

Основные принципы систематизации эколого-геокриологической информации

М.М. Шац

Институт мерзлотоведения СО РАН

В работе показаны разнообразные аспекты природопользования в криолитозоне. Применительно к основному для Якутии типу природно-техногенных комплексов – месторождениям полезных ископаемых рассмотрены аспекты, связанные с систематизацией эколого-геокриологической информации, предложены структура и рубрикация семи основных тематических разделов тематических баз данных.

Different aspects of nature management in permafrost zone are shown in the work. The aspects of ecologo-geo-cryologic information systematization are considered in appliance to the typical nature-technogenic complexes of Yakutia. The structure and rubricating of the seven main thematic parts of thematic databases are offered.

Ключевые слова: криолитозона, Якутия, природно-техногенные комплексы, база данных

Использование богатейших природных ресурсов Севера обуславливает возникновение ряда специфических геоэкологических проблем.

Как было показано ранее [1 – 4], при разноплановом и широкомасштабном освоении северных территорий обязательна оптимизация природопользования, заключающаяся в целенаправленном сочетании определённых видов хозяйственной деятельности и компенсационных мероприятий, обеспечивающих поддержание био- и геологических составляющих природной среды в близком к относительно стабильному экологическому состоянию.

При любых вариантах природопользования необходимо уже на начальном этапе освоения оценить фоновое (естественное или близкое к нему) состояние природной среды, сопоставить его с планируемыми вмешательствами и прогнозировать ожидаемую динамику, предусматривая соответствующие меры для уменьшения, а в отдельных случаях и исключения негативного последствия.

В последние годы получили широкое развитие исследования, основанные на использовании при анализе полученных результатов возможностей современных компьютерных технологий. В частности, для систематизации и наглядного отображения данных мониторинга эколого-геокриологических условий в связи с динамикой окружающей среды под влиянием природно-техногенных комплексов (ПТК) успешно применяются ГИС-технологии. Данный подход позволяет практически в реальном режиме

времени интегрировать и наглядно представлять самую разнообразную, в т. ч. «многослойную», информацию о состоянии окружающей среды и её динамике на различных стадиях освоения.

При этом наиболее удобной для последующего использования специалистами различных отраслей формой представления материалов являются базы данных проблемно ориентированной информации. В данной работе основное внимание уделено принципам сбора, систематизации и анализа информации этого направления, а специфические вопросы ГИС-технологий автор оставляет специалистам этой отрасли. В настоящее время в относительно законченном для современного периода виде представлены базы эколого-геокриологических данных для Западно-Якутской алмазной провинции и Южной Якутии [4, 5].

Многолетний опыт геоэкологических исследований позволяет отметить необходимость привлечения при исследовании преобразования окружающей среды в районах с различной спецификой воздействий (в зонах урбанизации, на территориях горнодобывающей деятельности: добычи алмазов, олова, золота, угля; извлечения, транспортировки и переработки углеводородов и т. д.) комплексных методов и подходов.

Очевидно, что в результате всей отмеченной деятельности формируются своеобразные ПТК, под которыми предлагается понимать сочетание определённых техногенных систем, одной или нескольких, отраслевой принадлежности, функционирующих в конкретных природных условиях и отличающихся

специфическими геоэкологическими последствиями своей деятельности.

Из широкого комплекса техногенных факторов для Якутии ведущими являются горнодобывающая и селитебная отрасли. В данной статье освещена специфика систематизации эколого-геокриологической информации применительно к горнодобывающей отрасли.

Проблемы рационального природопользования и воспроизводства природных ресурсов Якутии остаются актуальными на протяжении более семидесяти лет.

Первые попытки их решения можно отнести к началу комплексных исследований географической среды республики на рубеже двадцатых-тридцатых годов прошлого века.

В начале шестидесятых годов в Якутске начинается формирование Якутского филиала АН СССР и создаётся Институт мерзлотоведения СО АН СССР. В то время в структуре филиала наиболее крупными были институты, исследования которых ориентировались скорее на изъятие природных ресурсов, чем на их рациональное использование, а тем более – воспроизводство. Это Институты геологии, физико-технических проблем Севера, а несколько позднее – горного дела Севера СО АН СССР. Тем не менее уже тогда в Институте биологии СО АН СССР выполнялся значительный объём работ, впоследствии ставших основой экологической проблематики.

В это же время в институте мерзлотоведения СО АН СССР ряд исследователей (П.И. Мельников, Н.А. Граве, Н.П. Анисимова, В.Т. Балобаев, Ф.Э. Арэ и многие другие) в своих работах затрагивали эколого-геокриологическую проблематику в части изменения мерзлотных условий под воздействием человека. Подробный обзор работ данного направления этого периода сделан Дж. Брауном и Н.А. Граве [6].

Рассматривая исследования экологической направленности этого периода, следует отметить их фрагментарность, разобщённость по отдельным частным отраслям знаний. Однако именно в это время начали формироваться системные представления о необходимости интегрального подхода к экологической тематике. На фоне общей недооценки очевидных негативных тенденций в динамике природной среды республики, как и Севера в целом, это явилось несомненным успехом.

В восьмидесятые годы пришло понимание необходимости более комплексного и специализированного подхода к проблеме природопользования на Севере. Разноплановое и неконтролируемое вмешательство в естественное развитие природных сред в пределах обширных территорий, особенно в районах активной горнодобывающей и селитебной деятельности, гидротехнического строительства и т. д., приводило к их отчётливому преобразованию, а в центрах освоения – и к полному уничтожению естественной ландшафтной структуры.

В восьмидесятые годы в Институте мерзлотоведения СО АН СССР по инициативе П.И. Мельникова и Н.А. Граве проводится работа по систематизации эколого-геокриологической информации.

Общая методология её получения в результате проведения геокриологического мониторинга в криолитозоне освещена в статье П.И. Мельникова с соавторами [2]. Показано, что поскольку геокриологический фактор выступает на Севере ведущим компонентом природной среды, то при любых геоэкологических построениях он должен быть принят за основной – ведущий.

Выдвинута концепция о необходимости сопровождения любых видов природопользования разномасштабным картографическим мониторингом состояния природной среды. В качестве её интегрального показателя предложен мерзлотный ландшафт, являющийся, по сути, экологическим фоном, на котором и осуществляется вся многообразная хозяйственная деятельность. Отмечено, что при составлении специализированных геоэкологических карт, наряду с традиционными элементами нагрузки, необходимо отображать и своеобразие взаимодействия различных факторов, особенно техногенных. До этого времени данному аспекту внимания почти не уделялось.

Позднее под руководством сотрудника Института А.Н. Фёдорова проведено системное обобщение геоэкологической информации в виде сначала кадастра мерзлотных ландшафтов, а затем и ряда крупных картографических обобщений. Именно эти работы явились первой попыткой систематизации проблемно-ориентированной эколого-геокриологической информации для интенсивно осваиваемой многими отраслями народного хозяйства территории Якутии.

Работы геоэкологической направленности продолжают в Институте мерзлотове-

дения СО РАН по нескольким тематическим направлениям. В первую очередь это мерзлотно-ландшафтная тематика, развивающая и детализирующая упомянутые выше наработки.

Весьма интересные материалы по геоэкологическим последствиям деятельности горнодобывающей отрасли также были получены в районах разработки крупных месторождений алмазов, угля, углеводородов, олова [3, 4].

В последние годы разнообразные работы природоохранной и природопользовательской тематики фундаментального и прикладного характера успешно проводятся в институтах ЯНЦ СО РАН.

Одному из развиваемых в последние годы направлений – систематизации эколого-геокриологической информации и подготовке тематических баз данных природно-техногенных комплексов Якутии и посвящена данная статья.

Анализ современных геоэкологической обстановки и специфики пространственного распределения народно-хозяйственных объектов республики позволяет выявить в её пределах ряд крупных экономико-территориальных комплексов, относящихся к горнодобывающей отрасли.

- западная и северо-западная алмазные провинции;
- юго-западная и западная углеводородные провинции;
- южная, центральная и северо-восточная угольные провинции;
- южная и северо-восточная провинции драгоценных и цветных металлов.

Для каждого из них специфика негативных последствий освоения, их масштабы и степень преобразования природных сред зависят от ряда обстоятельств.

В частности, принципиальное значение имеют вид добываемого полезного ископаемого, способ и стадия добычи. Особенно широко масштабны нарушения поверхностных условий при открытом способе, связанном с созданием карьеров, разрезов и т. п., достигающих иногда многих десятков квадратных километров, сопутствующих отвалов и т. д. Обычно при этом нагрузки на поверхностные геосистемы превышают предельно допустимый уровень, и они полностью преобразуются. В частности, особому воздействию подвергаются микро- и мезорельеф, почвенно-растительный покров, поверхностные и грунтовые воды.

Менее масштабны и губительны для поверхностных геосистем последствия подземного способа добычи. При этом в значительной степени воздействию подвержены более глубокие горизонты горных пород. Это приводит к значительному изменению температур и свойств горных пород, режима и состава подземных вод. В то же время, но в меньшей степени воздействию подвергаются упомянутые поверхностные компоненты окружающей среды.

Весьма важен вид добываемого полезного ископаемого. От состава полезного компонента и вмещающих его пород в значительной степени зависят способ добычи, а значит, и размеры неизбежно возникающих геохимических аномалий, степень их геоэкологической опасности и т. д.

Существенное значение имеет и стадия освоения. При этом степень и масштабы техногенного пресса отчётливо возрастают от стадии съёмки до собственно разработки месторождения.

Так, для стадии съёмки характерны локальные воздействия на площадках полевых лагерей с частичным уничтожением растительного покрова. Подобные площадки относятся к категории слабо нарушенных и занимают обычно около 1 – 2% всей территории освоения. Впоследствии масштабы и степень преобразования природных сред возрастают и на стадии разработки участки с крайне высокой, а часто и катастрофической степенью нарушенности природных сред занимают значительные площади, порой составляющие более 50% всей территории месторождения.

При систематизации объектов горнодобывающей отрасли в базу данных необходимо, наряду с технологическими и горно-геологическими материалами, включать информацию мерзлотно-ландшафтного характера. Учёт естественного фона, отдельных составляющих ландшафтной структуры, их естественного состояния и техногенной динамики – обязательное условие комплексного информационного обеспечения, позволяющего приступить к разработке рекомендаций по прогнозированию и уменьшению негативных последствий деятельности объектов горнодобывающей отрасли.

Весьма значительное влияние на состояние природных сред оказывают отдельные объекты инфраструктуры сопутствующих центрам горнодобывающей отрасли населённых пунктов – энергетические, транспортные

и т. д. Наибольшему воздействию при этом подвергается атмосфера и поверхностные геосистемы.

Однако для конкретных чрезвычайно контрастных и весьма суровых природных условий Якутии наиболее экологёмкой является горнодобывающая отрасль.

При геоэкологической характеристике горно-промышленных ПТК предлагается обобщить и систематизировать следующую тематически структурированную информацию.

1. Наименование месторождения.

2. Местоположение и природные условия, включая административный таксон и природную структуру (долина водотока, орографический элемент, климат, почвенно-растительный покров, мерзлотные условия и т. д.).

3. Вид полезного ископаемого. В геоэкологическом отношении имеет довольно серьёзное значение. При этом степень последствий зависит как от свойств самого полезного ископаемого, так и от состава вмещающих его пород. Особенно экологически опасными являются месторождения нефти. Их разработка даже в безаварийном режиме приводит к значительным трансформациям геосистем, а при разливах могут загрязняться огромные площади. Несколько меньшую опасность представляют месторождения золота. Правда, в процессе его извлечения иногда используются весьма токсичные вещества. В частности, это относится к методу кучного выщелачивания, в последние годы используемого на месторождениях Южной Якутии.

4. Способ обработки при оценке геоэкологических последствий добычи, как отмечалось ранее, имеет принципиальное значение.

5. Стадия и технология обработки месторождения также имеют важное значение для оценки геоэкологической обстановки его района. На стадии съёмки происходят незначительные локальные, описанные ранее, в основном механические, нарушения поверхностных геосистем. Более существенные негативные последствия могут принести лишь техногенные пожары. При переходе к следующим стадиям разведки, строительства и собственно эксплуатации горнодобывающих объектов степень техногенного пресса и площади поражённых территорий многократно возрастают.

Принципиальное значение для тяжести эколого-геоэкологических последствий имеет и технология обработки месторожде-

ния. Привлечение специальных природосберегающих технологий позволяет существенно уменьшить степень негативных последствий освоения и тем самым существенно сократить затраты на проведение природоохранных и компенсационных мероприятий.

6. Степень последствий воздействий на природные среды при отработке месторождений является одним из наиболее комплексных показателей их геоэкологического состояния. Данная оценка требует значительного объёма исходной информации как по объекту воздействия, так и по подвергающейся освоению территории.

Степень последствий разнообразных воздействий при отработке месторождений рационально разделить по следующим градациям:

- *низкая степень* последствий предполагает незначительные нарушения поверхности площади, позволяющие осваивать её при минимальной подготовке;
- *умеренная степень* предполагает ограниченные по площади и по степени нарушения и загрязнения природных сред, не приводящие к необратимым негативным последствиям;
- к *высокой степени* следует отнести последствия, которые в результате существенных нарушений привели площади освоения в состояние, когда восстановление возможно при условии проведения специальных дорогостоящих мероприятий;
- к *катастрофической степени* отнесены площади, которые в результате комплекса воздействий (механических, химических и т. д.) в сочетании с активизированными экзогенными процессами (термоэрозия, термокарст, склоновые и т. д.) приведены в состояние, исключающее восстановление их естественного состояния.

7. Категория объекта по степени тяжести последствий его деятельности является результирующим показателем геоэкологического состояния территории. С одной стороны, отнесение каждого объекта к определённой категории отражает специфику его взаимодействия с природными средами, с другой – сочетание объектов в пределах определённых территорий обуславливает их геоэкологическое состояние.

Ранжирование объектов осуществляется по результатам анализа всей исходной, ос-

вещённой в предыдущих разделах информации. Предлагается выделить четыре категории объектов:

- мало опасные;
- умеренно опасные;
- опасные;
- особо опасные.

Объекты, причисленные к категории *мало опасных*, обычно включают месторождения, находящиеся в самой ранней стадии освоения (поиски, разведка). Они, хотя и наносят окружающей среде небольшой вред, но, как и все остальные, требуют серьёзного внимания.

Умеренно опасные объекты, а обычно это месторождения полезных ископаемых на начальных стадиях отработки, характеризуются сравнительно невысоким уровнем воздействия на геосистемы, приводящим к формированию пространственно ограниченных поражённых и заражённых участков.

Необходимо также учитывать вероятность концентрации значительного числа подобных объектов в пределах ограниченных неблагоприятных в геоэкологическом плане территорий и т. д.

Особо следует учитывать возможность нарушения технологических условий эксплуатации объектов двух первых категорий, возникновения аварийных ситуаций с последующей резкой активизацией негативных процессов в виде разовых и систематических выбросов, разливов и т. д. В обоих подобных случаях категория объекта по степени геоэкологической опасности неизбежно возрастает.

К категории *опасных* относятся объекты, наносящие природе очень серьёзный ущерб. В основном в эту категорию включают месторождения, разрабатываемые открытым способом с выемкой и местным складированием значительных объёмов горной массы, с извлечением токсичных основных и сопутствующих полезных компонентов (нефть и т. п.) и т. д.

К категории *особо опасных* отнесены объекты, создание и функционирование которых связаны с исключительно интенсивным воздействием на геосистемы, сопровождающимся масштабным уничтожением почвенно-растительного покрова, преобразованием микро- и мезорельефа, нарушением режима поверхностных и подземных вод, теплофизических и физико-механических свойств значительных толщ горных пород, загрязнением большинства компонентов геосистем и т. д. К данной категории могут быть отнесены открытые разработки крупных мес-

торождений полезных ископаемых с выемкой огромных объёмов горных масс, содержащих токсичные или радиоактивные элементы с сопутствующими горно-обогатительными комбинатами, очень крупные комплексы по добыче нефти и т. д.

Объекты двух этих категорий требуют особого внимания, необходим всесторонний учёт их негативного влияния на геосистемы и организация систематического мониторинга за последствиями отработки.

В настоящее время месторождения, относящиеся к категории особо опасных, на территории республики отсутствуют.

Предположительно в эту категорию могут перейти достаточно крупные месторождения нефти (Талаканское), угля (Нерюнгринское), алмазов (Удачинское) при серьёзных технологических авариях. Возможно, к категории особо опасных будут относиться планируемые к отработке месторождения урана в Южной Якутии.

Стоит также отметить месторождения золота Нежданинское и Кечус, во вмещающих породах, эндогенных ореолах и рудах которых содержатся высокие концентрации токсичных элементов – Hg, As, Sb и др. При их отработке, в случае значительных технологических аварий или катастроф, можно предполагать последствия, анализ которых позволяет отнести эти месторождения к категории потенциально особо опасных.

При характеристике горнодобывающей деятельности внимания требуют не только объекты, связанные собственно с добычей полезных ископаемых, но и с транспортировкой некоторых из них. Особенно показательны в этом плане трубопроводы, предназначенные для перемещения углеводородов – нефти и природного газа.

Как отмечалось, наряду с ПТК, связанными с горнодобывающей и селитебной отраслями, определённую, а порой и значительную роль в формировании геоэкологической обстановки отдельных частей Якутии играют объекты, относящиеся к энергетической, транспортной, лесотехнической деятельности и т. д.

Поэтому информация о них тоже должна быть включена в систему тематических баз данных. При этом рубрикация в основном зависит от ведомственной специфики объектов. Работы этого направления только начаты, поэтому в данной статье приведены самые общие, но и в таком виде, по нашему мнению, полезные соображения.

В частности, среди энергетических ПТК, по способу получаемой электрической энергии, можно выделить: тепловые, гидро-электростанции. В перспективе в республике предполагается задействовать энергетические источники иных типов – атомные, ветровые и т. д.

В дальнейшем при развитии направления рациональна последующая дифференциация объектов. Так, среди тепловых могут быть выделены электростанции, работающие на природном газе, угле, нефти, мазуте и т. д.

В настоящее время в распределении энергетических ПТК республики по типу используемого топлива следует отметить подавляющее преобладание тепловых станций. При этом уникальны для Севера, и не только российского, тепловые станции в Якутске, Нерюнгри и т. д.

Не имеющий в мировой практике строительства на многолетнемерзлых породах каскад Вилюйских ГЭС обеспечивает потребности Западной и Северо-Западной Якутии.

В обозримом будущем на р. Тимптон в Южной Якутии предполагается создание нескольких ГЭС, способных обеспечить энергией не только ближайшие российские регионы, но и нуждающиеся в ней зарубежные страны, в первую очередь – КНР.

Транспортные ПТК могут быть подразделены в зависимости от способа передвижения на воздушные, наземные и водные. В свою очередь каждый из этих комплексов можно дифференцировать на:

- воздушные (самолётные и вертолётные);
- наземные (автомобильные, железнодорожные и т. д.);
- водные (теплоходные, паромные, скоростные и т. д.).

По назначению все виды транспорта можно разделить на пассажирские и грузовые. В дальнейшем детализация данного направления может быть продолжена, а также для всех видов транспортных ПТК следует подготовить характеристику геоэкологических последствий деятельности каждого из них.

В принципе транспортная деятельность в пространственном отношении наиболее рассредоточена. Особенно наглядно это выглядит применительно к огромным размерам республики и её разреженной транспортной сети. В то же время в республике сформировались несколько крупных транспортных узлов, в пределах которых сосредоточен ряд отраслевых ПТК.

В первую очередь это – Якутск, в пределах которого функционируют:

- авиационный ПТК (аэропорты Якутск и Магадан);
- автомобильный ПТК (автовокзал, сеть АТП и дорог и т. д.);
- речной ПТК (пассажирский и грузовой участки речного порта, паромные переправы и т. д.).

В ближайшем будущем к ним добавятся ПТК, связанные с железнодорожным транспортом и сейчас развитые только в Южной Якутии.

Кроме Якутска, крупными транспортными узлами являются Нерюнгри (авиационные, железнодорожные, автомобильные пассажирские, грузовые и технологические ПТК), Алдан, Ленск, Мирный и т. д.

Один из крупнейших российских транспортных узлов по переходу с речных на морские суда – порт Тикси. Последние годы в связи с резким сокращением перевозок по Северному морскому пути он задействован мало. Однако с 2004 г. значительный интерес к активизации перевозок по этой важнейшей транспортной магистрали проявляют японские бизнесмены. Можно ожидать, что скоро и этот важнейший для экономики республики транспортный ПТК будет задействован более активно.

Ещё одной в недавнем прошлом важнейшей для экономики республики отраслью является лесотехническая. Во второй половине прошлого века заготовка, транспортировка и переработка высокосортной древесины во многих районах Южной и Юго-Западной Якутии (Ленск, Витим, Олёкминск и др.) приносили значительный доход экономике республики. Однако в девяностые годы прошлого и в начале нашего века отрасль значительно сократила объёмы производства. Но и в настоящее время геоэкологические последствия вырубки обширных лесных территорий, особенно проводимых бессистемно, без соблюдения соответствующих требований и технологий могут быть весьма губительны и подлежат обязательному учёту.

Приведённые данные свидетельствуют о целесообразности обобщения геоэкологической информации по ПТК различной ведомственной принадлежности, её систематизации в виде тематических баз данных и последующего анализа с применением современных компьютерных технологий.

По мере расширения объёма систематизируемой информации для каждого из обозначенных направлений должны быть разработаны более совершенные рациональная структура и тематическое содержание баз данных, отображающих материалы по геоэкологическим последствиям деятельности различных ПТК республики.

Литература

1. Геоэкологические опасности. Природные опасности России. М.: Издательская фирма «Крук», 2000. 316 с.

2. Мельников П.И., Граве Н.А., Шац М.М., Шумилов Ю.В. Проблемы мониторинга криолитозоны //

Известия АН. Серия географическая. М. 1987. № 5. С. 103-108.

3. Шац М.М. Дистанционные эколого-геоэкологические исследования. Якутск. 1997. 78 с.

4. Шац М.М., Соловьев В.С. Дистанционный мониторинг геоэкологической обстановки Севера. Учебное пособие. Якутск: Изд. Института мерзлотоведения СО РАН, 2002. 63 с.

5. Шац М.М., Галкин А.Ф. База данных № 0220409730 «Опасные и потенциально опасные геотехнические объекты алмазной провинции РС(Я)». Электронная база данных. Государственный регистр баз данных РФ. Свидетельство № 9045 от 03.06.2004. 94,4 Мв. 6 печ. л.

6. Браун Дж., Граве Н.А. Нарушение поверхности и её защита при освоении Севера. Новосибирск: Наука, 1981. 88 с.