 14–22.
5. Быховский, Л.З. Скандий России: перспективы освоения минерально-сырьевой базы и развития производства / Л.З. Быховский, В.В. Архангельская, Л.П. Тигунов, С.И. Ануфриева // «Минеральное сырье». Сер. геол.-эконом. — № 22. — М.: ВИМС. — 2007. — 52 с.
6. Быховский, Л.З. Задачи дальнейшего изучения Томторского рудного поля с целью повышения его инвестиционной привлекательности / Л.З. Быховский, Е.И. Котельников, Е.Г. Лихниченко, В.С. Пикалова // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 9. — С. 20–25.
7. Голубев, А.В. Скандий. Очень прибыльный металл / А.В. Голубев // Редкие земли. — 2014. — № 2. — С. 90–93.

8. Карпузов, А.Ф. Минерально-сырьевое могущество России: миф или реальность? / А.Ф. Карпузов // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 5. — С. 9–15.
9. Лапин, А.В. Месторождения кор выветривания карбонатитов. / А.В. Лапин, А.В. Толстов. — М.: Наука, 1995. — 208 с.
10. Машковцев, Г.А. Перспективы рационального освоения комплексных ниобий-тантал-редкоземельных месторождений России / Г.А. Машковцев, Л.З. Быховский, А.А. Рогожин, А.В. Темнов / Разведка и охрана недр. — 2011. — № 6. — С. 9–13.
11. Темнов, А.В. Сценарии реализации минерально-сырьевого потенциала комплексных редкометалльных месторождений Зиминского рудного района / Темнов А.В., Пикалова В.С. // Разведка и охрана недр. — 2013. — № 7. — С. 54–60.
12. Толстов, А.В. Особенности формирования уникального редкометалльного месторождения Томтор и оценка перспектив его освоения / А.В. Толстов, А.Д. Коноплев, В.И. Кузьмин // Разведка и охрана недр. — 2011. — № 6. — С. 20–26.
13. Усова, Т.Ю. Редкоземельные металлы / Усова Т.Ю., Кониная Е.О. // Редкие металлы на мировом рынке. — М.: ИМГРЭ, 2008. — Книга 1. — С. 83–113.

© Быховский Л.З., Потанин С.Д., Котельников Е.И., 2016

Быховский Лев Залманович // vims@df.ru

Потанин Сергей Дмитриевич // vims@df.ru

Котельников Евгений Иванович // kotelnikov_ei@rambler.ru

УДК 553.3.071:553.041

Чернова А.Д. (ФГБУ «ВИМС»)

ОБЗОР ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОЕКТОВ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ И ПРОЕКТОВ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ВОСПРОИЗВОДСТВО МСБ МЕТАЛЛОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ

*Геологоразведочные работы на металлы платиновой группы ведутся как в традиционных платинодобывающих регионах, так и в тех регионах, где добыча платиноидов пока не ведется. Дан обзор мировой сырьевой базы платиноидов и рассмотрены геологоразведочные работы разных стадий в большинстве регионов, где выявлены и разрабатываются месторождения металлов платиновой группы. **Ключевые слова:** металлы платиновой группы, сырьевая база, геологоразведочные работы, освоение месторождений.*

Chernova A.D. (VIMS)

THE REVIEW OF FOREIGN PROJECTS EXPLORATION AND DEVELOPMENT PROJECT, AIMED AT REPRODUCTION MSB PLATINUM GROUP METALS

*There were prospecting for platinum group metals are conducted in traditional platinum mining regions, and in regions where the production of platinum is not conducted. There was a review of the global resource base and platinum group metals are considered exploration of different stages in most regions where identified and developed deposits of platinum group metals. **Keywords:** platinum group metals, raw materials, exploration, field development.*

Металлы платиновой группы (МПГ) востребованы во многих областях промышленности благодаря ряду ценных свойств, таких, как устойчивость к коррозионным процессам, высокая температура плавления, и, самое главное, каталитические свойства. Основное потребление платиноидов приходится на две промышленные отрасли — автомобилестроительную, где спла-

вы платиноидов используются в каталитических конвертерах при нейтрализации вредных примесей выхлопных газов, и ювелирную. Кроме того, платиноиды находят применение в химической, нефтеперерабатывающей, стекольной, медицинской и некоторых других отраслях. Помимо этого платина и палладий широко востребованы на рынке сырья как инвестиционные инструменты крупных компаний и частных инвесторов.

Благодаря столь широкому спектру прикладного применения этого вида сырья, вопросы воспроизводства сырьевой базы металлов платиновой группы не теряют своей актуальности, как со стороны расширения сырьевых баз действующих предприятий для обеспечения действующих производственных мощностей, так и с точки зрения поиска и выявления новых источников платиноидов. Далее в статье дан краткий обзор состояния мировой сырьевой базы платиноидов, рассмотрены действующие проекты освоения месторождений, которые планируется реализовать в ближайшие 5–10 лет, и проанализированы некоторые показатели проектируемых предприятий. Кроме того, обозначены регионы, в которых ведутся геологоразведочные работы, направленные на выявление новых месторождений металлов платиновой группы.

Промышленные концентрации МПГ встречаются в различных геологических обстановках, однако основным источником служат несколько геолого-промышленных типов месторождений, где платиноиды генетически и пространственно связаны с сульфидными массивами пород основного и ультраосновного состава. В группе собственно платиноидных месторождений промышленно значимым является малосульфидный платиноидный тип, составляющий основу мировой сырьевой базы МПГ. Среди комплексных месторождений, где платиноиды присутствуют в рудах в качестве попутных компонентов, выделяются объекты сульфидного медно-никелевого типа, которые не менее значимы для мировой промышленности.

По оценке автора, основанной на опубликованных в открытом доступе сведениях по состоянию ресурсных баз действующих и проектируемых предприятий, а также отчетах о геологоразведочных работах (ГРР), проводимых горнодобывающими и юниорными компаниями, мировые промышленные запасы платиноидов достигают почти 19 тыс. т, а ресурсы оцениваются более чем в 95 тыс. т металлов. Промышленные концентрации платиноидов распределены крайне неравномерно — почти 99 % выявленных ресурсов и подтвержденных запасов находятся на территории пяти стран: ЮАР, России, Зимбабве, США и Канады. Эти же пять государств обеспечивают почти 97 % мирового производства МПГ из руд и концентратов (табл. 1).

Более трех четвертей мировых ресурсов МПГ заключено в недрах ЮАР. Почти все они сосредоточены в пределах Бушвельдского дифференцированного интрузивного комплекса. Здесь действуют более 30 рудников. Кроме того, почти на столько же лицензионных участках проводятся ГРР, направленные на выявление новых промышленных объектов. Основные добычные

Таблица 1

Запасы категорий «*Proved+Probable*» и ресурсы категорий «*Measured+Indicated+Inferred*» МПГ ведущих стран мира и производство из руд и концентратов за 2014 г.

Страна	Запасы, т	Ресурсы, т	Производство, т
ЮАР	12125,7	71881,9	225
Россия	3991,4	10674,5	111,6
Зимбабве	881,6	8592,5	25,3
США	1255,1	1948,4	16,1
Канада	500,4	1734,2	29,4
Прочие	65,9	1124,8	15,6

и геологоразведочные работы ведутся в Западном и Восточном секторах Бушвельдского комплекса, где промышленное оруденение собственно платиноидного типа приурочено к двум продуктивным пластам, так называемым рифам Меренского (*Merensky*) и *UG-2*, которые характеризуются высокими концентрациями МПГ — средние по участкам содержания достигают 7–8 г/т. Соотношение платины и палладия в рудах составляет в среднем 2–3:1. Помимо МПГ, попутно добываются никель, медь, золото. В Северном секторе, где также ведутся работы, оруденение локализовано в пласте Платриф (*Platreef*); оно относится к сульфидному медно-никелевому типу. Содержания МПГ в нем ниже, до 3 г/т. Платиноиды добываются попутно при добыче никеля и меди.

Второй по величине сырьевой базой платиноидов обладает Россия. Основная доля запасов и ресурсов МПГ сосредоточена в сульфидных медно-никелевых месторождениях Норильского рудного района (Октябрьское, Талнахское и Норильск-1 и др.), разрабатываемых на никель и медь, с попутной добычей платиноидов. Средние содержания в наиболее богатых разностях руд достигают 12–13 г/т суммы МПГ, а в среднем по отдельным месторождениям — 4–6 г/т. Для руд характерно преобладание палладия над платиной; их соотношение обратно южноафриканским рудам и в среднем составляет 2:3–1, достигая на некоторых участках 5–6:1.

В США платиноидное оруденение приурочено к интрузивным дифференцированным комплексам Стиллуотер в штате Монтана и Дулут в штате Миннесота. Содержание платины в малосульфидных рудах массива Стиллуотер составляет в среднем 4 г/т, палладия — 14,3 г/т. Это наиболее богатые месторождения данного промышленного типа. Благодаря высоким содержаниям производство МПГ из руд месторождений достаточно велико, несмотря на небольшой объем добычи руды. В массиве Дулут оруденение относится к сульфидному медно-никелевому типу, однако с пониженным количеством массивных сульфидов в рудах; средние содержания не превышают 0,5 г/т суммы МПГ.

В Зимбабве сырьевую базу платиноидов составляют месторождения малосульфидного платиноидного типа, локализованные в недрах расслоенного интрузивного массива Великая Дайка. Продуктивный горизонт приурочен к нижней части интрузива, где выделяется так называемая Главная Сульфидная Зона. Содержание платиноидов ниже, чем в Бушвельдском массиве и составляет 3–4 г/т суммы платиноидов.

Таблица 2

Ресурсная база осваиваемых и разведуемых месторождений МПГ, производственные параметры некоторых проектируемых предприятий

Страна	Проект (тип оруденения*)	Ресурсы руды, млн. т	Содер- жание МПГ, г/т	Запасы руды, млн. т	Содер- жание, г/т	Мощн. до- бычи руды, млн. т	Товарный продукт	Мощн. вы- пуска тов. продукции МПГ, г/т	Стадия изучения **(год окончания)	Год запуска (план)
ЮАР	Платриф (С)	629	3,46	120	3,76	12	Концентрат	12,6	PFS'2015	2017
	Ватерберг (С)	315,5	3,2	—	—	7,1	Концентрат	14,5	PEA'2014	2019
	Гаратау (МС)	168,9	4	—	—	3,6	Концентрат	10,3	BFS'2012	2020
	Тьяте (МС)	132,5	5,24	—	—	2,5	Концентрат	10,4	PEA'2014	2021
	Бакубанг (МС)	79	5,1	—	—	3	Концентрат	13,1	BFS'2010	2017
Канада	Уэллгрин (С)	461,1	0,74	—	—	18	Концентрат	4,9	PEA'2015	2022
	Виктория (С)	13,6	7,33	—	—	0,62	Концентрат	4,7	н/д-	2018
	Иглс-Нест (С)	21,6	4,22	11,1	3,98	1,1	Концентрат	2	FS'2012	2018
	Дюмон (С)	2165,3	0,03	1178,6	0,03	56	Концентрат	0,6	FS'2013	2017
США	Твин-Металс (С)	4002	0,25	956,2	0,5	15	Концентрат	5,9	PFS'2014	2019
	Нортмет (С)	838,2	0,32	249,1	0,34	12	Концентрат	3,3	FS'2014	2017
Зимбабве	Дарвендейл (МС)	1400 т МПГ		525 т МПГ		10	Концентрат	—	PEA'2014	2018
Австралия	Пантон (МС)	14,3	4,58	—	—	0,6	—	—	BFS'2010	—
	Оуэндейл (Л)	31,1	0,52	—	—	0,05	Концентрат	—	PEA'2015	—
Геологоразведочные работы ранних стадий										
ЮАР	Аканани (С)	219,9	3,84	—	—	—	—	—	ГРП	—
Канада	Тандер-бей-Норт (С)	10,4	2,25	—	—	—	—	—	ГРП	—
	Ривер-Валли (С)	127	0,7	—	—	—	—	—	ГРП	—
	Паркин (С)	—	1,7–2	—	—	—	—	—	ГРП	—
	Аер-Кидд (С)	—	5–7	—	—	—	—	—	ГРП	—
США	Тамарак (С)	6,9	0,55	—	—	—	—	—	ГРП	—
	Тонсина (С)	—	0,8–1,2	—	—	—	—	—	ГРП	—
Австралия	Манни-Манни (МС)	23,6	2,6	—	—	—	—	—	ГРП	—
Кот-д'Ивуар	Самапле (С)	40,6	0,41	—	—	—	—	—	ГРП	—
Гренландия	Скаергаард (С)	202,2	1,45	—	—	—	—	—	ГРП	—

*С — сульфидный медно-никелевый, МС — малосульфидный медно-никелевый; **PEA — Preliminary Economic Assessment, PFS — Pre-feasibility Study, FS — Feasibility Study, BFS — Bankable Feasibility Study

В сырьевую базу платиноидов Канады равноценный вклад вносят как платиноиды, заключенные в сульфидных рудах, так и в собственно платиноидных. В провинции Онтарио в мелких и средних по масштабу месторождениях сульфидного типа рудного района Садбери МПГ добываются попутно с никелем и медью. Суммарные концентрации платиноидов в рудах значительно ниже, чем в месторождениях Норильского района, и оцениваются в 1,7–2 г/т. На месторождении Лак-дез-Иль одноименного интрузивного дифференцированного массива промышленная добыча направлена непосредственно на извлечение платиноидов. Соотношение палладия к платине достигает 9–11:1, в среднем концентрация платиноидов в запасах и ресурсах не превышает 3 г/т.

В других странах выявленные месторождения платиноидов имеют небольшой масштаб и не играют существенной роли в мире.

Большая часть осваиваемых месторождений также расположена в пяти главных странах-производителях с уже развитой промышленной инфраструктурой, где условия для создания и запуска нового производства наи-

более благоприятны (табл. 2). Стоит отметить, что среди них существенно преобладают объекты с оруденением сульфидного медно-никелевого типа с попутной платиноидной минерализацией, а их качественные и количественные характеристики близки эксплуатируемым месторождениям, а в некоторых случаях и превышают их (рис. 1). В то же время, осваиваемые малосульфидные платиноидные месторождения по масштабу оруденения относятся к средним, тогда как большинство разрабатываемых в настоящее время объектов уникальны по количеству заключенного в недрах сырья (рис. 2).

В ЮАР в Восточном секторе Бушвельдского массива компания **NKWE Platinum Ltd.** (Австралия) готовит к отработке участок Гаратау (*Garatau*) с промышленной платиноидной минерализацией малосульфидного типа. В 2012 г. компанией проведена технико-экономическая оценка (*Bankable feasibility study*). В настоящее время компания проводит комплекс подготовительных работ для совместной подземной отработки рифов Меренского и *UG-2*. Риф Меренского расположен на глубине 280–1500 м, а *UG-2* — на 290–370 м. Отработка

может начаться в 2020 г., товарной продукцией будет коллективный концентрат, содержащий МПГ и золото [5].

В том же секторе руды аналогичного типа на участке Тьяте (*Tjate*) подготавливаются к эксплуатации компанией *Jubilee Platinum Plc* (Великобритания). В недрах участка заключено почти 700 т платиноидов (табл. 2). Промышленное оруденение находится на глубине 600–1000 м, минерализация прослежена до глубины 1600 м. Запустить производство планируется в 2021 г. [3].

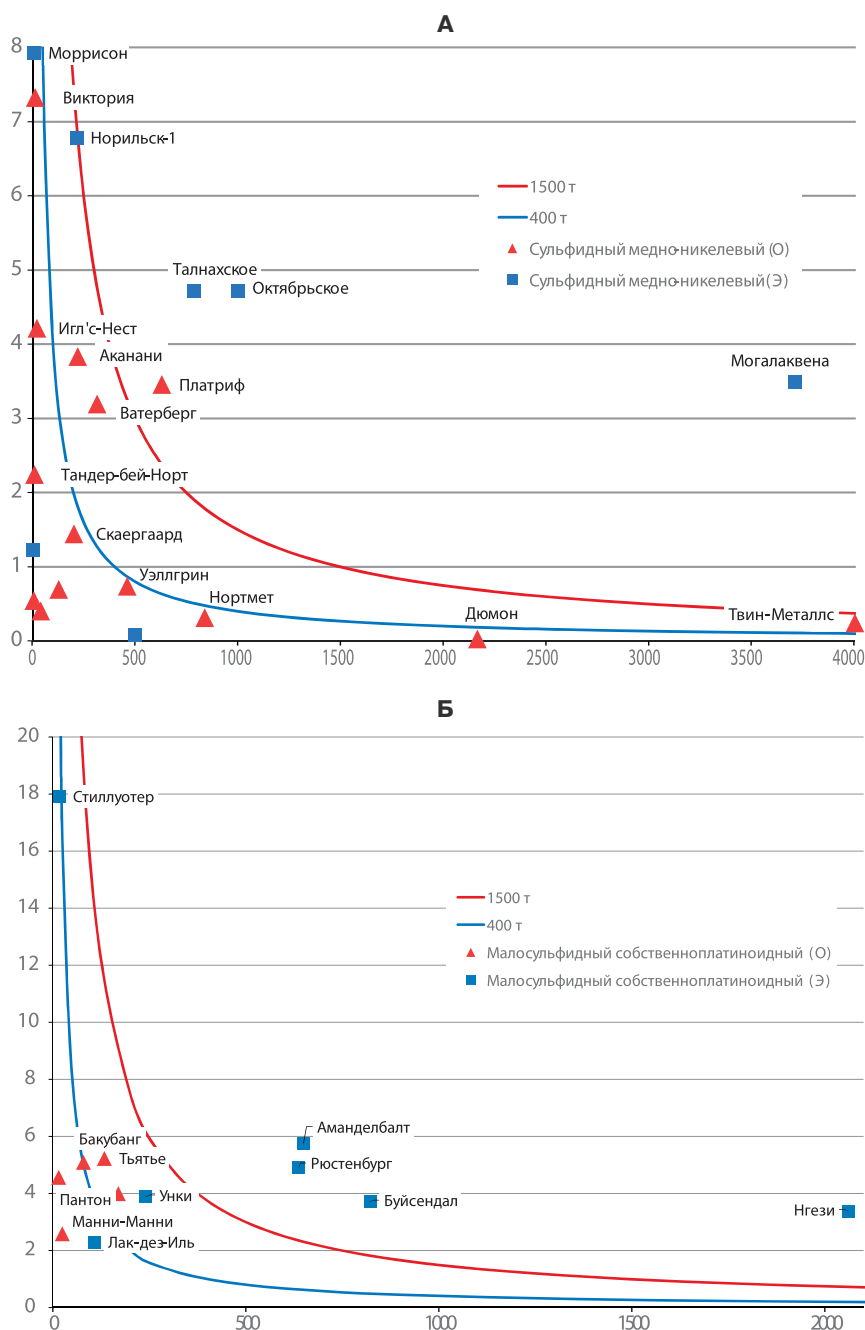
В Западном секторе Бушвельда ведется подготовка участка Бакубанг (*Bakubang*) компанией *Wesizwe Platinum Ltd.* (ЮАР). Начало производства намечено на 2017 г., на полную проектную годовую мощность почти в 3 млн. т руды в год подземный рудник планируется вывести к 2021 г. [12].

В Северном секторе Бушвельдского массива подготавливаются к разработке два крупных месторождения с сульфидной медно-никелевой минерализацией. Компания *Ivanhoe Mines Ltd.* (Канада) реализует проект Платриф (*Platreef*). В конце 2015 г. компания завершила предварительный технико-экономический анализ (*Pre-feasibility study*), оценив экономическую устойчивость проекта и финансовую выгоду проектируемого предприятия. На подготавливаемом к подземной отработке участке Флэтриф (*Flatreef*) залежь характеризуется значительной мощностью (до 24 м), промышленная сульфидная минерализация располагается на глубине 700–1100 м. Участок выделен по условным границам, минерализация не оконтурена по простиранию в южном и западном направлениях — здесь уже ведутся дополнительные ГРП. На прилегающих двух участках вскрыты рудные пересечения; по оценке компании, дополнительные ресурсы на обоих участках могут составить около 245–410 млн. т руды с содержанием 2,5–4 г/т МПГ (т.е. около 0,6–1,7 тыс. т платиноидов). По проекту планируется строительство рудника и обогатительной фабрики с поэтапным увеличением мощности добычи руды до 12 млн. т в год к 2028 г. Запустить первую шахту компания планирует в конце 2017 г. Конечной продукцией предприятия будет флотационный коллективный концентрат, содержащий платиноиды, золото, медь и никель [2].

Компания *Platinum Group Metals Ltd.* (Канада) ведет изучение участка Ватерберг (*Waterberg*) Северного сектора. В 2014 г. компания провела предварительную финансово-экономическую

оценку (*Preliminary economic assessment*). Изучаемый участок интрузива поделен условно на три домена. На первом домене оценены ресурсы руды (табл. 2), проект предполагает проведение открытых добычных работ с 2019 г. Планируется выпуск коллективного флотационного концентрата платиноидов с попутным производством никеля, меди и золота [8].

Стоит отметить, что значительная доля ГРП в пределах Бушвельдского интрузива ЮАР ведется крупными холдингами, которые рассматривают новые перспективные участки в качестве расширения ресурсной базы



Распределение разрабатываемых (Э) и подготавливаемых к промышленной эксплуатации (О) месторождений МПГ сульфидного медно-никелевого геолого-промышленного типа (А) и малосульфидного собственно платиноидного геолого-промышленного типа (Б) по масштабу и качеству оруденения. По горизонтальной оси — объем руды (млн. т), по вертикальной — содержание суммы МПГ в руде (г/т). Изолиниями показаны граничные значения категорий месторождений по масштабам оруденения

собственного производства. Например, месторождение Аканани (*Akanani*) в Северном секторе с выявленными ресурсами в пересчете на платиноиды более 1,1 тыс. т принадлежит компании *Lonmin Plc* (Великобритания), которая оценивает объект как перспективный с низкой себестоимостью добычи и длительным сроком эксплуатации. Однако работ по подготовке к эксплуатации в ближайшее время компания не планирует [4].

За пределами ЮАР работы ведутся преимущественно на объектах сульфидного медно-никелевого типа, где платиноиды выступают в качестве попутного компонента (табл. 2). На территории США осуществляется подготовка к эксплуатации ряда объектов, приуроченных к интрузивному комплексу Дулут (*Duluth*) в штате Миннесота и относящихся к сульфидному типу, но с пониженным содержанием массивных руд. Среди них выделяется группа месторождений Твин-Металс (*Twin Metals*), принадлежащих компании *Duluth Metals Ltd.* (Канада), которая характеризуется значительной ресурсной базой, однако низкими содержаниями платиноидов в рудах (табл. 2). Ввод рудника в строй намечен на начало 2019 г. с выходом на проектную годовую мощность добычи в 15 млн. т руды к 2023 г. [11]. К тому же интрузивному комплексу приурочено месторождение Нортмет (*NorthMet*), осваиваемое компанией *Poly-Met Mining Corp.* (Канада). Компания несколько раз отодвигала сроки разработки. Сейчас ввод объекта в эксплуатацию намечен на 2017 г. [9].

В Канаде также имеются проекты освоения сульфидных медно-никелевых месторождений. Однако ресурсы платиноидов на них не превышают 350 т (проект Уэллгрин), а плановые годовые мощности по выпуску платиноидов в 2–3 раза, а в некоторых случаях — в 10 раз ниже, чем для аналогичных производств в ЮАР.

В Зимбабве, в северной части платиноносного интрузивного массива Великая Дайка местной компанией *Great Dyke Investments (Pvt) Ltd* в рамках совместного проекта России и Зимбабве к эксплуатации подготавливается месторождение Дарвендейл (*Darwendale*) (табл. 2). Проектная мощность рудника должна составить 10 млн. т руды в год. На первом этапе планируется выпуск товарного коллективного концентрата с последующим расширением цикла производства до выпуска конвертированного штейна [1].

В Австралии, где ежегодно добывается не более 1 т попутных платиноидов из руд сульфидных месторождений, известны несколько проектов освоения месторождений малосульфидного собственно платиноидного типа, однако сроки их реализации еще не определены. Например, компания *Panoramic Resources Ltd.* проводит металлургические изыскания по повышению извлечения драгоценных металлов из собственно платиноидных руд месторождения Пантон (*Panton*) в штате Западная Австралия для последующего обновления финансово-экономической оценки. На месторождении Манни-Манни (*Munni Munni*) аналогичного геолого-промышленного типа работы ведутся с 1970-х годов, однако несмотря на изученность интрузивного массива и развитую инфраструктуру добывающего региона освоение месторождения в ближайшее время не планируется [7]. Ведется освоение нетипичного объекта — ме-

сторождения Оуендейл (*Owendale*), представляющего собой латеритные коры выветривания интрузивного комплекса основных-ультраосновных пород с промышленными концентрациями скандия и попутной платины. Работы осуществляет местная компания *Platina Resources Ltd.*, планируя на нем карьерную отработку [7].

В развитых регионах стран-производителей МПГ ведутся и геологоразведочные работы более ранних стадий (табл. 2). Наиболее развиты они в Канаде, в северной части провинции Онтарио, в рудном районе Садбери (*Sudbury*) и на прилегающих территориях. На площади Аер-Кидд (*Aer-Kidd*) в районе Садбери, по данным компании *Royal Nickel Corp.*, содержания МПГ в рудных пересечениях составляют 5–7 г/т. На площади Паркин (*Parkin Offset Zone*) сульфидное оруденение с содержаниями МПГ порядка 1,7–2 г/т приурочено к дайкам кварцевых диоритов, апофизам интрузивного массива, получившим название «офсеты». Работы ведет компания *Wallbridge Mining Company Ltd.* Недалеко от рудного района Садбери (*Sudbury*) компания *Pacific North West Capital Corp.* ведет ГРП на перспективной площади Ривер-Валли (*River Valley*). Минерализация вкрапленного типа приурочена к брекчиевой зоне в расслоенном интрузивном массиве основных-ультраосновных пород. Зона имеет ширину около 20–50 м и прослежена на 9 км по простиранию. Данные бурения позволяют ожидать обнаружения рудных тел и на большей глубине [6].

Однако помимо ГРП в известных продуктивных на МПГ регионах ведется выяснение перспектив новых территорий. Геологоразведочные работы ранних стадий проводятся в Кот-д'Ивуаре на Аляске и на побережье Гренландии.

На территории Кот-д'Ивуара компанией *Sama Resources Inc.* (Канада) выявлены промышленные концентрации платиноидов в сульфидном оруденении, приуроченном к интрузивному дифференцированному массиву основных-ультраосновных пород в северо-западной части страны. Кроме сульфидного оруденения на исследуемой площади выявлены латеритные никель-кобальтовые коры выветривания, содержащие также платину и скандий [10].

Канадская компания *Pacific North West Capital Corp.* изучает интрузивный массив Тонсина (*Tonsina*) с малосульфидной платиноидной минерализацией, подобной бушвельдскому типу, в центральной части штата Аляска в США. Содержания в рудных пересечениях составляют 0,8–1,2 г/т МПГ [6].

В Гренландии компания *Platina Resources Ltd.* (Австралия) ведет ГРП на месторождении Скаергаард (*Scaeragaard*). Продуктивные горизонты, несущие малосульфидную минерализацию, приурочены к расслоенному интрузивному массиву и по типу подобны бушвельдскому оруденению. Металлургические исследования руд подтвердили возможность переработки по гравитационно-флотационной схеме и показали высокие показатели извлечения драгметаллов (90 % золота, 83–87 % МПГ), а также возможность получения титаномагнетитового концентрата. Компания продолжает изучение площади [7]. Кроме того, ГРП ведутся еще на некоторых участках острова — компания *North American Nickel Inc.* (Канада) ведет изучение сульфидного оруденения, при-

уроченного к интрузивному норитовому массиву на площади Манитсок (*Manitsoq*) в западной части острова. Сведений о содержаниях МПГ в пробах пока не опубликовано. Южнее, на площади Диско-Нуусуак (*Disko-Nuussuaq*) ведет работы компания *Avanna Exploration Ltd.* (Дания), которая изучает массивное сульфидное медно-никелевое оруденение с платиноидной минерализацией, подобной норильскому типу. Данные о результатах бурения также пока не опубликованы.

Практически полностью отсутствует информация о геологоразведочных работах в Китае, хотя известно, что в стране эксплуатируются месторождения сульфидного медно-никелевого типа разного масштаба.

Таким образом, геологоразведочные работы на металлы платиновой группы ведутся преимущественно в традиционных продуктивных регионах, причем большинство работ направлено на выявление сульфидной медно-никелевой минерализации, где платиноиды выступают в качестве попутных компонентов. Тем не менее, работы, направленные на выявление новых потенциальных рудоносных площадей и месторождений как с собственно платиноидной минерализацией, так и с попутной, ведутся и в принципиально новых регионах, где развитой промышленной инфраструктуры нет. Выявленные месторождения хоть и не приурочены к интрузивным массивам с платиноидным оруденением, уникальным по количеству и качеству, могут стать стабильным источником платиноидов при дальнейшем вовлечении их в отработку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Great Dyke Investments (Pvt) Ltd. Project Darwendale (http://greatdykeinvest.com/project_darwendale, 11.05.2016).
2. Ivanhoe Mines Ltd. Platreef Project. 2014 Prefeasibility Study (<http://www.ivanhoemines.com/i/pdf/Platreef-PFS-Technical-Report-Jan-2015.pdf>, 08.01.2015).
3. Jubilee Platinum Plc. Our business. Projects. Tjate (<http://www.jubileeplatinum.com/our-business/projects>, 26.04.2016).
4. Lonmin plc. Annual Report and Accounts for the year ended 30 September 2015 (http://www.lonmin.com/reports/2015/online_annual_report_2015/pdfs/Lonmin_AR2015.pdf, 18.04.2016).
5. Nkwe Platinum Ltd. ASX Announcements. Optimised Garatau BFS and Appendix 3B (<http://www.nkweplatinum.com/index.php?download=true&pdf=http://www.nkweplatinum.com/wp-content/uploads/2012/06/Optimised-Garatau-BFS-and-Appendix-3B.pdf>, 02.11.2012).
6. Pacific North West Capital Corp. Projects (<http://pfncapital.com/s/Home.asp>, 17.05.2016).
7. Platina Resources Ltd. Annual Report 2015 (http://new.platinareources.com.au/files/reports/20150921_-_PGM_ASX_-_Annual_Report.pdf, 18.05.2016).
8. Platinum Group Metals. Technical Report. The Preliminary Economic Assessment on Waterberg Joint Venture Project, Limpopo Province, South Africa. (http://www.platinumgroupmetals.net/files/doc_downloads/PTM%20Waterberg%20PEA%2043-101%2013%20March%202014%20Final.pdf, 04.08.2014).
9. PolyMet Mining Corp. Form 20-F Annual Report for the fiscal year ended January 31, 2014. (<http://www.polymetminning.com/wp-content/uploads/2013/02/0-PolyMet-20-F-AIF-FY14.pdf>, 23.06.2014).
10. Sama Resources. Projects. Samapleu Nickel-Copper-Palladium. (<http://www.samaresources.com/s/Samapleu.asp?numCols=1&page=0>, 16.03.2015).
11. Duluth Metals Corp. NI 43-101 Technical Report on Pre-feasibility Study. Twin Metals Minnesota Project. Ely, Minnesota, USA. (<http://www.twin-metals.com/wp-content/uploads/2012/09/TMM-Project-PFS-Technical-Report.pdf>, 15.04.2015).
12. Wesizwe Platinum Ltd. Bakubung Project Highlights 2015 (<http://wesizwe.co.za/projects-bakubung-project-highlights.php>, 14.04.2016).

© Чернова А.Д., 2016

Чернова Александра Дмитриевна // chernova@vims-geo.ru

Миронов Ю.Б., Афанасьева Е.Н., Лебедев И.О. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»)

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ЗАПАДНО-ПЯЛОЗЕРСКОЙ ПЛОЩАДИ (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)

*Рассмотрены результаты опережающих работ на Западно-Пялозерской площади в структурах Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса, вмещающего золоторудные объекты золото-кварцевой и золото-сульфидной формаций в архейских породах. Показано, что определяющими методами изучения золотоносности закрытых территорий являлись детальные литогеохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния (тилловые поиски) и бурение с комплексом геофизических исследований скважин. По совокупности геолого-геохимических и геофизических методов выделены перспективные на золото участки, даны рекомендации по проведению дальнейших работ. **Ключевые слова:** геохимические аномалии, зеленокаменные пояса, золоторудные формации, рудоносные зоны, прогнозные ресурсы, перспективы.*

Mironov Yu.B., Afanaseva E.N., Lebedev I.O. (VSEGEI)

THE GEOLOGICAL STRUCTURE AND PROSPECTS OF GOLD-WEST AREA PYALAZERSKAYA (REPUBLIC OF KARELIA)

*It has been considered in the work of leading Western-Pyalozerskoy square structures Vedlozersky-Segozerskaya greenstone belt, enclosing objects gold-gold-quartz and gold-sulphide formation in Achaean rocks. There is shown that define the methods of studying gold-bearing areas were closed lithe geochemical detailed search for secondary dispersion halo (till search) and the drilling of a well logging complex. There was on set of geological, geochemical and geophysical methods highlighted promising areas for gold, recommendations for further work. **Keywords:** geochemical anomalies greenstone belt gold ore formation, ore-bearing zone, estimated resources and prospects.*

Золоторудные месторождения зеленокаменных поясов древних щитов играют ведущую роль в мировой добыче золота. При обилии крупных месторождений золота в зеленокаменных поясах мира, в том числе выявленных в последние годы в Финляндии, в пределах Карельской гранит-зеленокаменной области России известны лишь мелкие месторождения и рудопроявления в сходных геологических обстановках [1]. В связи с этим прогноз и поиски промышленных золоторудных месторождений в зеленокаменных поясах Карелии является актуальной проблемой для региона.

Западно-Пялозерская площадь расположена в пределах Койкарско-Корбозерской зеленокаменной структуры, являющейся фрагментом архейского Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса, в области его сопряжения с наложенным Онежским эпикратонным прогибом (рис. 1). Территория сложена преимущественно метаморфизованными в эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фациях позднеархейскими (лопийскими) осадочно-вулканогенными образованиями, относимыми к семчечеренской (AR_{2sm}) и перекрывающей