

УДК 553.04

С.А. ЗАХАРОВ<sup>1</sup>, С.К. МУСТАФИН<sup>2</sup>

**УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ РОССЫПЕЙ АЛМАЗОВ АРКТИКИ В БАССЕЙНАХ  
РЕК АНАБАР И ЛЕНА**

*1 – Российская Федерация, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ОАО «Алмазы Анабара»  
[ecology@alanab.ru](mailto:ecology@alanab.ru)*

*2 – Российская Федерация, Республика Башкортостан, г. Уфа,  
Башкирский государственный университет,  
[sabir.mustafin@yandex.ru](mailto:sabir.mustafin@yandex.ru)*

*Анализируются материалы по геологическому строению объектов Анабарского и Приленского россыпных алмазодобывающих районов. Рассматриваются основные аспекты геологического строения объектов, инженерно-геологические и криологические условия территории, особенности разработки и рекультивации нарушенных земель.*

Рассматриваются россыпи бассейна реки Биллях Анабарского россыпного алмазоносного района Лено-Анабарской алмазоносной субпровинции северо-востока Сибирской платформы. Субширотная долина реки Биллях протяженностью 56,5 км, выработана в доломитах анабарской свиты среднего кембрия которым свойственны пористость, кавернозность и развитие маломощной (в среднем 0,6–0,9 м) коры выветривания. Долина реки врезана, как правило, на незначительную глубину – 20–30 м в среднем течении – до 30–40 м, а в нижнем – до 90–100 м. Коэффициент уклона продольного профиля в среднем 0,003–0,004 в приустьевой части и в верховьях возрастает до 0,005–0,008. С учетом геоморфологического строения россыпи и особенностей изменчивости вдоль нее алмазоносности выделено 6 участков. Алмазоносность аллювия р. Биллях установлена в 1954 г. в результате геолого-съёмочных работ масштаба 1 : 200 000, была оценена в 1966–1972 гг. Долинная россыпь на протяжении 53 км предварительно разведана в 1987–1989 гг. и по сложности геологического строения отнесена ко II-й группе. Наблюдается корреляция алмазоносности современных россыпей с фрагментами распространения алмазоносных неогеновых долин или покровных отложений этого возраста [1]. Месторождение расположено в криолитозоне; нижняя граница многолетнемерзлых пород проходит на глубине 300–400 м, мощность деятельного слоя в середине августа, 0,05–1,5 м. В пределах промышленного контура россыпи выделяются: современноверхнечетвертичная, средневерхнечетвертичная, неоген-нижнечетвертичная части, различающиеся уровнем подошвы продуктивного пласта, литолого-фациальными и геоморфологическими особенностями. Современно-верхнечетвертичная россыпь имеет сплошной контур балансовых запасов и включает в себя отложения русла, пойм, надпойменных террас и переуглубленной долины. Средне-верхнечетвертичная россыпь приурочена к образованиям палеодолин, развитых фрагментарно на склонах современной долины. Неоген-нижнечетвертичная россыпь в эрозионно-карстовых депрессиях установлена в верхней части долины реки.

Пески представлены песчано-гравийно-галечно-щебнистыми образованиями с различным содержанием илистого, глинистого и валунно-глыбового материала, валуны доломитов 15–40 см. Валунность песков – 0,1–38,4 %. Содержание песчано-глинистого материала фракции – 0,5 мм составляет 40–60 %. Грубообломочный материал представлен доломитами (70–80 %), их окремненными разностями (8–10 %), кремнями (7–17%), реже – галькой известняков, халцедона, кварца, кварцита, песчаников и др. Как попутные компоненты рассматриваются золото и платиноиды.

В 2013 г. из россыпи р. Биллях добыто 1,3 млн. каратов алмазов. Количество окрашенных камней – 42,3 %; преобладают индивиды лилово-коричневой – 17,1 %, серой – 13,3 % и желтой – 7,1 % окраски. Средний вес алмазов 20,5 мг (~ 0,1 карата). Добыто несколько крупных алмазов весом более 50 кар, в том числе «Творец» – самый крупный из найденных в россыпях РФ, размерами 52,4 x 33,0 x 24,4 мм, весом – 298,52 карата; камень – третий по весу ювелирный алмаз, найденный в Республике Саха (Якутия) выставлен в Алмазном фонде Российской Федерации.

К продуктивному пласту относятся так же маломощные (0,3–1,0 м) переотложенные коры выветривания, представленные доломитовой мукой со значительным (до 31,4 %) содержанием глыб.

Торфа россыпи представлены илистыми, суглинистыми или супесчаными отложениями с примесью (первые проценты) грубообломочного материала и визуально легко отличаются от песков. Суглинки и супеси имеют следующие характеристики: влажность 0,31–0,52; относительная осадка под нагрузкой 0,081–0,301 кг/см<sup>2</sup>; общее сопротивление сдвигу – 0,10–0,25 кг/м<sup>2</sup>. Инженерно-геологические условия месторождения определяются расположением его в зоне развития многолетнемерзлых пород, мощность которых достигает 300 м, и климатическими условиями территории. Породы находятся в многолетнемерзлом состоянии с устойчивым температурным

режимом (минус 4,8 °С – минус 6,4 °С). Общая мощность летнего оттаивания пойменных суглинков при мощности непрерывно снимаемых слоев 15 см равна 5,0 м.

Исходя из метеорологических условий территории Анабарского улуса и производительности участка по добыче и промывке песков, общая продолжительность рабочего сезона принимается равной 335 суток (15 января – 15 декабря). Весь рабочий сезон делится на 5 периодов:

1. Вскрыша торфов, проведение горно-подготовительных работ (ГПР) и строительство гидротехнических сооружений (ГТС), выемка мерзлых песков, транспортировка песков УД (СОФ): 15 января – 31 мая.

2. Подготовительные работы к промывке песков, проведение ГПР и ГТС: 01 июня – 10 июня.

3. Промывка песков на УД, транспортировка «зерна» в ТСС СОФ, проведение ГПР и ГТС, вторичная переработка г/массы: 01 июня – 21 сентября. Продолжительность промсезона – 113 сут.

4. Рекультивация погашенных блоков и объектов ГПР и ГТС: 11 сентября – 30 октября.

5. Зачистка хвостохранилища от шлама: 01 февраля – 30 сентября. Рекультивации подлежат: отвалы вскрышных пород, которые обратно засыпаются в отработанные блоки; отстойники-хвостохранилища с дамбами; промплощадки; рудные дворы; автоотвалы рыхлых горных пород; эфельные отвалы.

Горнотехнический этап рекультивации производится после отнесения площадей к отработанным и включает:

1) выколаживание бортов разрезов и откосов отвалов;

2) отсыпку галечником илистых бортов разрезов подлежащих затоплению для предотвращения размыва пород;

3) нанесение на спланированные поверхности почвенно-растительного слоя или слоя потенциально плодородных пород. При проведении горно-добычных и геологоразведочных работ, ОАО «Алмазы Анабара» предусматривается проведение различных мероприятий для предотвращения загрязнения водных ресурсов: строительство руслоотводного канала, рациональное использование воды, проведение регулярного контроля за степенью очистки сточных вод, проведение мероприятий по предотвращению загрязнения водоемов нефтепродуктами, проведение обследования гидротехнических сооружений, которые проводятся в полевой документации маркшейдерской и экологической службой [1].

Комплексная рекультивация нарушенных земель проводится в целях снижения экологических рисков связанных с техногенной трансформацией почвенного покрова и призвана обеспечить: создание земельных ландшафтов зарастания, устранение нарушения гидрогеологического режима местности, очагов эрозионных процессов. Ключевыми факторами влияющими на социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации, как отмечается в «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» являются: а) экстремальные природно-климатические условия, включая низкие температуры воздуха, сильные ветры и наличие ледяного покрова на акватории арктических морей; б) очаговый характер промышленно-хозяйственного освоения территорий и низкая плотность населения; в) удаленность от основных промышленных центров, высокая ресурсоемкость и зависимость хозяйственной деятельности и жизнеобеспечения населения от поставок из других регионов России топлива, продовольствия и товаров первой необходимости; г) низкая устойчивость экологических систем, определяющих биологическое равновесие и климат Земли, и их зависимость даже от незначительных антропогенных воздействий [1].

Месторождения россыпных алмазов бассейна реки Молодо – левого притока реки Лена относится к Приленскому алмазодобывающему району Лено-Анабарской субпровинции

в зоне сочленения Анабарской антеклизы с Предверхоанским краевым прогибом. Россыпь представлена участками Верхнее Молодо и Молодо протяженностью 19 км и 42,5 км разделенными участком в 28,5 км. Россыпь алмазов реки Молодо открыта в 1960 г. Амакинской ГРЭ, поисково-оценочные работы проведены в 1960–1970 гг., предварительная и детальная разведка участка Молодо – в 1973–1976 гг. предварительная разведка участка Верхнее Молодо – в 1981–1983 гг. В геологическом строении площади участвуют карбонатные породы еркекетской и куонамской свит  $\text{Є1-2}$ , терригенные породы далдынской свиты  $\text{С3-Р1}$ , отложения четвертичного возраста – от QII-III до QIV, представленные аллювием различной алмазности и склоновыми образованиями [2].

Россыпь аллювиального типа, включает аллювий русла, кос и низкой поймы (русовая россыпь), высокой поймы и террас (террасовая россыпь), по морфологии – долинная, представлена залежью пластообразной формы. По сложности геологического строения относится к третьей группе. Средняя ширина россыпи в русловой части 54,9 м, в террасовой – 108,9 м; средние мощности: льда – 0,18 м, торфов – 2,69 м, продуктивного пласта (песков) – 1,82 м. Пласт алмазносных галечников (песков) основания залежи перекрыт осадками поймы и склонов (торфами) не содержащими алмазы. К особенностям геологического строения россыпи относятся: изменчивость ширины, невыдержанная мощность, высокая изменчивость содержания алмазов, линзовидно- и узко-струйчатый типом концентрации алмазов. Пески россыпи характеризуются объемной массой 1,78–1,9 т/м<sup>3</sup>; естественной влажностью – 10,8–13,8 %; льдистостью – 1,4–5,4 %; валунистостью 1,3 – 3,96 %; коэффициентом разрыхления – 1,2–1,45. Торфа имеют объемную массу 1,67 т/м<sup>3</sup>; и высокую льдистость – 25–35 %. Гранулометрический анализ показал, что в продуктивных отложениях преобладают (около 80 %) галька и гравий известняков, битуминозных сланцев, песчаников, реже кварца, содержание валунов от 0,67 до 1,17 %; коэффициент окатанности обломочного материала от 28,3 до 56,4 %. Выбор рациональной схемы обогащения обеспечили результаты изучения гранулометрического состава, промывистости и обогатимости песков, их минералогопетрографического состава, выхода тяжелой фракции и других характеристик. Минеральный состав тяжелой фракции представлен ильменит-лимонит-пироксен-альмандиновой ассоциацией, в подчиненном количестве присутствуют магнетит, рутил, циркон и др. В алмазном сырье количественно преобладают кристаллы класса – 2+1 мм (54,9 %), доля камней класса –4+2 мм – 30,7 %, мелких кристаллов –1+0,5 мм и крупных камней – 8+4 мм – 1,8 %; ювелирные камни крупных классов определяют основную стоимость сырья.

Основная масса зернистого материала песков (89,07–97,60 %) имеет плотность менее 2,86 г/см<sup>3</sup>, количество материала промежуточной плотности 2,86–3,20 г/см<sup>3</sup> от 1,91 до 6,24 %. Выход тяжелой фракции плотностью более 3,2 г/см<sup>3</sup> повышается с уменьшением крупности зерна от 0,49 до 3,91 %. Объект расположен в области сочленения Оленекского гидрогеологического массива и Нижне-Ленского артезианского бассейна, в зоне сплошного развития многолетней мерзлоты мощностью до 600 м, что обусловило отсутствие связи подмерзлотных и межмерзлотных вод с надмерзлотными. Геокриологические условия территории наряду с ведущим климатическим фактором формируют геолого-геоморфологические особенности речной системы, литологический состав и влажностный режим рыхлых долинных отложений, характер растительного покрова.

Проведенные ранее инженерно-геологические исследования и криологическая съемка позволили оценить мерзлотно-инженерно-геологические условия месторождения выделить два инженерно-геологических комплекса со сходными геолого-геоморфологическими и мерзлотными условиями:

- 1) аллювий современного русла;
- 2) аллювий высокой поймы и надпойменных террас.

Дочетвертичные скальные многолетнемерзлые породы представлены известняками и битуминозными сланцами €1-2, слабо сцементированными песчаниками СЗ-Р1 возраста и туфолавами Г1. Глубина оттаивания на склонах южной экспозиции – 1,5–2,5 м и на склонах северной экспозиции – 0,4–0,7 м. Льдистость, в зависимости от степени трещиноватости, от 10 до 90 % (в среднем 30–35 %). Неогеновые аллювиальные галечники с прослоями песков мощностью 0,5–12 м. относятся к группе твердомерзлых прочно сцементированных льдом грунтов с глубиной оттаивания до 2,2 м. Четвертичные многолетнемерзлые породы подразделяются по возрастному и генетическому принципам на флювиогляциальный, аллювиальный, делювиальный элювиальный типы. Флювиогляциальные отложения верхнечетвертичного зырянского оледенения (fQIII) – пески, супеси, суглинки с горизонтом галечников (0,2–2,0 м) в основании. Льдистость от 15 до 80 %, в среднем 30–35 %. Мощность сезонно-талого слоя изменяется от 0,4 до 1,1 м. Аллювиальные отложения:

- 1) первой и второй надпойменных террас р. Молодо (a1QIII-a2QIII);
- 2) высокой поймы (aQ1H);
- 3) низкой поймы (aQ2H) распространены повсеместно представлены песчано-гравийными галечниками, супесями, суглинками.

Характеризуются льдистостью 15–90 %, мощностью сезонно-талого слоя до 2,2 м. и распространены практически повсеместно. Аллювий террас мощностью в 10–12 м, в низах разреза представлен галечниками (1–4 м). Сезонно-талый слой от 0,9 до 21,7 м; консистенция грунтов в талом состоянии меняется от мягко-пластичной до твердой. Косово-руслевые современные отложения (aQH) представлены галечниками с льдистостью 1–8 %. Озерно-болотные современные отложения (lbQIII-H) представлены торфом, илом, суглинками с льдистостью до 60 % и глубиной сезонно-талого слоя от 0,3 м до 2,0 м. Делювиальные современные отложения – пески, супеси, суглинки с примесью щебнево-глыбового траппового материала с льдистостью 25–30 %, мощностью сезонно-талого слоя 0,4–1,5 м. Элювиальные современные отложения на поверхность не выходят и развиты на субстрате 3-х разновидностей:

- 1) глинисто-щебнистый элювий на известняках €;
- 2) глинистый элювий на глинистых сланцах и глинистых конгломератах Р;
- 3) песчаный элювий на песчаниках Р.

Они подстилают отложения четвертичного возраста и характеризуются повышенной льдистостью (в среднем 40–45 %). Процесс разработки месторождения открытым способом сопровождается геомеханическими нарушениями земель, обусловленными:

- 1) удалением растительности и почвенного покрова на площадях выемки запасов;
- 2) выемкой торфов и алмазонасных песков из эксплуатационных разрезов;
- 3) складированием отвалов торфов на бортах разрезов;
- 4) устройством дорог и подъездов, площадок для ремонта и обслуживания техники.

Горнотехнический этап рекультивации включает:

- 1) выполаживание бортов разрезов и откосов отвалов;
- 2) отсыпку галечником илистых бортов разрезов подлежащих затоплению для предотвращения размыва пород;
- 3) нанесение на спланированные поверхности почвеннорастительного слоя или слоя потенциально плодородных пород [2].

Горно-экологический мониторинг отработки россыпи в условиях криолитозоны Арктики как основные последовательные операции технологического процесса включает:

- 1) вскрышные и подготовительные работы;
- 2) добычные работы;
- 3) размещение вскрышных пород и отходов производства;
- 4) рекультивация нарушенных горными работами земель [1, 2, 3].

## Список литературы

1 Захаров, С.А., Мустафин, С.К. Россыпи алмазов реки Молодо (бассейн Лены): геологические и инженерно-геологические аспекты разработки. В сб.: «Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение и экология». Мат-лы XV международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. – Пермь : ПГНИУ, 2015. – С. 69–71.

2 Захаров, С.А., Мустафин, С.К. Строение и инженерно-геологические условия освоения россыпей алмазов Арктики (на примере бассейна реки Анабар). В сб.: «Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение и экология». Мат-лы XV международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. – Пермь : ПГНИУ, 2015. – С. 71–73.

3 Захаров, С.А., Мустафин, С.К. Строение и инженерно-геологические условия освоения россыпей алмазов Арктики (на примере бассейнов рек Анабар и Лена). Сб. статей по материалам научно-практической конференции «Геология, геодинамика и геоэкология Кавказа». Тр. Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Выпуск 66. Махачкала: Институт геологии ДНЦ РАН, «АЛЕФ» (ИП Овчинников М.А.), 2016. – С. 51–56.

S.A. ZAKHAROV, S.K. MUSTAFIN

### ***CONDITIONS OF DEVELOPMENT OF THE ARCTIC DIAMOND PLACERS IN THE BASINS OF THE ANABAR AND LENA***

*Materials on a geological structure of objects of the Anabar and Prilensky loose diamondiferous districts are analyzed. The main aspects of a geological structure of objects, engineering-geological and cryologic conditions of the territory, feature of development and land reclamation are considered.*