

Материалы XIII научного совещания географов Сибири и Дальнего Востока. Т. 2. Иркутск: Изд-во Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2007. С. 55-56.

17. Козин В. В. Ландшафтные исследования в нефтегазоносных районах. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1984. 58 с.

18. Николаев В. А. Проблемы регионального ландшафтоведения. М.: Изд-во МГУ, 1979. 160 с.

19. Преображенский В. С., Александрова Т. Д., Куприянова Т. П. Основы ландшафтного анализа. М.: Наука, 1988. 192 с.

20. Исаченко А. Г. Ландшафты СССР. Л., 1985. 320 с.

21. Мильков Ф. Н. Ландшафтная сфера Земли. М.: Мысль, 1970. 207 с.

22. Крауклис А. А. Проблемы экспериментального ландшафтоведения. Новосибирск: Наука, 1979. 233 с.

23. Козин В. В., Марьинских Д. М. Опорная классификация ландшафтов севера Западно-Сибирской низменности (на примере Уренгойского НГКМ) // Проблемы географии и экологии Западной Сибири, 1996. Вып. 2. С. 47-59.

24. Bastian, O, Schreiber, K.-F. (Hrsg., 1999): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. 2. Aufl. Spektrum, Heidelberg, Berlin.

25. Haase, G. (1978): Zur Ableitung und Kennzeichnung von Naturraumpotentialen. Petermanns Geographische Mitteilungen 122, 113-125.

26. De Groot, R. S. Functions of Nature. Wolters-Noordhoff, Gröningen, 1992.

27. Haaren, Ch., von (Hrsg.) Landschaftsplanung. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, 2004. 528 S.

28. Ландшафтное планирование: инструменты и опыт применения / А. Н. Антипов, В. В. Кравченко, Ю. М. Семенов и др. Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2005. 165 с.

Максим Александрович ПУШЫРЕВ —
старший преподаватель кафедры картографии
и геоинформационных систем,
инженер ООО ГП «Промнефтегазэкология»,
аспирант кафедры социально-экономической
географии и природопользования
Тюменского государственного университета

Олег Евгеньевич ИВАНОВ —
зав. сектором геохимических исследований
ООО «ГП «Промнефтегазэкология»,
аспирант кафедры социально-экономической
географии и природопользования
Тюменского государственного университета

УДК 911.5,502.65:622.279

ГИС-АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОСВОЕНИЯ ЗАПАДНОГО ЯМАЛА НА ОСНОВЕ ПРИЕМОВ ЛАНДШАФТНОЙ ИНДИКАЦИИ

АННОТАЦИЯ. В работе представлена разработанная авторами методика ГИС-анализа инженерно-геокриологических условий, в соответствии с которой для территории Крузенштерновского ГКМ была создана серия карт, представляющих собой основу для реализации экологически ориентированной стратегии освоения месторождения.

Current paper presents the author-developed method of GIS-analysis of engineer-geocriologic conditions. According to this method series of maps for Kruzenshternovskoe gas field were created to become a basis for environmentally aligned strategy of field development.

С освоением новых газовых и газоконденсатных месторождений севера Западной Сибири связывается экономический рост России. Предпосылку для этого создают крупные месторождения углеводородов на полуострове Ямал.

К исследованию ландшафтов Ямала — их структуре, процессам формирования, индикаторным свойствам, устойчивости в последние десятилетия было привлечено внимание сотрудников ВСЕГИНГЕО, ПНИИИС, МГУ. Заметный вклад в эти исследования внесли сотрудники эколого-географического факультета ТюмГУ и ЗАО «НПЦ «СибГео», кадровый состав которого укомплектован преимущественно выпускниками факультета [1-7]

Конкретный объект нашего исследования — Крузенштерновское газоконденсатное месторождение, расположенное в западной прибрежной части Центрального Ямала (рис. 1).

Основной целью исследования является разработка методики изучения инженерно-геокриологических условий, сочетающей в себе достоинства ландшафтной экологии, приемов, используемых ведущими институтами страны (ВСЕГИНГЕО и ПНИИИС) и возможностей ГИС. Предложенный ГИС-анализ состоит из 7 этапов.



Рис. 1. Крузенштерновское ГКМ

Этап 1. Сбор и инвентаризация существующих материалов на исследуемую территорию. Для осуществления ГИС-анализа потребовался значительный массив данных (крупномасштабные топографические карты, современные многозональные аэрофотоснимки с пространственным разрешением 1.7 м, космические снимки спутниковых систем: Landsat-5, Landsat-7, КФА-1000), комплексные полевые описания специалистов ВСЕГИНГЕО, ПНИИИС, ЗАО «НПЦ «СибГео» и ТюмГУ (лето 2004 г).

Массив обработанных в ГИС-среде тематических картографических материалов включает среднемасштабные (1:200000) и крупномасштабные (1:50000) карты: четвертичных отложений, рельефа, типов сезонного протаивания и их ландшафтных индикаторов, инженерно-геологическую карту, экзогенных процессов, инженерно-геологические разрезы.

Этап 2. *Выбор программного обеспечения.* На всех этапах исследования использовались наиболее популярные программные продукты. ArcGIS 9.1 v. ArcInfo — именно в нем проведен основной объем специализированных и общих аналитических операций (дешифрирование, ландшафтная индикация, оверлейный анализ, проверка топологических отношений (в ArcInfo Workstation), проверка правильности атрибутивной информации, оформление электронных карт, подготовка к выводу на печать. Универсальный ГИС-пакет ERDAS IMAGINE 8.6 использован для обработки материалов дистанционного зондирования в целях получения части изображения, монтажа растров, получения мозаики и экспорта данных. Easy Trace 8.0 применен для сшивки растров и векторизации топоосновы. В качестве вспомогательных использована программа MapInfo Professional 7.8 для конвертирования данных в формат shp.

Этап 3. *Решение вопросов, определяющих характер, содержание и возможности ГИС-анализа, включая формирование тематических полей: ландшафтно-экологического, инженерно-геокриологического в соответствии с задачей исследования.* Выбор масштабного ряда картографирования и определение оптимальной дробности контуров определялись качеством и пространственным разрешением материалов дистанционного зондирования, а также СНиП и ГОСТ для разработки предпроектной документации.

Совместимость пространственно-координатных данных различного тематического характера, полученных различными способами и представленных в разных форматах, была обеспечена выбором единой координатной системы (Gauss Kruger Pulkovo, 1942) и единых растровых (tif и img) и векторных (shp и mdb) форматов.

Эффективность многоцелевого использования базы данных реализуется посредством построения цифровых тематических карт, которые при необходимости могут быть оперативно доработаны и выведены на печать. Возможность оперативного обновления базы данных обеспечивается верификацией и добавлением информации при помощи SQL-запроса.

Этап 4. *Обработка материалов и подготовка их к ландшафтно-экологическому картографированию.* Подготовка растров включала в себя экспортно-импортные операции в форматы tif и img, получение части изображения, сшивку, создание мозаики, монтаж. Трудность операции заключается в ненадежности автоматической векторизации топографических карт разного качества. Подготовка векторных покрытий включала оцифровку топоосновы, корректировку гидрографической сети по материалам аэрофотосъемки 2004 года залета, проверку топологии слоев и создание покрытий для тематического картографирования.

В качестве необходимых операций использованы: оценка качества векторной информации по отношению к базовому масштабу (1: 25 000) итоговых карт, проверка топологических отношений между объектами в пределах одного слоя и межслойных топологических связей, постоянная проверка корректности атрибутивных данных.

Этап 5. *Выбор приоритетных задач ГИС-анализа.* В качестве приоритетных задач определены: создание ландшафтно-экологической карты, карты инженерно-геокриологических условий и карты эколого-геокриологического районирования. Совокупность целереализуемых задач потребовала разработки оригинальной методики ГИС-анализа.

Этап 6. *Проведение ГИС-анализа инженерно-геокриологических условий территории Крузенштерновского ГКМ (рис. 2).* Полученная в результате син-

теза привлеченных картографических источников, камерального и полевого дешифрирования дистанционных материалов и полевой классификационной диагностики ландшафтно-экологическая карта послужила основой для ГИС-анализа более высоких ступеней — в качестве универсальной модели для решения различных прикладных задач. В ходе создания ландшафтной карты заполняется позиционный классификатор, формируется матричная легенда, в соответствии с которой регулярно-ячеистое векторное покрытие насыщается информацией, образуя полноценную реляционную базу данных.

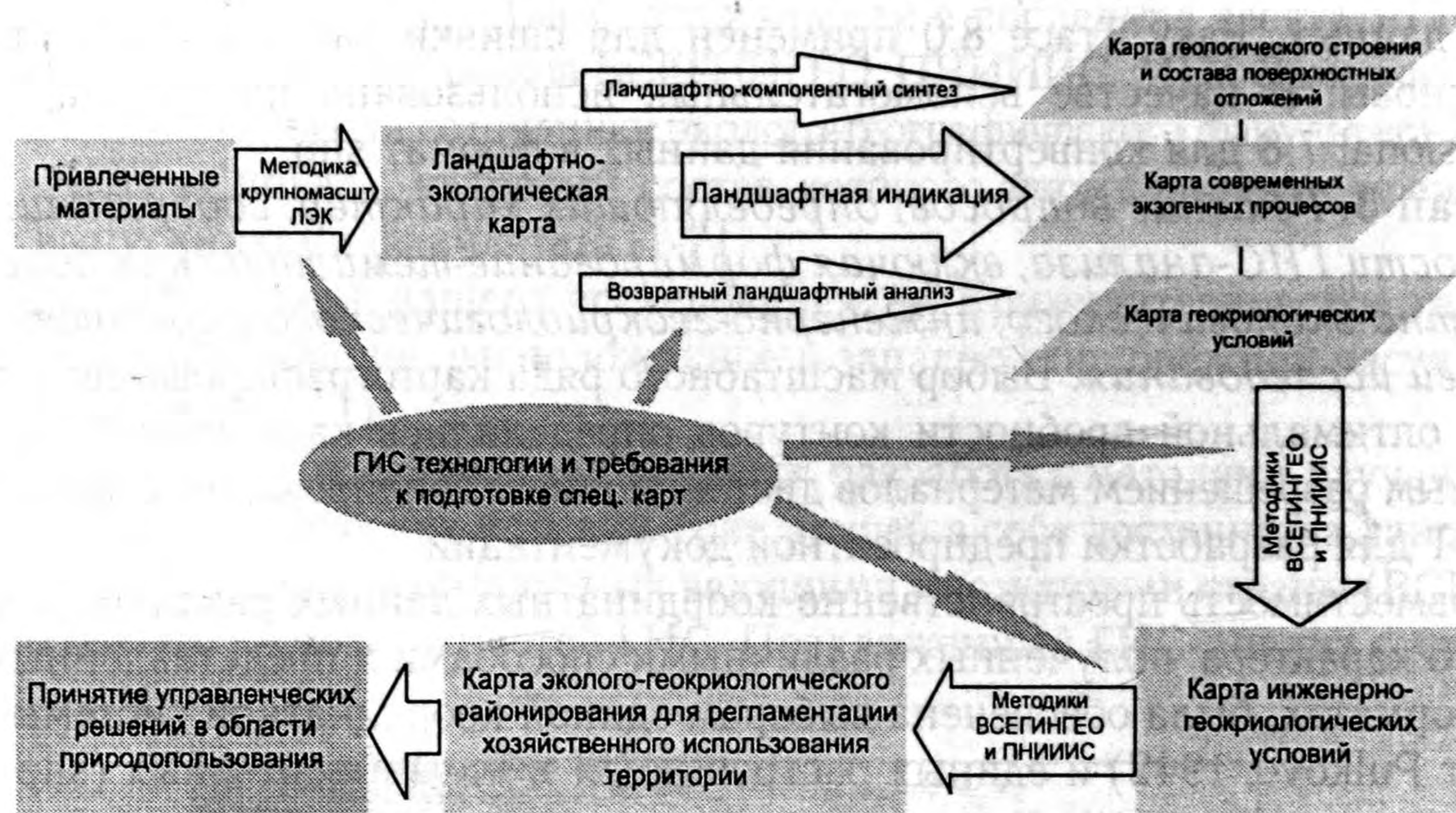


Рис. 2. Схема ГИС-анализа инженерно-геокриологических условий территории Крузенштерновского ГКМ (западная часть полуострова Ямал)

При составлении ландшафтно-экологической карты учитывались сформулированные [8-9] классификационные критерии: 1) разнотипные ПТК обладают фотоструктурным единством; 2) ПТК имеют четкие границы и обеспечены набором репрезентативных дешифровочных признаков; 3) структурные элементы ПТК, компоненты природы, ресурсные категории обладают надежными корреляционными и функциональными связями; 4) таксономия ландшафтов увязана с таксономией единиц тематического (инженерно-геокриологического) картографирования [10].

Картографически проинвентаризованная ландшафтная структура представлена 6989 контурами. Ландшафтная дифференциация территории месторождения проведена с использованием классификационных единиц, обоснованных ландшафтоведами ТюмГУ [11]: тип ландшафта, подтип ландшафта, род ландшафта, тип местности, серия урочищ, группа урочищ, вид урочищ.

Тундровый тип ландшафта на территории месторождения представлен среднетундровым подтипом. Роды ландшафтов выделены с учетом генезиса и состава литогенной основы, цикловых форм рельефа, особенностей тепловлагообеспеченности, контролирующей развитие ассоциаций криогенных процессов и распределение почвенно-растительных комплексов.

Выделены следующие роды ландшафтов: голоценовый приморско-лайдовый низинный, голоценовый пойменно-долинный, верхнеплейстоценовый тундровый равнинный.

Голоценовый приморско-лайдовый низинный род ландшафтов занимает наиболее низкие гипсометрические уровни вдоль побережья Карского моря,

характеризуется значительной заболоченностью и заозеренностью (до 25% и более). Залегающие с поверхности иловатые пески и супеси, насыщенные органикой, содержат линзы криопэгов. Низкая лайда не задернована, имеет следы волно-прибойной деятельности, изрезана ручьями и протоками. Высокая лайда более дренирована, покрыта кустарничково-моховой и осоково-моховой растительностью. Характерны ассоциации с доминированием злаков, способных произрастать на сильно засоленных грунтах (засоленные злаково-осоковые луга). Злаки образуют сплошной плотный покров. В тыловых частях лайды их сменяют ивняковые ассоциации. Ландшафтообразующая роль на лайдах принадлежит термокарсту, сезонному пучению грунтов и криогенному растрескиванию.

Голоценовый пойменно-долинный род ландшафтов соответствует голоценовым низинам с интенсивно протекающими процессами плановых деформаций русел, наилкообразования и трещинообразования. Пониженные участки поймы, сложенные преимущественно суглинистыми грунтами, затапливаемыми паводковыми водами, сильно заболочены. Широко распространен полигонально-валиковый рельеф, большую часть площади занимают осоково-моховые болота, на валиках — травяно-моховая растительность. На приподнятых, относительно дренированных участках поймы, частично затапливаемых паводковыми водами, преобладают кочковатые кустарничково-моховые болота, фрагментарно развиты злаково-разнотравные и травяно-моховые ивняки. В прирусловой части пойм, сложенной песками, выделяются косы и пляжи. На пойме наиболее распространены криогенными образованиями являются полигональные формы рельефа и повторно-жильные льды.

Верхнеплейстоценовый тундровый равнинный род ландшафтов определяется господством пологоволнистых или плоских поверхностей низких морских террас, занятых кустарничково- и кустарниково-мохово-лишайниковыми тундрами. Террасы сложены слоистыми песчано-суглинистыми, суглинистыми, реже — глинистыми морскими отложениями. Суглинки и глины сильнольдистые. На плоских, слабодренированных поверхностях значительные площади занимают травяно-моховые болота с фрагментами торфяников. Наиболее распространены термокарстовые образования (озера, хасыреи, западины) и полигональный рельеф, наиболее четко выраженный на торфяниках и оторфованных поверхностях. Склоны террас с ассоциациями термоденудационных процессов, расчленены оврагами, логами, осложнены солифлюкционными террасками, криогенными оползнями скольжения и сплывами.

Типы местности. Обособление типов местности связано с различиями местоположений, дренирования, продолжительности половодного затопления (для пойм), мощности торфяной залежи (для болот), развитием многолетне-мерзлых пород. Типы местности являются традиционной категорией при оценке инженерно-геокриологических условий, принятия мер по решению эколого-геокриологических проблем. В целом ряде работ авторитетных авторов утверждается, что типы местности являются основными категориями хозяйственной и природоохранной оценки территории. Проведенные исследования этого не подтверждают, т.к. мощно и дифференцированно проявляющийся криогенный фактор создает существенную пестроту пространственно-функциональной организации ландшафтов. Относительной однородностью (и хозяйственной и природоохранной) характеризуются подчиненные типам местности типы и виды урочищ.

Инвентаризация видов урочищ стала возможной при использовании многозональной аэрофотосъемки (АФС) с пространственным разрешением 1,7 м. Виды урочищ картографически закреплены в составе серий и групп урочищ, подчеркивающих латеральные связи и сопряженное функционирование в составе геосистем пространственного взаимодействия.

При помощи ландшафтной индикации, подкрепленной ландшафтно-компонентным синтезом и возвратным ландшафтным анализом, получено три тематические карты (карта геологического строения и состава поверхностных отложений, карта современных экзогенных процессов и карта геокриологических условий территории Крузенштерновского ГКМ). Ландшафтная индикация определяет геологические, гидрогеологические, гидрологические, почвенные и климатические условия, а также последствия деятельности человека по внешнему облику ландшафта (рис. 3), по отдельным его составляющим, его компонентам, входящим в них элементам (растениям, формам рельефа и т. д.)



Рис. 3. Хасырей и бугор пучения на аэрофотоснимке

Карта инженерно-геокриологических условий создана на основе синтеза в ГИС-среде трех тематических карт. Понятие «инженерно-геокриологические условия», как известно, охватывает комплекс природных условий, имеющих влияние на строительство и условия эксплуатации инженерных сооружений. На стадии индикации инженерно-геокриологических условий была использована процедура возвратного ландшафтного анализа и средства оверлейного анализа в ГИС. Их сочетание является наиболее целесообразным на данном этапе исследований, так как имеются достаточно емкие массивы информации, выражающиеся в пространственной форме (ячейки и слои), а также современные программные средства по их обработке. Методом возвратного ландшафтного анализа была отобрана нужная информация, затем она была суммирована для получения подробного комплексного описания инженерно-геокриологических условий месторождения.

Автором найден способ прикладной развертки материалов ГИС-анализа в виде карты эколого-геокриологического районирования для регламентации хозяйственного использования территории месторождения. Она была получена на основе синтеза авторских карт: ландшафтно-индикационной, инженерно-геокриологических условий с учетом методик ВСЕГИНГЕО и ПНИИИС, нормативных и ненормативных, но целесообразных экологических ограничений (с учетом

сцепленных со структурно-динамическими свойствами ландшафтов экологически значимых факторов). Результирующие материалы ориентированы на принятие управленческих решений в области управления природопользования.

Составной частью анализа инженерно-геокриологических условий в проведенном исследовании выступает оценка устойчивости геологической среды к техногенным воздействиям по потенциальной возможности развития криогенных процессов. Выявлены и закартированы на три группы ПТК.

1. *Относительно устойчивые* — антропогенное воздействие в их пределах не приводит к значительной активизации криогенных процессов, возникновение их маловероятно, поверхность не деформируется, геологическая среда практически не изменяется. Эту группу образуют: плоскоместный водораздельный тундровый, плоскоместно-западинный водораздельный тундровый и волнистый водораздельный тундровый типы местности.

2. *Неустойчивые*. В этой группе ПТК техногенные изменения приводят к значительному развитию криогенных процессов, в результате растепления грунтов поверхность подвержена деформации, геологическая среда изменяется незначительно. Представлена мелкодолинным тундровым, пойменным лугово-тундрово-болотным, пойменно-хасырейным, озерно-хасырейно-тундровым, лайдовым и приморских пляжей тундровой зоны типами местности.

3. *Крайне неустойчивые* — техногенные изменения вызывают прогрессирующее развитие опасных криогенных процессов, поверхность значительно деформируется, возможны необратимые изменения геологической среды. В состав данной группы входят: водораздельно-склоновый, эрозионно-тундровый, придолинный криосолифлюкционный, приморский склоновый, долино-склоновый и многолетних бугров пучения типы местности. Это наиболее ранимые, экологически уязвимые территории. Управление криогенными процессами здесь неэффективно, что требует исключения из сферы хозяйственного освоения.

Содержание карты эколого-геокриологического районирования усилено предложениями по рекомендуемой высоте песчаной подсыпки, необходимости проведения дренажа, укреплению откосов насыпей, предотвращению эрозионных, сплывных, оползневых процессов и образования техногенных водоемов, допустимой величине накопления снега и др.

В результате проведенного на площади 15625 га ГИС-анализа авторы пришли к следующим выводам.

1. Набор не благоприятных для хозяйственного освоения условий и высокий потенциал экологического риска требует применения экологоприемлемых технологий, базирующихся на специально подготовленных знаниях.

2. Имеющийся информационный фон недостаточен для выработки адаптивных, экологически безопасных решений. Информационная недостаточность выражается в слабой инвентаризации компонентов природной среды (за исключением грунтов и рельефа), рассмотрении их по отдельности, а не во взаимосвязи, неудобстве и некорректности обработки пространственных данных и др. Выявленные недостатки инициировали создание оригинальной методики, основанной на ландшафтно-экологическом картографировании и ландшафтной индикации. В очередной раз доказана эффективность и универсальность крупномасштабного ландшафтно-экологического картографирования, ландшафтной индикации, возвратного ландшафтного анализа и ландшафтно-компонентного синтеза.

3. ГИС-анализ инженерно-геокриологических условий требует изучения и обработки огромного массива информации, представленного: тематическими картами, производственными отчетами, свежими материалами дистанционного зондирования с высоким пространственным разрешением. Организация информации в ГИС позволяет последовательно упорядочить пространственные данные, решать поставленные задачи, не разрушая целостности базы данных и многое другое.

4. Полученная ландшафтно-экологическая карта является универсальной основой для создания блока отраслевых тематических карт. Использование итоговых карт ГИС-анализа: инженерно-геокриологической и эколого-геокриологического районирования позволит провести выбор экологически приемлемых вариантов размещения инженерных сооружений, обеспечивающих их устойчивость, разработать стратегию природопользования с определением комплекса мероприятий по защите территории от опасных криогенных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козин В. В., Левченко В. С. Ландшафтное картографирование полуострова Ямал на основе космической фотоинформации // Геодезия, аэрофотосъемка, картография. Сер. Техника и технология. Вып. 9. М., 1984. С. 20-22.

2. Козин В. В., Левченко В. С., Шляхов А. Ф. Среднемасштабная ландшафтная карта полуострова Ямал // Ландшафты Западной Сибири. Иркутск: ИГ СО АН СССР., 1985. С. 34-39.

3. Козин В. В. Экологическое обеспечение охраны северных территорий // М-лы 11-й междунар. конф. «Роль приполярных университетов в развитии северных территорий». Тюмень-Лейкхед, 1992. С. 131-136.

4. Козин В. В. Ландшафтно-экологический анализ как основа оценки на окружающую среду месторождения // Природопользование на северо-западе Сибири: опыт решения проблем. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1996. С. 15-28

5. Козин В. В. Ландшафтно-экологическая позиция природопользования // Природопользование в районах со сложной экологической ситуацией. М-лы межвуз. научн. конф. Тюмень, 1999. С. 3-6.

6. Козин В. В. География и геоэкология в Тюменском государственном университете // Вестник ТюмГУ. 2000. № 2. С. 130-137.

7. Козин В. В. Особенности пространственного взаимодействия ландшафтов севера Западной Сибири в связи с нефтегазопромысловым освоением // Теоретические и прикладные аспекты оптимизации и рациональной организации ландшафтов. М-лы II регион. науч. конф., посвященной памяти проф. Ф. Н. Милькова. Воронеж, 2001. С. 85-88.

8. Козин В. В., Кузьменко А. Н. Возможности ландшафтно-экологической картографической информации в ГИС (М-лы конф. «Геоинформатика в нефтегазовой и горной отраслях». Тюмень, 2001 г.).

9. Козин В. В., Михеев В. С., Шеховцов А. Н. Общие принципы геоэкологического картографирования // Экологическое картографирование Сибири. Новосибирск: Наука, 1996. С. 20-58.

10. Комплексное тематическое картографирование регионов Западной Сибири на основе космической информации // Тематическое картографирование: теория, методы, практика. Новосибирск: Наука, 1985. С. 120-150.

11. Козин В. В., Кузьменко А. Н., Подборный Е. Е., Москаленко М. Л. / Создание экологической ГИС при освоении месторождений углеводородного сырья // Проблемы географии на рубеже XXI века. М-лы Всерос. науч. конф. 24-26 февраля 2000 г. Томск, 2000. С. 92-93.