

© Е.А. СЛАГОДА, А.А. ЕРМАК

Институт криосферы Земли СО РАН (Тюмень)  
eslagoda@ikz.ru, E\_A\_A141087@mail.ru

УДК 551.345+911.52

**ДЕШИФРИРОВАНИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ТИПИЧНЫХ  
ТУНДР ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ  
РАЙОНА СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ЮРИБЕЙ**

**INTERPRETATION OF EXOGENOUS PROCESSES  
IN TYPICAL TUNDRA OF THE YAMAL PENINSULA  
(CASE STUDY OF THE DISTRICT IN THE MIDDLE YURIBEY RIVER)**

*АННОТАЦИЯ.* Выполнено дешифрирование космических снимков сверхвысокого разрешения на территории Центрального Ямала Западной Сибири. Рассмотрены методические вопросы применения дистанционного зондирования для оценки распространенности экзогенных геологических и криогенных процессов. Одним из геокриологических индикаторов изменения состояния поверхности являются термокарстовые котловины и озера. Проведена инвентаризация термокарстовых котловин и озер на территории общей площадью 1059,74 км<sup>2</sup>. Составлены: таблица дешифровочных признаков основных экзогенных процессов данной территории; карта-схема масштаба 1:50000, отражающая распространение термокарстовых котловин и озер на разных геоморфологических уровнях. В результате исследования, проведенного по материалам космической съемки, выявлены степень покрытия термокарстовыми формами и заозеренность на геоморфологических уровнях. Максимальная заозеренность — на пойме и I террасе, составляет 18,5% и 19,3%, а максимальное покрытие процессами термокарста — 19,2%, на первой террасе. В дальнейшем планируется провести исследование по учету спектральных характеристик каналов космических снимков и использовать полученные данные для автоматизированного дешифрирования данной территории на предмет проявления форм геокриологических процессов.

*SUMMARY.* Ultrahigh resolution satellite images of Central Yamal in Western Siberia are interpreted. To estimate the prevalence of exogenous geological and cryogenic processes, the methodical issues of remote sensing are considered. Thermokarst depressions and lakes are the indicators of changes in the permafrost surface. Thermokarst lakes and depressions inventory is taken on the area of 1059.74 km<sup>2</sup>. The table of interpretive signs of major exogenous processes of the area is done. The index map of 1:50,000 scale showing the distribution of thermokarst lakes and depressions in different geomorphological levels is drawn. As a result of the conducted research following the space imaging, the degree of thermokarst forms and lakes coverage on geomorphological levels is revealed. The maximum lakes coverage found on the floodplain and terrace I makes 18.5% and 19.3 %, and the maximum thermokarst coverage on terrace I makes 19.2%. In the future we plan to conduct a study to register spectral characteristics of the channels of satellite images and to use the data for automated interpretation of the permafrost processes.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА.** Дистанционное зондирование, термокарст, бугры пучения, морозобойное растрескивание.

**KEY WORDS.** Remote sensing, thermokarst, frost mounds, frost cracking.

Перспективы развития нефтегазодобычи в России связаны с освоением северных территорий Арктики и Субарктики, со строительством объектов нефтегазового комплекса в зоне распространения многолетнемерзлых пород. Анализ развития геокриологических процессов в зоне распространения многолетнемерзлых пород в связи с глобальным изменением климата [1; 2] является актуальной проблемой, решение которой невозможно без применения данных дистанционного зондирования. Для дистанционных материалов, по Николаеву В.А. [3], характерно «истинно интеграционное отражение реально существующих природных и природно-антропогенных геосистем».

Анализ литературных источников в области геокриологических исследований показал, что хорошо дешифрируемые на космических снимках термокарстовые озера и котловины являются наиболее информативными индикаторами как современных, так и унаследованных от голоцена тенденций развития криолитозоны, криогенных изменений рельефа и функционирования мерзлотных ландшафтов [4], [5], [6], [7], [8]. Для выявления проявлений геокриологических процессов необходимы снимки с высоким и сверхвысоким разрешением. Они позволяют детализировать структуру и дать наиболее полную характеристику поверхности, проследить ее изменения и развитие комплекса сопутствующих процессов [9]. Термокарстовые озера, образующиеся в результате вытаявания подземных льдов различного генезиса, связывают с современным потеплением климата [10].

*Цель работы:* дешифрирование и анализ геокриологических форм проявления процессов в центральной части полуострова Ямал на космических снимках сверхвысокого разрешения (предоставленных компанией DigitalGlobe в рамках проекта Planet Action — Russia 9273 [ref:00D35pdh.5006Fef79:ref]).

Район работ расположен на Центральном Ямале в среднем течении р. Юрибей (рис. 1). На геокриологической карте России масштаба 1:2500000 территория р. Юрибей отнесена к зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород [11], [12]. В соответствии с картой «Природные комплексы севера Западной Сибири» масштаба 1:1000000 [13] дешифрируемый космический снимок относится к морской среднетундровой провинции, в составе которой выделены пойма, II и III морские равнины [14].

И.Л.Кузиным на данной территории выделялись следующие геоморфологические уровни: I, II, III и IV морские террасы [15].

На государственной геоморфологической карте 2000 г. масштаба 1:1000000 в районе исследований выделены следующие геоморфологические уровни [16]:

1) 4 прибрежно-морских и приморско-речных уровня: четвертая терраса (равнина) ( $Q_{III}$ ), третья терраса (равнина) ( $Q_{III-2}$ ), вторая терраса ( $Q_{III}$ ), первая терраса ( $Q_{III4}-Q_{IV1}$ );

2) озерный уровень: комплекс низких террас крупных озер ( $Q_{III-IV}$ );

3) речной уровень: пойма ( $Q_{IV}$ ).

Знаками показаны следующие формы проявления процессов: термокарст, хасырей, морозобойное растрескивание и пучение.

За основу деления изученной территории были приняты геоморфологические уровни государственной геоморфологической карты, с некоторыми упрощениями.

Комплекс низких террас крупных озер по высотным отметкам и возрасту объединен с первой террасой, и выделены 5 геоморфологических уровня: пойма, I, II, III и IV террасы.

В качестве основных материалов для изучения распространения термокарстовых котловин и озер использованы космические снимки сверхвысокого разрешения WorldView-2 (2010), космический снимок среднего разрешения Landsat 7 ETM+ (2003), топографическая карта масштаба 1:100000 (1979) и материалы полевых исследований в среднем течении р. Юрибей, проведенных в 2011 году. Дешифрирование форм проявления процессов выполнялось вручную, при помощи программного комплекса ArcGis 9. Для каждого объекта, выделяемого на снимке, создавался отдельный слой, в котором и проходило дешифрирование. Термокарстовые понижения (хасыреи) были выделены площадным способом, а бугры пучения и морозобойное растрескивание — знаками.

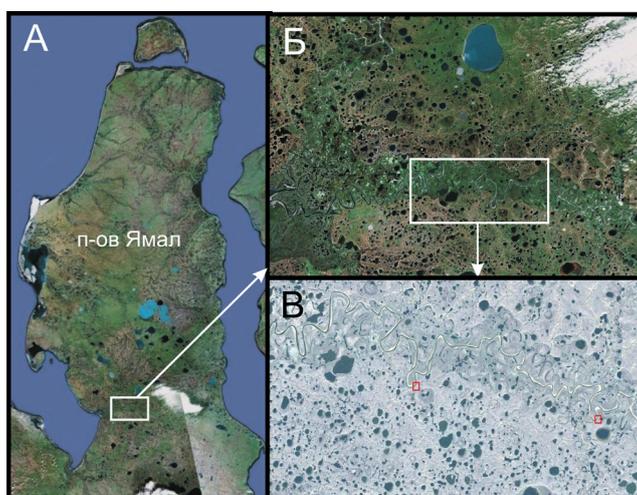


Рис. 1. Обзорный космический снимок территории (А — снимок с GoogleEarth), район исследования на р.Юрибей (Б — снимок с GoogleEarth), расположение участка дешифрирования на р. Юрибей п-ова Ямал (В — космический снимок Landsat 7 ETM+).

На основе визуального дешифрирования снимков определены дешифровочные признаки термокарстовых озер, находящихся на разных стадиях развития, бугров пучения и морозобойного растрескивания. Формы проявления геокриологических процессов дешифрируются уверенно по характерным морфологическим формам, цветовым и тоновым различиям. В таблице выделены признаки, имеющие непосредственное отношение к выделению термокарстовых озер и котловин, находящихся на разных стадиях развития термокарстового процесса, бугров пучения и морозобойного растрескивания (табл. 1).

Термокарст — один из наиболее широко распространенных процессов на всей территории, связанных с вытаяванием и просадками многолетнемерзлых льдистых пород. С термокарстом связано образование замкнутых западин различной формы и разного размера, в большинстве случаев заполненных водой, которые легко дешифрируются на космоснимках [17]. Берега у термокарстовых озер обычно крутые, обрывистые; при активном развитии термокарста на снимках высокого разрешения можно различить следы обрушения берегов.

Хасыреи, осушенные термокарстовые котловины, часто имеют террасированный ступенчатый рельеф, связанный с сокращением площади и понижением уровней озер с характерным набором дешифровочных признаков. Общими дешифровочными признаками являются округлая форма, темный фототон. Ведущую роль для выделения ступеней в хасыреях различных генераций играют ландшафтно-индикационные признаки: мелкие остаточные озера по периферии, крупные озера в центральной части, характерная коленообразная форма реликтовой речной сети, ярко выраженная бровка котловины [18].

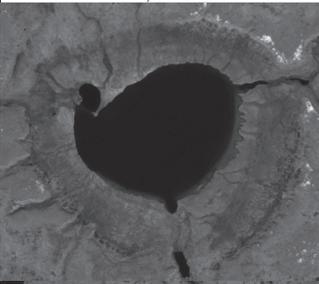
Многолетние бугры пучения достаточно уверенно дешифрируются по округлой, овальной и кольцеобразной форме. Тон изображения бугров бывает как темнее, так и светлее окружающей местности. Вершины бугров нередко разрушены, осложнены небольшими просадочными воронками, покрыты трещинами [19] и хорошо выделяются на снимках сверхвысокого разрешения. Местами выделены скопления бугров пучения.

Морозобойное растрескивание является одним из наиболее распространенных криогенных процессов, определяющих многие особенности современных и древних криогенных образований [4]. Выражены они морфологически четко: прослеживаются межполигональные понижения слабозаболоченные, часто пересекающиеся, образующие полигонально-сетчатый рисунок. Форма полигонов на снимке — квадратная, прямоугольная, трапециевидная или многоугольная. Цвет полигонов меняется от светло-желтого до темно-зеленого в зависимости от степени заболоченности территории и состава пород, слагающих поверхность. На снимках с разрешением 0,5 м дешифрируются более уверенно.

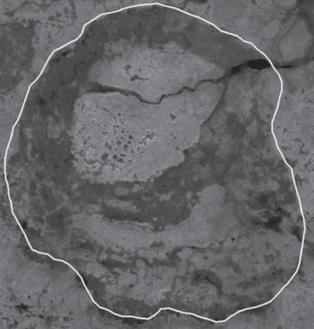
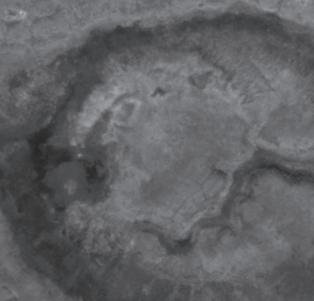
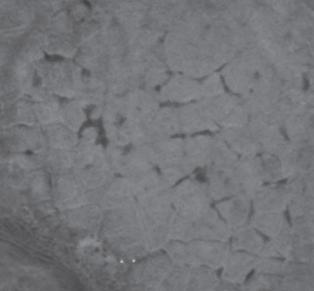
Полигоны с пониженной центральной частью, заполненной водой или заболоченной, на космоснимках имеют вид угловатых темных пятен, расположенных рядами и разделенных узкими светлыми полосами [20].

Таблица 1

## Дешифровочные признаки геокриологических процессов

Процессы и формы их проявления	Дешифровочные признаки форм проявления процессов	Вид на панхроматичном снимке с разрешением 0,5 м
Термокарстовые озера, частично спущенные (25-75%)	Округлые формы, изменяющиеся от темно-серого до черного цвета с распространенными на поверхности площадями темно-зеленого, коричневого цвета	
Хасыреи с остаточными озерами более 25%	Округлая форма зеленого цвета, с расположенными внутри остаточными озерами	

Окончание табл. 1

Хасыреи полностью осушенные	Округлая форма, темные выступы. Цвет темно-зеленый, нередко желтый	
Бугры пучения	Округлые пятна более светлого тона, чем окружающая поверхность. Часто распознаются внутри термокарстовой котловины	
Морозобойное растрескивание в хасыреях: полигоны и межполигональные канавы	Прерывистая сеть тонких или широких темных линий на светлом фоне полигонально с зернистой текстурой, образованной микрополигонами, кочками	

Выпуклые полигоны, наоборот, фиксируются в виде более светлых многоугольников, разделенных темными полосами.

На основе дешифрирования снимка по вышеперечисленным признакам посчитаны площади термокарстовых котловин и озер, построены тематические поверхности с применением метода интерполяции способом Kriging в программе Golden Software Surfer 8. На этих поверхностях отражено распространение и соотношение термокарстовых котловин и озер на террасах (равнинах) в районе среднего течения р. Юрибей.

На рис. 2 выделены изолинии соответствующие градациям размеров площадей озер. Озера с размером  $<0,1 \text{ км}^2$  измерялись с частотой 0,00006, 0,001, 0,01, 0,05; озера  $>0,1 \text{ км}^2$  — с частотой 0,1  $\text{км}^2$ . На пойме, I, II и III террасах выделено семь участков с максимальной площадью озер  $>1 \text{ км}^2$ . На всех уровнях имеются озера с наименьшими площадями. На всей территории озера с площадью от 0,00006 до 0,2  $\text{км}^2$ , преобладают и составляют 96,6% от общего количества озер. На диапазон от 0,3 до 3,5  $\text{км}^2$  приходится 3,4%. Среднее значение площади озера составляет 0,032  $\text{км}^2$ .

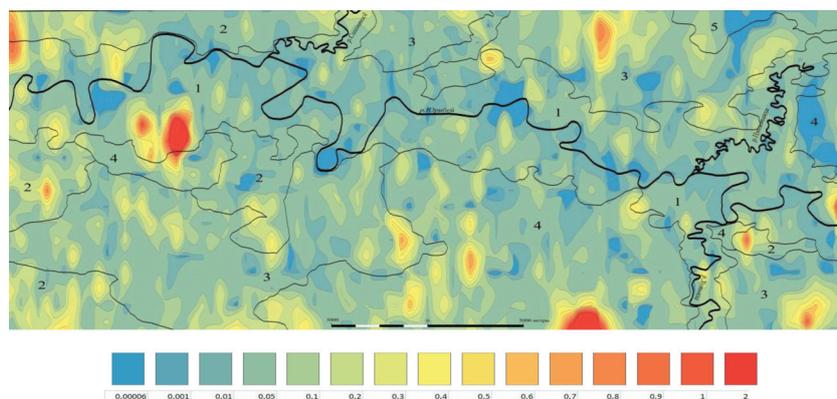


Рис. 2. Тематическая поверхность распределения площадей озер на исследуемой территории, км<sup>2</sup>. Тонкими линиями показаны границы геоморфологических уровней. Жирными линиями нанесена основная линейная гидрография. Цифрами обозначены: 1 — пойма; 2 — I терраса; 3 — II терраса; 4 — III терраса; 5 — IV терраса.

На рис. 3 изолиниями выделены градации размеров площадей термокарстовых котловин (включая частично осушенные котловины и хасыреи) за вычетом площадей озер. При размере котловин <1 км<sup>2</sup>, площади измерялись в интервале значений от 0,01 до 1 км<sup>2</sup> с частотой 0,05 км<sup>2</sup>; при размере >1 км<sup>2</sup> — с частотой 0,1 км<sup>2</sup>. На I и III террасах выделены два участка с максимальным размером площадей термокарстовых котловин; на II и IV террасах преобладают мелкие по площади котловины. Преобладают термокарстовые котловины площадью от 0,01 до 0,65 км<sup>2</sup>, и составляют 81,7%. Термокарстовые котловины размером от 0,7 до 3,56 км<sup>2</sup> составляют 18,3%. Средняя площадь термокарстовой котловины составляет 0,39 км<sup>2</sup>.

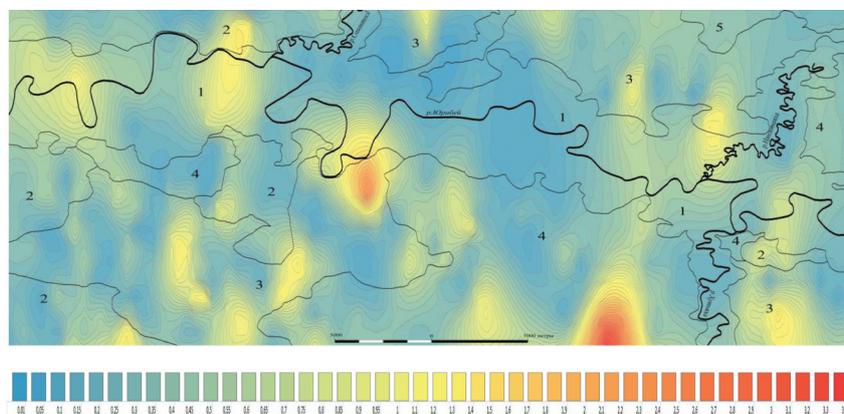


Рис. 3. Тематическая поверхность распределения площадей термокарстовых котловин, включая хасыреи и частично осушенные котловины на исследуемой территории, км<sup>2</sup>. Диапазоны изменения площадей термокарстовых котловин: 0,01×1,0 — <1 км<sup>2</sup>; 1,0×3,4 — 0,1 км<sup>2</sup>. Тонкими линиями показаны границы геоморфологических уровней. Жирными линиями нанесена основная линейная гидрография. Цифрами обозначены: 1 — пойма; 2 — I терраса; 3 — II терраса; 4 — III терраса; 5 — IV терраса.

Результаты подсчета площадей термокарстовых котловин и озер и их распределение по геоморфологическим уровням представлены в табл. 2.

Проведенный анализ космоснимка показал, что наибольший уровень заозеренности (18,5%) на пойме, за счет старичных, заливаемых водоемов, не имеющих связи с термокарстом.

Таблица 2

**Распространение озер и осушенных частей термокарстовых котловин по геоморфологическим уровням**

Геоморфологический уровень	Площадь геоморфологического уровня км <sup>2</sup>	Площадь озер (заозеренность)		Осушенные площади термокарстовых котловин		Площадь проявления термокарста %
		км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>	%	
1	2	3	4	5	6	7
Пойма	360,6	66,76	18,5	—	—	—
I терраса	131,91	25,43	19,3	25,4	19,2	38,5
II терраса	312,44	44,33	14,2	54,8	17,5	31,7
III терраса	240,12	31,85	13,3	32,5	13,5	26,8
IV терраса	14,34	0,22	1,5	0,5	3,4	4,9

Заозеренность на террасах снижается от низкого уровня к высокому, что связано с изменением высот и возраста уровня. Наименьшие величины площади термокарста на IV террасе (равнине) обусловлены хорошей дренированностью территории, меньшей льдистостью отложений. Максимальные величины площади термокарста на I террасе — 38,5%, по причине увеличения льдистости и ухудшения дренированности поверхности.

Осушенные термокарстовые котловины по площади достигли максимума на I, II террасах и составляют 19,2% и 17,5% соответственно, от общей площади геоморфологического уровня. Так же, как и с заозеренностью, прослеживается уменьшение площади термокарстовых котловин от низких уровней до высоких.

На водоразделах морозобойное растрескивание проявилось полигональной сетью, представленной полигонально-плоским рельефом. В хасырях морозобойное растрескивание выражается полигонально-валиковым рельефом.

Бугры пучения расположены вблизи остаточных водоемов в пределах котловин (хасырей) или на наиболее обводненных участках плоского дна с полигональным рельефом.

В результате дешифрирования была построена карта-схема масштаба 1:50000 с контурами геоморфологических уровней и зонами проявления форм термокарста, элементами, отражающими процессы пучения и морозобойного растрескивания (рис. 4).

Анализ карты показал, что рассматриваемые формы проявления процессов распространены на всех геоморфологических уровнях, но наибольшая часть — на первой и второй террасах. Морозобойное растрескивание и криогенное пучение развиваются как в частично осушенных термокарстовых котловинах и хасырях, так и за их пределами. Выделяются два типа озер: старичные озера — широко распространены в поймах крупных и средних рек; термокарстовые

озера — они широко развиты в пределах плоских поверхностей надпойменных террас. Озера концентрируются главным образом в центральных и тыловых частях террас. Выделенные проявления форм процессов являются индикаторами ландшафтов данной территории, таких как: озерно-котловинные, озерно-болотные, хасырейные типы местности.

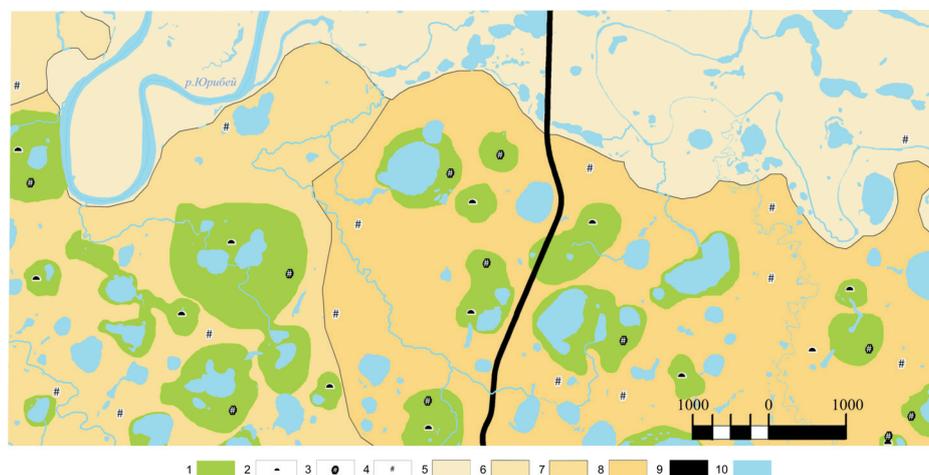


Рис. 4. Фрагмент карта-схемы масштаба 1:50000 размещения термокарстовых котловин и озер на геоморфологических уровнях. Условные обозначения: 1 — термокарстовые котловины; 2 — бугры пучения; 3 — следы морозобойного растрескивания в термокарстовых котловинах; 4 — морозобойное растрескивание; 5 — пойма; 6 — I терраса; 7 — II терраса; 8 — III терраса; 9 — железная дорога; 10 — гидрография.

Проведено дешифрирование проявлений форм геокриологических процессов: термокарста, пучения и морозобойного растрескивания — на снимках сверхвысокого разрешения. Составлена таблица дешифровочных признаков процессов на исследуемую территорию. Результатом стала карта-схема геокриологических процессов, на которой выделены площадными объектами термокарстовые котловины и озера, а знаками показаны криогенное пучение и морозобойное растрескивание.

В результате исследования, проведенного по материалам космической съемки, выявлена степень покрытия термокарстовыми формами и заозеренность на геоморфологических уровнях. Максимальная заозеренность выявлена на пойме и I террасе — 18,5% и 19,3%, а максимальное покрытие процессами термокарста составляет 19,2% на первой террасе.

В дальнейшем планируется провести исследование по учету спектральных характеристик каналов космических снимков и использовать полученные данные для автоматизированного дешифрирования данной территории на предмет проявления форм геокриологических процессов, а также сравнить полученные результаты при ручном визуальном и автоматизированном дешифрировании снимков.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлов А.В., Ананьева Г.В. Оценка современных изменений температур воздуха на территории криолитозоны России // Криосфера Земли. 2004. Т. 8. № 2. С. 3-9.

2. Павлов А.В. Мониторинг криолитозоны. Новосибирск: Изд-во «Гео», 2008. 229 с.
3. Николаев В.А. Космическое ландшафтоведение: Учебное пособие. М.: МГУ, 1993. 81 с.
4. Мельников Е.С., Вейсман Л.И., Крицук Л.Н. и др. Ландшафтные индикаторы инженерно-геологических условий севера Западной Сибири и их дешифровочные признаки. М.: Недра, 1974. 182 с.
5. Мельников Е.С., Вейсман Л.И., Москаленко Н.Г. и др. Ландшафты криолитозоны Западно-Сибирской газоносной провинции. Новосибирск: Наука, 1983. 165 с.
6. Некрасов И.А., Петропавловская М.С. Опыт применения космических снимков для геокриологического картирования // Исследование Земли из космоса. 1983. № 2. С. 14-20.
7. Козин В.В. Ландшафтные исследования в нефтегазоносных районах. Тюмень: ТюмГУ, 1984. 60 с.
8. Козин В.В. Ландшафтно-экологическая среда Западной Сибири. Часть I. Ямало-Гыданская область: Учебное пособие. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2007. 175 с.
9. Ермак А.А., Слагода Е.А., Идрисов И.Р. Дешифрирование природных процессов и образований в зоне освоения месторождений углеводородов западного побережья п-ова Ямал (в районе Бованенково) // Десятая Международная конференция по мерзлотоведению (ТКСОР). Т. 3. Тюмень: Печатник, 2012. С. 171-175
10. Днепровская В.П., Полищук Ю.М. Геоинформационный анализ геокриологических изменений в зоне многолетней мерзлоты Западной Сибири с использованием космических снимков // Геоинформатика. 2008. № 2. С. 9-14.
11. Геокриологическая карта СССР (масштаб 1:2500000). М. 1991.
12. Геокриология СССР. Западная Сибирь / Под ред. Э.Д. Ершова. М.: Недра, 1989. 454 с.
13. Карта «Природных комплексов севера Западной Сибири» масштаба 1:1000000. М., 1991.
14. Мельников Е.С. Пояснительная записка к карте природных комплексов севера Западной Сибири. М.: ВСЕГИНГЕО, 1991. 36 с.
15. Кузин И.Л. Геоморфологические уровни севера Западной Сибири // Геология и нефтегазоносность севера Западной Сибири. Труды ВНИГРИ. 1963. Вып. 225. С. 330-339.
16. Государственная геологическая карта (новая серия). Геоморфологическая карта (масштаб 1:1000000). Лист R-(40)-42. СПб., 2000.
17. Гудилин И.С., Комаров И.С. Применение аэрометодов при инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях: Учебное пособие. М.: Недра, 1978. 319 с.
18. Холодилов И.В. Комплексное картографирование эталонных зональных структур на основе анализа данных дистанционного зондирования // Вестник Тюменского государственного университета. 2009. № 3. С. 29-35.
19. Тыртиков А.П. Динамика растительного покрова и развитие мерзлотных форм рельефа. М.: Наука, 1979. 116 с.
20. Гидрология заболоченных территорий зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири / Под ред. С.М. Новикова. СПб., 2009. 536 с.

## REFERENCES

1. Pavlov, A.V., Anan'eva, G.V. Assessment of current changes in air temperature in Russian Cryolithozone. *Kriosfera Zemli — Earth's Cryosphere*. 2004. V. 8. № 2. Pp. 3-9. (in Russian).
2. Pavlov, A.V. *Monitoring kriolitozony* [Cryolithozone monitoring]. Novosibirsk, 2008. 229 p. (in Russian).
3. Nikolaev, V.A. *Kosmicheskoe landshaftovedenie: Uchebnoe posobie* [Space landscape study: textbook]. Moscow, 1993. 81 p. (in Russian).

4. Mel'nikov, E.S., Veisman, L.I., Kritsuk, L.N. et al. *Landshaftnye indikatory inzhenerno — geologicheskikh uslovii severa Zapadnoi Sibiri i ikh deshifrovochnye priznaki* [Landscape indicators of geotechnical conditions of the north of Western Siberia and their interpretive signs]. Moscow, 1974. 182 p. (in Russian).
5. Mel'nikov E.S., Veisman L.I., Moskalenko N.G. et al. *Landshafty kriolitozony Zapadno-Sibirskoi gazonosnoi provintsii* [Cryolithozone landscapes of Western Siberian gas-bearing province]. Novosibirsk, 1983. 165 p. (in Russian).
6. Nekrasov, I.A., Petropavlovskaya, M.S. Experience of using satellite imagery for geocryological mapping. *Issledovanie Zemli iz kosmosa — Space Study of the Earth*. 1983. № 2. Pp. 14-20. (in Russian).
7. Kozin, V.V. *Landshaftnye issledovaniia v neftegazonosnykh raionakh* [Landscape research in oil and gas areas]. Tyumen, 1984. 60 p. (in Russian).
8. Kozin, V.V. *Landshaftno-ekologicheskaya sreda Zapadnoi Sibiri. Chast' I. Yamalo-Gydanskaia oblast'. Uchebnoe posobie* [Landscape and ecological environment in Western Siberia: textbook. Part I. Yamal-Gydan Region]. Tyumen, 2007. 175 p. (in Russian).
9. Ermak, A.A., Slagoda, E.A., Idrisov, I.R. Interpretation of natural processes and structures in the development area of hydrocarbon deposits of the western coast of the Yamal Peninsula (near Bovanenkov) // *Desiataya Mezhdunarodnaia konferentsiia po merzlotovedeniiu (TICOP). T. 3.* [Tenth International Conference on Permafrost (TICOP). V. 3]. Tyumen, 2012. Pp. 171-175. (in Russian).
10. Dneprovskaya, V.P., Polishchuk, Iu.M. GIS-based analysis of permafrost changes in Western Siberia using satellite images. *Geoinformatika — Geoinformatics*. 2008. № 2. Pp. 9-14. (in Russian).
11. *Geokriologicheskaya karta SSSR (masshtab 1:2500000)* [Geocryological map of the USSR, Scale 1:2,500,000]. Moscow, 1991. (in Russian).
12. *Geokriologiya SSSR. Zapadnaia Sibir'* [Geocryology of the USSR. Western Siberia] / Ed. by Ershov, E.D. Moscow, 1989. 454 p. (in Russian).
13. *Karta «Prirodnykh kompleksov severa Zapadnoi Sibiri» masshtaba 1:1000000* [Map of natural complexes in the north of Western Siberia, Scale 1:1,000,000]. Moscow, 1991.
14. Mel'nikov, E.S. *Poiasnitel'naya zapiska k karte prirodnykh kompleksov severa Zapadnoi Sibiri* [Explanatory notes to the map of natural complexes in the north of Western Siberia]. Moscow, 1991. 36 p. (in Russian).
15. Kuzin, I.L. Geomorphological levels of the north of Western Siberia // *Geologiya i neftegazonosnost' severa Zapadnoi Sibiri. Trudy VNIGRI. — Geology and petroleum potential of the north of Western Siberia. Proceedings of VNIGRI*. 1963. V. 225. Pp. 330-339. (in Russian).
16. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta (novaia seriia). Geomorfologicheskaya karta (masshtab 1:1000000). List R-(40)-42* [State Geological Map (new series). Geomorphologic map, Scale 1:1,000,000. Sheet R-(40)-42]. St-Petersburg, 2000. (in Russian).
17. Gudilin, I.S., Komarov, I.S. *Primenenie aerometodov pri inzhenerno-geologicheskikh i gidrogeologicheskikh issledovaniyakh. Uchebnoe posobie* [Application of aerial methods in geotechnical and hydrogeological studies: textbook]. Moscow, 1978. 319 p. (in Russian).
18. Kholodilov, I.V. Integrated mapping of the reference zonal structures on the basis of the analysis of remote sensing data. *Vestnik Tiimenskogo gosudarstvennogo universiteta — Tyumen State University Herald*. 2009. № 3. Pp. 29-35. (in Russian).
19. Tyrtikov, A.P. *Dinamika rastitel'nogo pokrova i razvitie merzlotnykh form rel'efa* [Dynamics of vegetation and development of permafrost landforms]. Moscow, 1979. 116 p. (in Russian).
20. *Gidrologiya zabolochennykh territorii zony mnogoletnei merzloty Zapadnoi Sibiri* [Wetlands hydrology in the permafrost zone of Western Siberia] / Ed. by S.M. Novikov. St-Petersburg, 2009. 536 p. (in Russian).

**Авторы публикации**

**Слагода Елена Адольфовна** — главный научный сотрудник Института криосферы Земли СО РАН (Тюмень), доктор геолого-минералогических наук

**Ермак Андрей Анатольевич** — аспирант Института криосферы земли СО РАН (Тюмень)

**Authors of the publication**

**Elena A. Slagoda** — Chief Researcher, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Earth Cryosphere Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Tyumen)

**Andrey A. Ermak** — Post-graduate student, Earth Cryosphere Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Tyumen)