

© М.А. ПУПЫРЕВ

maxeco@yandex.ru

УДК 911.5,502.65:622.279

**ДЕШИФРИРОВАНИЕ И ИНДИКАЦИЯ
СОВРЕМЕННЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
В ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ КРИОЛИТОЗОНЫ
(на примере западной части п-ова Ямал)**

АННОТАЦИЯ. В статье обозначена значимость геокриологического мониторинга криолитозоны как средства экологизации проектирования (устранение недостаточности информационного обеспечения, снижение аварийности на объектах добычи, подготовки и транспортировки газа, детализации сведений о процессах, протекающих в криолитозоне на основе инженерно-геокриологических исследований).

Рассмотрены понятия дешифрирования и ландшафтной индикации, как подсистем технологического цикла картографирования современных экзогенных процессов в пределах территории Харасавейского и Крузенштерновского газовых месторождений.

Кратко описаны основные физико-географические характеристики, пространственная организация, ландшафтные индикаторы и дешифровочные признаки современных экзогенных процессов территории исследования, среди них: морозобойное растрескивание и повторно-жильное льдообразование, многолетнее криогенное пучение, термокарстовые образования, криосолифлюкция, термоабразия и термоэрозия.

Установлено, что дешифровочные признаки и ландшафтно-индикационные свойства исследуемых современных экзогенных процессов требуют дальнейшего изучения, а также усовершенствования и унификации.

В работе использованы материалы крупномасштабной, высоко детальной панхроматической аэрофотосъемки и высоко детальной спектральной космической съемки (World View 2, Geo Eye 2) 2012 года.

SUMMARY. The article indicates the importance of permafrost geocryological monitoring as a means of ecological design (eliminating failure of information security, reduction of accidents at the production sites, preparation and transportation, detail information about the permafrost processes based on engineering and permafrost studies).

The concepts of interpretation and landscape indicators are viewed as subsystems of modern mapping technology of cycle exogenous processes on the territory of Kharasaveyskoye and Kruzenshternovskoye gas fields.

The article briefly describes the basic physical and geographical characteristics, spatial organization, landscape displays and interpretive features of modern exogenous processes at the study area, among which there are frost cracking and re-wire ice formation, long-term cryogenic heave, thermokarst units, cryo solifluction, thermal abrasion and thermal erosion.

It has been found that the interpretive signs and landscape-indicator properties of the studied modern exogenous processes are complex and require further study, as well as improvement and standardization.

The paper benefited large-scale, highly detailed panchromatic aerial photographs and highly detailed multispectral imagery (World View 2, Geo Eye 2) of 2012.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Дешифрирование, индикация, экзогенные, геокриологический, мониторинг.

KEY WORDS. Decoding, indication, exogenous, geocryological, monitoring.

Ошибки в проектировании инфраструктуры газодобывающих комплексов связаны с недостаточностью информационного обеспечения и определяют большинство аварийных ситуаций, что делает необходимым детализацию сведений о процессах, протекающих в криолитозоне. Особое значение в этих исследованиях приобретает геокриологический мониторинг как средство экологизации проектирования, прогноза изменения геокриологических условий газопромысловых объектов и контроля процесса обустройства.

Первые упоминания о геокриологическом мониторинге, появились в 1974 г. в классификации систем мониторинга Ю.А. Израэля [1]. Вопросы геокриологического мониторинга, как частного вида мониторинга геологической среды разрабатываются с конца 80-х годов. По П.И. Мельникову, Р.М. Каменскому и А.В. Павлову, геокриологический мониторинг — это система изучения, прогноза и контроля геокриологической среды, оценки изменений геокриологических, инженерно-геологических и гидрогеологических условий на Севере под влиянием природных факторов и хозяйственной деятельности человека [2].

Широкий круг вопросов, включенных в предметную часть геокриологического мониторинга, требует проведения значительного объема геологосъемочных, инженерно-геологических и гидрогеологических работ за короткие промежутки времени.

Отсутствие транспортной инфраструктуры, трудные условия проходимости, кратковременность полевого периода, на полуострове Ямал, ограничивают пространственный и временной диапазоны этого, комплексного по своей сути вида мониторинга.

Задача может быть решена на основе использования новой технологии работ, сущность которой составляет комплексирование более частных методов (дешифрирование и ландшафтная индикация), технических средств (данные дистанционного зондирования Земли) и современных средств предоставления информации (географических информационных систем (ГИС)).

Каждая из подсистем технологического цикла решает свои задачи:

Дешифрирование данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ) позволяет получить информацию о геосистемах по их изображению на основе закономерностей воспроизведения их оптических и геометрических свойств. В проведенном исследовании хорошие результаты дало дистанционное зондирование средствами спутниковых систем World View 2, Geo Eye 2.

Ландшафтная индикация при проведении геокриологического мониторинга ориентирована на исследование геокриологических условий, современных экзогенных процессов (внутреннего содержания), отражаемых в физиономических (видимых, внешних) компонентах природно-территориального комплекса. Она базируется на использовании тесноты связи внешнего облика элементов

и компонентов ландшафта с их внутренним строением, с последующей интерпретацией на основе достоверных индикаторов [3], [4]. В основе ландшафтной индикации лежит представление о том, что все компоненты природной среды, в пределах определенной генетически однородной части земной поверхности, находятся в тесной взаимосвязи и взаимообусловленности, образуя единое природное целое — ландшафт [5], [6], [7].

Современные экзогенные процессы как объекты геокриологического мониторинга сложны и требуют качественного полевого изучения. Полевые материалы, включая результаты заверочного дешифрирования и комплексные описания в послеполевого камеральный период в нашем исследовании дополнены картометрическими данными, полученными при обработке ландшафтных, геологических и геоморфологических карт средствами ГИС-моделирования.

Наиболее трудозатратным в технологическом цикле геокриологического мониторинга, особенно в его процессорной части, являются ландшафтно-индикационные исследования. Изучена пространственная организация шести современных геодинамических процессов: морозобойное растрескивание и повторно-жильное льдообразование, многолетнее криогенное пучение, термокарстовые образования, криосолифлюкция, термоабразия и термоэрозия.

Геодинамические процессы дешифрировались и исследовались в составе видов урочищ, закартированных в соответствии с местоположением (форма рельефа, состав и теплофизические свойства грунтов, дренирование, геодинамический процесс), свойствами фитоценотического и почвенного покровов. В картографических работах качественные результаты получены при использовании ГИС (MapInfo 10, ArcGIS 10, ENVI).

1. *Морозобойное растрескивание и повторно-жильное льдообразование* [8], [9], [10] во многом формируют современный облик исследуемой территории. Наиболее активно эти процессы протекают на территориях преобладания современной аккумуляции грунтовых толщ: на лайдах, поймах и на торфяниках всех геоморфологических уровней. Данный процесс дешифрируется по слабозаметной, местами пропадающей сетке тонких, морозобойных трещин, образующих на торфянике полигоны. На панхроматических аэрофотоснимках крупного масштаба (рис. 1) общий фототон изображения изменяется от светло-серого до темно-серого, характерна сеть тонких темных линий полигонально-сетчатого рисунка, структура мелкозернистая (до гомогенной).

2. Многолетнее криогенное пучение [8], [9], [10] приводит к возникновению инъекционно-сегрегационных минеральных и торфяно-минеральных бугров, площадей и гряд пучения, а также инъекционных бугров — гидролакколитов. Бугры пучения (рис. 2) сложены сильнольдистыми суглинками, глинами, реже, — супесями. Ландшафтными индикаторами процесса являются бугры, высотой до 8-10 метров, в пределах полностью, либо частично спущенной озерной котловины. Диаметр основания многолетних бугров пучения, как правило, составляли несколько десятков метров. Границы озерных котловин, устанавливаются по сохранившимся очертаниям береговой линии. На панхроматических аэрофотоснимках крупного и среднего масштаба, бугры пучения представлены круглыми или овальными пятнами, как правило, более светлого или более темного фототона, чем окружающая поверхность озерной котловины, дешифрируемой по замкнутой линии берегового уступа (рис. 2).

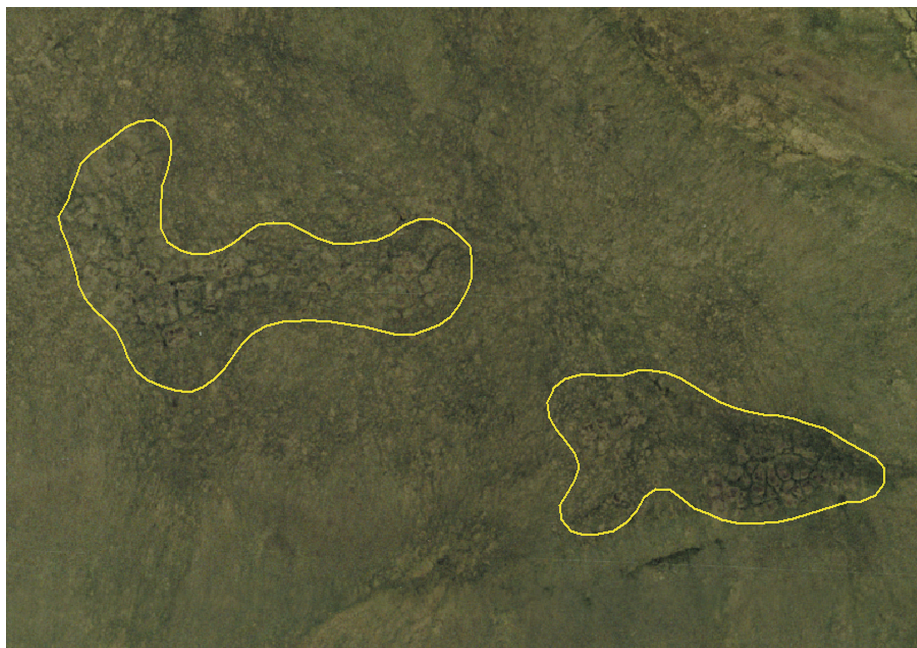


Рис. 1. Морозобойное растрескивание и повторно-жильное льдообразование

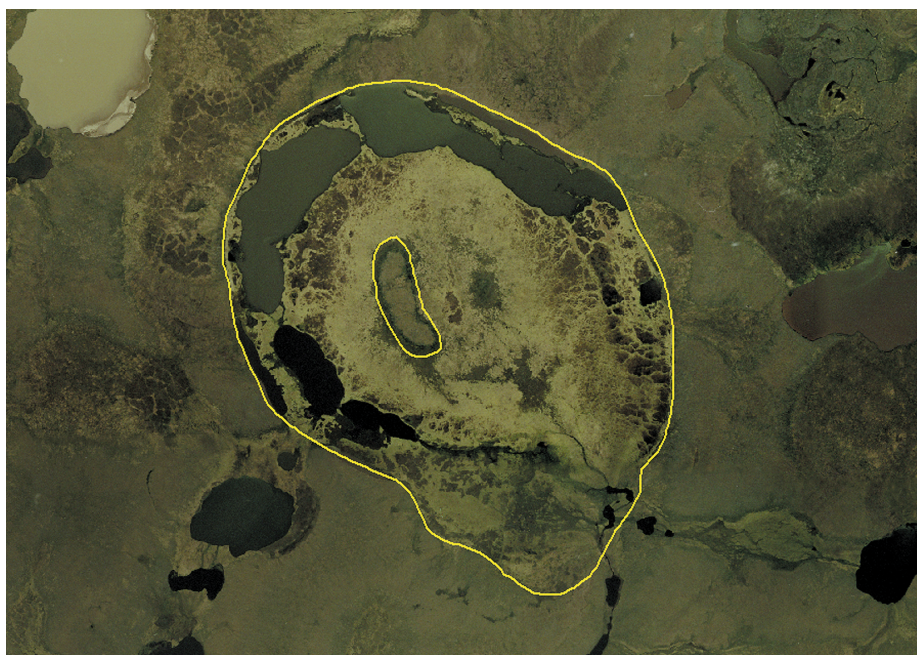


Рис. 2. Хасырей (большой контур) и бугор пучения (малый вложенный контур).

3. *Термокарстовые образования* [8], [9], [10] распространены на всех геоморфологических уровнях, кроме песчаной низкой лайды. Основная часть термокарстовых форм — озера, хасыреи и обширные заболоченные депрессии — являются древними образованиями. Современный термокарст развит слабо и образует плоско-западинные и трещино-полигональные поверхности. Степень пораженности термокарстом по данным картометрических исследований составляет 57%, на озера и хасыреи приходится 91%, а на современные развивающиеся формы — 9%. Наиболее часто термокарстом поражены плоские ровные поверхности водораздельных частей морских террас, недренированные с сырыми травяно-моховыми полигональными тундрами и густой сетью термокарстовых котловин. Плоско-западинные поверхности (рис. 3) дешифрируются по пятнистому рисунку, гомогенной структуры темного фототона, расположение пятен — хаотичное.



Рис. 3. Термокарстовые образования

4. *Криосолифлюкция* развита на склонах террас, на участках, где многолетнемерзлые породы представлены сильно льдистыми суглинками и глинами. Причиной сплывов может быть аномально высокая летняя температура воздуха и нарушение растительного покрова [8], [9], [10].

Криосолифлюкцию, как процесс, на аэрофото- и космоснимках можно индицировать по криосолифлюкционным валам и грядам, которые расположены в направлении, перпендикулярном склону. На крупномасштабных панхроматических снимках они имеют вид размыто-полосчатого, «гофрированного», прогнутого к середине склона рисунка, серого фототона (рис. 4).



Рис. 4. Криосолифлюкция

5. *Термоабразия* развита по берегам озер, где обнажаются мономинеральные залежи льда (пластового и повторно-жильного). В пределах исследуемой территории термоабразия развита практически повсеместно, что говорит о высокой льдистости грунтов [8], [9], [10]. Термоабразия дешифрируется достаточно легко по материалам крупномасштабной панхроматической аэрофото- и космосъемки. Косвенным дешифровочным признаком этого процесса является приуроченность к берегам озер и морей — берега имеют вид параллельно-ориентированных полос светлого (до белого) фототона, разной толщины, возможно наличие пятен светлого фототона между ними (рис. 5).

6. *Термоэрозия*. Ее специфические особенности развития на исследуемой территории обусловлены достаточно активным поднятием этой территории в позднечетвертичное время, близостью базиса эрозии, отсутствием мощного растительного покрова и повсеместным развитием сильно льдистых толщ, содержащих повторно-жильные и пластовые льды.

Наиболее высокая степень термоэрозионной расчлененности свойственна участкам, непосредственно прилегающим к морскому побережью, а также к речным долинам и берегам озер [8], [9], [10]. Термоэрозионная овражная сеть дешифрируется по древовидному (ветвистому) рисунку, темно-серого фототона в центральной части и светло-серого фототона по краям (рис. 6). Необходимо использовать крупно- или среднемасштабные аэрофото- и космоснимки.

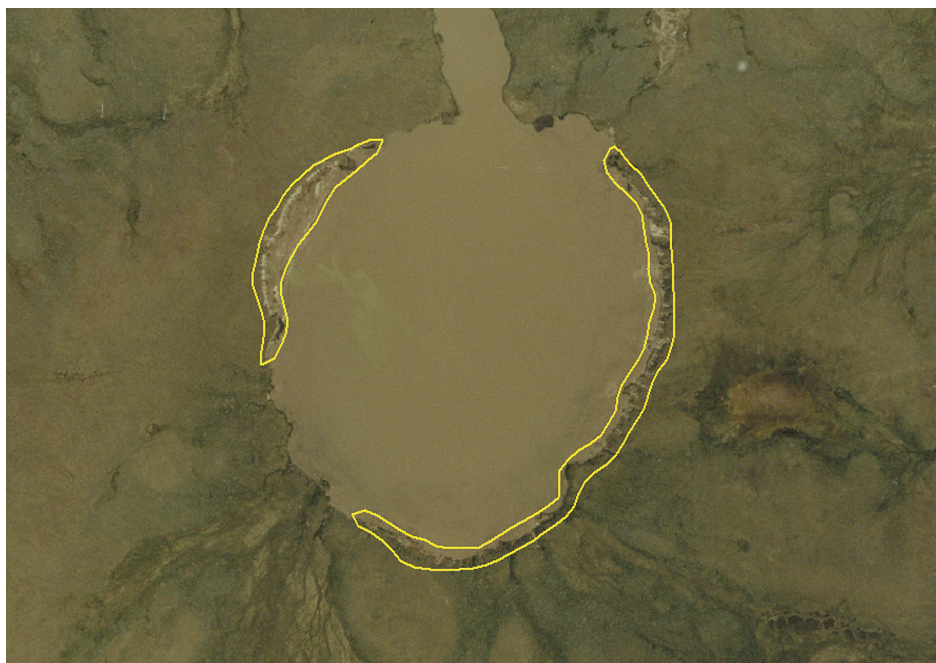


Рис. 5. Термоабразия



Рис. 6. Термоэрозия

Применение дешифрирования и ландшафтной индикации существенно сокращает сроки полевых исследований, позволяет сконцентрировать трудоемкие буровые и другие виды работ на типичных ключевых участках, значительно увеличивает качество инженерно-геокриологического картирования территории.

Проведенные ландшафтно-индикационные исследования территории западного Ямала (в пределах Харасавейского и Крузенштерновского месторождений) показали значительное разнообразие видов и форм проявления современных экзогенных процессов. Инвентаризованные дешифровочные признаки и ландшафтно-индикационные свойства исследуемых геодинамических процессов достаточно сложны и требуют дальнейшего совершенствования и унификации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. Л.: Гидрометеоздат, 1984. 560 с.
2. Мельников П.И., Каменский Р.М., Павлов А.В. Мониторинг криолитозоны // Вестник РАН. 1993. Т. 63. № 12. С. 1090-1095.
3. Аковецкий В.И. Дешифрирование снимков: Учебник для вузов. М.: Недра, 1983. 374 с.
4. Викторов С.В., Чикишев А.Г. Ландшафтная индикация и ее практическое применение. М.: Изд-во МГУ, 1990. 200 с.
5. Геоэкология и природопользование. Понятийно-терминологический словарь / Авторы-составители Козин В.В., Петровский В.А. Смоленск: Ойкумена, 2005. 576 с.
6. Козин В.В. Левченко В.С. Ландшафтное картографирование полуострова Ямал на основе космической фотоинформации // Геодезия, аэрофотосъемка, картография. 1984. Сер. Техника и технология. Вып. 9. С. 20-22.
7. 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.
8. Баулин В.В., Дубиков Г.И., Аксенов В.И. и др. Геокриологические условия Харасавейского и Крузенштерновского газоконденсатных месторождений (полуостров Ямал). М.: ГЕОС, 2003. 180 с.
9. Дубиков Г.И. Состав и криогенное строение мерзлых толщ Западной Сибири. М.: ГЕОС, 2002. 246 с.
10. Козин В.В. Ландшафтно-экологическая среда Западной Сибири: Учебное пособие. Ч. I. Ямало-Гыданская область. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2007. 144 с.

REFERENCES

1. Izrael', Ju.A. *Jekologija i kontrol' sostojanija prirodnoj sredy* [Ecology and Environmental Control]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1984. 560 p. (in Russian).
2. Mel'nikov, P.I., Kamenskij, R.M., Pavlov, A.V. Monitoring of Permafrost. *Vestnik RAN — Proceedings of the Russian Academy of Sciences*. 1993. Volume. 63. № 12. P. 1090-1095 (in Russian).
3. Akoveckij, V.I. *Deshifrirovanie snimkov* [Photo Interpretation]. Textbook for Higher Education Institutions. Moscow: Nedra, 1983. 374 p. (in Russian).
4. Viktorov, S.V., Chikishev, A.G. *Landshaftnaja indikacija i ee praktičeskoe primenenie* [Landscape Indication and its Practical Application]. Moscow: Moscow State University Press, 1990. 200 p. (in Russian).

5. *Geojekologija i prirodopol'zovanie. Ponjatijno-terminologicheskij slovar'* [Geocology and Environmental Management. Conceptual and Terminological Dictionary]. Kozin V.V., Petrovskij V.A. Smolensk: Ojkumena, 2005. 576 p. (in Russian).

6. Kozin, V.V., Levchenko, V.S. Landscape Mapping of the Yamal Peninsula Based on Space Photo Information. *Geodezija, ajerofotoshemka, kartografija — Geodesy, Aerial Photography, Cartography*. Issue 9: Engineering and Technology. Moscow. 1984. P. 20-22 (in Russian).

7. Kozin, V.V., Levchenko, V.S., Shljahov, A.F. Medium-landscape map of the Yamal Peninsula. *Landshafty Zapadnoj Sibiri — Landscapes of West Siberia*. Irkutsk: Institute of Geography of Siberian Department of the USSR Academy of Sciences. 1985. P. 34-39 (in Russian)

8. Baulin, V.V., Dubikov, G.I., Aksenov, V.I. and all. *Geokriologicheskie uslovija Harasavjejskogo i Kruzenshternovskogo gazokondensatnyh mestorozhdenij (poluostrov Jamal)* [Permafrost Conditions of Kharasaveyskoye and Kruzenshternovskoye gas fields (the Yamal Peninsula)]. Moscow: GEOS, 2003. 180 p. (in Russian).

9. Dubikov, G.I. *Sostav i kriogennoe stroenie merzlyh tolshh Zapadnoj Sibiri* [Composition and Cryogenic Structure of Permafrost of West Siberia]. Moscow: GEOS, 2002. 246 p. (in Russian).

10. Kozin, V.V. *Landshaftno-jekologicheskaja sreda Zapadnoj Sibiri* [Landscape and Ecological Environment of West Siberia]. Study Guide. Part I. Yamal-Gidansky Region. Tyumen: Tyumen State University Press, 2007. 144 p. (in Russian).