

УДК 574.:622.33 (571.56)

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ЯКУТИИ

**Иванов В.В.**

*Научно-исследовательский институт прикладной экологии Севера Северо-Восточного  
Федерального университета (НИИПЭС СВФУ), Якутск, e-mail: v.v.ivanov@mail.ru*

Рассматриваются геоэкологические факторы, которые влияют на воздействие недропользования в условиях криолитозоны. Отмечается их разделение на три основные группы: естественные (географические, геологические и горно-технические, технологические. По каждому фактору приводятся основные особенности, которые необходимо учитывать на каждой стадии освоения месторождений.

**Ключевые слова:** геоэкологические факторы, недропользование, криолитозона, свойства многолетнемерзлых пород (ММП), льдистость ММП, повторно-жильные льды (ПЖЛ)

## GEO-ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MINERAL DEVELOPMENT OF YAKUTIA

**Ivanov V.V.**

*Scientific-Research Institute of Applied Ecology of the North, North-East Federal University  
(NIPES NEFU), Yakutsk, e-mail: v.v.ivanov@mail.ru*

Geoecological examines factors that influence the effects of subsoil use in conditions of kriolitozony. Their division into three main groups: natural (geographical, geological and mining engineering, technology. For each factor are the main features that need to be taken into account at each stage of field development.

**Keywords:** geo-ecological factors, land use, kriolitozона, properties of permafrost breeds (MMT), l'distost' MMP, re-Lode ICES (PZL)

Анализ работ, посвященных исследованиям преобразования природных комплексов Севера при разработке различных месторождений полезных ископаемых, показывает, что на каждом производственном цикле недропользования происходит воздействие на природную среду как непосредственно в зоне прямого контакта с элементами экосистем, так и далеко за пределами горного отвода. Трансформации подвергаются в различной степени все элементы природного комплекса, атмосферный воздух, недра, водная и наземная экосистема, биологические объекты.

Геоэкологические факторы, сопряженное взаимодействие которых определяет динамику и степень преобразования экосистем можно разделить на три основные группы. Во-первых, это естественные (географические), природно-климатические и прочие факторы, присущие природной обстановке данного района недропользования. Во-вторых, это факторы, обусловленные свойствами и специфическими характеристиками, в частности условиями залегания добываемого полезного ископаемого (геологическими и горно-техническими условиями). В-третьих, важнейшей группой факторов являются и технологические методы разработки месторождений.

Основными географическими и геоэкологическими факторами, отрицатель-

но (значительно реже – положительно) влияющими на преобразование экосистем криолитозоны (КЛЗ) являются широтно-климатические (отчасти высотно-поясные) положения и геокриологические (мерзлотные) условия ландшафтов, где залегают месторождения.

Во многих исследованиях природной среды Якутии подчеркивается ее экстремальность по условиям жизнедеятельности человека, которая в первую очередь связана с влиянием на все виды природопользования в регионе климатических и криогенных факторов.

Природно-географические особенности криолитозоны оказывают огромное влияние на состояние экосистем Севера, на их чувствительность и устойчивость к техногенному воздействию, на способность к самовосстановлению. Для северных территорий характерны особые условия воздухообмена, которые выражены как частые штилевые явления в зимний период, преобладание малых скоростей ветров, высокая повторяемость приземных и приподнятых инверсий воздуха, вертикальная температурная стратификация, туманы. По сочетанию этих неблагоприятных метеорологических условий большая часть территории Якутии относится к районам высокого и очень высокого потенциала загрязнения атмосферного воздуха [1], что снижает способность рас-

сеивания атмосферным воздухом примесей и способствует его загрязнению даже при сравнительно небольших объемах выбросов вредных веществ различными источниками (автотранспорт, горная и строительная техника, отопительные системы, промышленные предприятия и сооружения, буровзрывные работы и т.д.).

Данное обстоятельство требует применения в практике недропользования в Якутии специально разработанных с учетом климатических условий региона мероприятий по снижению запыленности воздуха при горных работах.

Многолетняя мерзлота оказывает существенное влияние на ландшафты и их экологическое состояние во многом определяется характером проявления криогенных процессов – термокарста, солифлюкции, мерзлотного пучения и т.д. Функционирование ландшафтов зависит от состояния и свойств многолетнемерзлых пород (ММП) – льдистости отложений, температуры горных пород, мощности сезонно-талого и защитного слоев [2].

Многие исследователи отмечают, что в зависимости от характера освоения территории и техногенного воздействия, ландшафтных особенностей криогенных экосистем одинаковое нарушение поверхности в одних условиях вызывает повышение температуры многолетнемерзлых пород и проявление или усиление термокарста, термоэрозии и солифлюкции, а в других – понижение температуры пород и проявления процессов пучения, морозобойного трещинообразования, наледей [3, 4, 5, 6, 7].

Естественными особенностями многолетнемерзлых пород, которые во многом влияют на степень воздействия горных работ на преобразование ландшафтов, являются их отрицательная температура и наличие цементирующей замерзшей воды, которые содержатся в породах в виде микроскопических частиц или могут быть представлены массивами повторно-жильных льдов (ПЖЛ). Данные особенности ММП наиболее ярко проявляются на россыпных месторождениях, расположенных в тундровой зоне и лесотундровой полосе, где мощность ПЖЛ местами может достигать десятков метров.

В зонах распространения ПЖЛ или сильнольдистых пород при проходке траншей, руслоотводных каналов, карьеров и т.д. линейный рост термоэрозионных образований (оврагов) достигает до 50-100 м/год [8].

Льдистость ММП, равно как и температура мерзлых пород должны учитываться при всех стадиях развития недропользования в зоне распространения мерзлоты.

При развитии процессов, связанных с нарушениями почвенного покрова, грунтов в результате температурного градиента, происходит поступление мелкодиспергированных продуктов разрушения в поверхностные водотоки, вызывая их загрязнение взвешьями и различными химическими веществами.

Особенности водоемов и водотоков Якутии (длительность ледового покрова, низкая температура воды) негативно отражаются на загрязнение их вод взвешенными веществами, различными микроэлементами и на ухудшение химических свойств даже при незначительных изменениях естественных условий и техногенных воздействиях.

При ведении горных работ в многолетнемерзлых породах встречаются участки с тальми зонами, которые чаще всего бывают, заполнены таликами, т.е. водами, поступающими с поверхности, или образованными при оттайке жил подземных льдов. Талики наблюдаются в районах разработок россыпных и угольных месторождений Северной и Южной Якутии. Таликовые зоны в основном приурочены к руслам рек или днищ озер. В работе [9] описывается условия залегания россыпного месторождения олова в пределах пойменной части р. Тенкели, где отмечается наличие таликовой зоны, температуры горных пород которой в течение года имеют положительные значения.

В ряде случаев возрастание тепловой нагрузки при снятии почвенно-растительного покрова мерзлых пород приводит к формированию техногенных таликовых зон [10].

Таким образом, многолетняя мерзлота, выступает ведущим природным фактором, активно влияющим на развитие, как биотических процессов, так и последствий техногенного воздействия. В конечном счете криогенная составляющая северных территорий предопределяет всю экологическую обстановку при ее освоении.

Приведенные географические и геокриологические характеристики мерзлотных ландшафтов при освоении месторождений минеральных ресурсов являются основными факторами негативного воздействия на рельеф и загрязнения водной среды в различных природных зонах Якутии (таблица).

Данные особенности криолитозоны Якутии и сопутствующие им негативные процессы во многом должны определять выбор не только способов, технологии разработок месторождений в условиях той или иной географической зоны региона, но должны быть учтены и при проектировании и использовании природоохранных мероприятий при недропользовании.

Основные географические и геокриологические факторы, характеризующие преобразование ландшафтов при недропользовании

| Виды минеральных ресурсов                             | Географические и геокриологические факторы   |   |
|---|--|---|
|   | Климатические  | Криогенные  |
| 1   | 2  | 3   |
| Северная Якутия                                       |  |   |
| Россыпные золото, олово, алмазы                       | Арктический пояс.<br>$t_{\text{ср.январь}} -28 \div -38^{\circ}\text{C}$ ;<br>$t_{\text{ср.июль}} 2 \div 12^{\circ}\text{C}$               | ПЖЛ – Н до 30 м, сильнольдистые породы.<br>СТС 0,4-0,7 м. Термоэрозия   |
| Рудное золото, олово                                  |  |   |
| Центральная Якутия                                    |  |   |
| Россыпное золото, россыпи алмазов                     | Субарктический пояс.<br>$t_{\text{ср.январь}} -33 \div -50^{\circ}\text{C}$<br>$t_{\text{ср.июль}} 11 \div 16^{\circ}\text{C}$             | ПЖЛ – до 3-5 м, сильно- и слабольдистые породы.<br>СТС 0,7-1,2 м. Талики, наледи.<br>Термоэрозия, термокарст                                  |
| Рудное золото, серебро, сурьма                        |  |   |
| Коренные месторождения алмазов (кимберлитовые трубки) | Субарктический и умеренный пояса.<br>$t_{\text{ср.январь}} -33 \div -46^{\circ}\text{C}$ ; $t_{\text{ср.июль}} 12 \div 19^{\circ}\text{C}$ | Слабольдистые породы.<br>СТС 0,5-1,2. Морозобойное растрескивание, суффозия   |
| Каменный и бурый уголь                                | Умеренный пояс<br>$t_{\text{ср.январь}} -28 \div -46^{\circ}\text{C}$<br>$t_{\text{ср.июль}} 12 \div 18^{\circ}\text{C}$                   | Сильнольдистые отложения.<br>СТС 2,0-3,0. Пучение, морозобойное растрескивание  |
| Углеводородные ресурсы                                |  |   |
| Южная Якутия  |  |   |
| Россыпные золото, платина                             | Умеренный пояс<br>$t_{\text{ср.январь}} -28 \div -36^{\circ}\text{C}$<br>$t_{\text{ср.июль}} 4 \div 12^{\circ}\text{C}$                    | Прерывистая и островная мерзлота, слабо-льдистые породы; Талики и наледи. СТС 0,8-4,0 м. Термоэрозия, термокарст, морозобойное растрескивание |
| Рудные месторождения золота, железа, урана и апатитов |  |   |
| Каменный уголь  |  |   |

Из множества геологических показателей самых различных месторождений полезных ископаемых, в качестве наиболее влияющих на выбор способа и параметров системы разработки месторождений, применяемой технологии, техники можно отметить рельеф местности (горный, равнинный), глубину залегания, мощность продуктивного тела (слоя, пласта, жилы и т.д.), угол наклона, форму рудного тела, содержание полезного компонента.

Если угольные и россыпные месторождения региона отличаются сравнительно простой пластообразной формой залегания, то рудные тела имеют довольно сложное строение. В некоторых случаях они распространены на значительные пространства в виде выдержанных пластообразных или линзовидных залежей, а в других образуют глубоко уходящие и обычно линейно вытянутые тела в виде жил и даек.

Например, форма алмазоносных кимберлитовых трубчатых тел Якутии меняется в зависимости от размера эрозионного среза, типа канала и числа фаз внедрения кимберлитовых пород. Различают отно-

сительно выдержанные, простые по форме сечения одноканальные трубки взрыва (овальные, округлые, близкие к изометричным) с крутым углом падения, которые в прикорневой части имеют грушевидную форму (трубки «Мир», «Интернациональная», «Дачная»). Другую группу составляют трубки со сложной двоякой, гантелевидной формой сечения с расходящимися на глубине каналами (трубки «Новинка», «Удачная», «Сибирская», «Юбилейная»). Очень сложные формы имеют сильно вытянутые, линзовидные, дайкообразные с раздутыми горизонтальными сечениями трубки с каналами трещинного и смещанными трещинного и центрального типа кимберлитовые тела (трубки «Заполярная», «Якутская», «Сытыканская», «Айхал») [11].

Общеизвестно, что наибольший урон на природную среду наносится при открытом способе разработки месторождений минеральных ресурсов, характеризующихся значительным объемом выбросов в атмосферный воздух, сбросом загрязняющих веществ в водные объекты, масштабным прямым уничтожением почвенно-расти-

тельного покрова, занятием земель под отвалы пустых пород и другими негативными явлениями и процессами.

В настоящее время на самых крупных алмазодобывающих месторождениях Якутии исчерпаны возможности открытого способа отработки, и горно-обогатительные комбинаты переходят на подземную добычу. С глубиной горнотехнические условия на многих трубках сильно усложняются, что связано как с изменением форм залегания рудных тел, так и гидрогеологических, газодинамических и других параметров отработки месторождений, что осложняет как технологию разработки, так и экологические последствия.

Горное производство сложный комплекс, включающий добычу (извлечение из недр) полезного ископаемого и его первичную переработку, который отличается интенсивностью и разнообразием негативного воздействия на все компоненты экосистем района освоения месторождений. Тем не менее, технологические факторы воздействия на природную среду можно отнести к наиболее поддающимся к управлению параметрам, в т.ч. и по экологической необходимости.

#### Список литературы

1. Экогеохимия городов Восточной Сибири / И.С. Ломоносов, В.Н. Макаров, А.П. Хаустов и др. – Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО РАН, 1993. – 108 с.
2. Гаврилова М.К., Федоров А.Н., Варламов С.П. и др. Влияние климата на мерзлотные ландшафты Центральной Якутии. – Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО РАН, 1996. – 152 с.
3. Алексеев В.Р., Усов В.А. Влияние наледей на инженерные сооружения Амуро-Якутской магистрали // *Материалы по мерзлотоведению Сибири и Дальнего Востока.* – Иркутск: 1964. – С. 93-97.
4. Браун Дж., Граве Н.А. Нарушение поверхности и ее защита при освоении Севера. – Новосибирск: Наука, 1981. – 89 с.
5. Втюрин Б.И. Криогенное строение многолетнемерзлых пород Якутии как основа долгосрочного инженерно-геокриологического прогноза // *Устойчивость поверхности к техногенным воздействиям в области вечной мерзлоты.* – Якутск: ИМЗ СО АН СССР, 1980. – С. 50-57.
6. Граве Н.А. Место и направление геокриологических исследований в проблеме охраны среды и рационального природопользования в области вечной мерзлоты // *Устойчивость поверхности к техногенным воздействиям в области вечной мерзлоты.* – Якутск: ИМЗ СО АН СССР, 1980. – С. 6-12.
7. Суходровский В.Л. Антропогенно обусловленные склоновые процессы в тундре // *Устойчивость поверхности к техногенным воздействиям в области вечной мерзлоты.* – Якутск: ИМЗ СО АН СССР, 1980. – С. 36-42.
8. Григорьев М.Н., Зобачев В.А. Особенности криоморфогенеза в районе деятельности Куларского ГОКа // *Климат. Почва. Мерзлота: Комплексные исследования в районах Сибири и Дальнего Востока: Сб. науч. трудов.* – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – С. 152-157.
9. Условия эксплуатации месторождений твердых полезных ископаемых Крайнего Севера. – Новосибирск: Наука, 1982. – 144 с.
10. Замощ М.Н., Папернов И.М. Геофизическая азональность и принципы рекультивации земель, нарушенных при разработке россыпей Северо-Востока СССР // *Проблемы техногенеза и рекультивации при разработке многолетнемерзлых россыпей.* Сборник научных трудов. – Магадан: ВНИИ-1, 1987. – С. 5-15.
11. Колганов В.Ф., Бондаренко И.Ф., Давыденко А.Ю., Васильев П.В. Компьютерное моделирование при разведке и оптимизации разработки месторождений алмазов. – Новосибирск: Наука, 2008. – 262 с.