

КРАТКИЕ
СООБЩЕНИЯ

УДК 528.873

АНАЛИЗ СЕЗОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПЛОЩАДЕЙ ТЕРМОКАРСТОВЫХ
ОЗЕР В ЗОНЕ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СНИМКОВ ERS-2

© 2009 г. Н. А. Брыксина*, Ю. М. Полищук

* Научно-исследовательский институт информационных технологий, Ханты-Мансийск
Институт химии нефти СО РАН, Томск

* E-mail: pna@uriit.ru

Поступила в редакцию 19.05.2008 г.

Исследована сезонная динамика площадей термокарстовых озер на основе анализа радиолокационных космических снимков ИСЗ ERS-2, полученных в разные месяцы теплого периода с июня по сентябрь. Исследование проводилось на трех тестовых участках территории вечной мерзлоты в Западной Сибири. Результаты исследования показали, что сезонные изменения площадей термокарстовых озер на разных территориях в пределах теплого периода одного года незначительны и не могут оказывать существенного влияния на изучение многолетней динамики площадей озер на территории вечной мерзлоты.

Северная территория Западной Сибири располагается в зонах сплошной и прерывистой вечной мерзлоты. В связи с глобальным потеплением климата в последние годы значительно ускорились процессы ее таяния, что приводит к уменьшению прочности многолетнемерзлых пород (ММП) и может сопровождаться ростом аварий-

ности на объектах нефтегазового комплекса. В работе [1] показано, что термокарстовые озера являются удобным индикатором влияния потепления климата на состояние ММП. Термокарстовые озера, образующиеся в результате просадки земной поверхности из-за протаивания ископаемого льда и мерзлых пород, в отличие от озер дру-

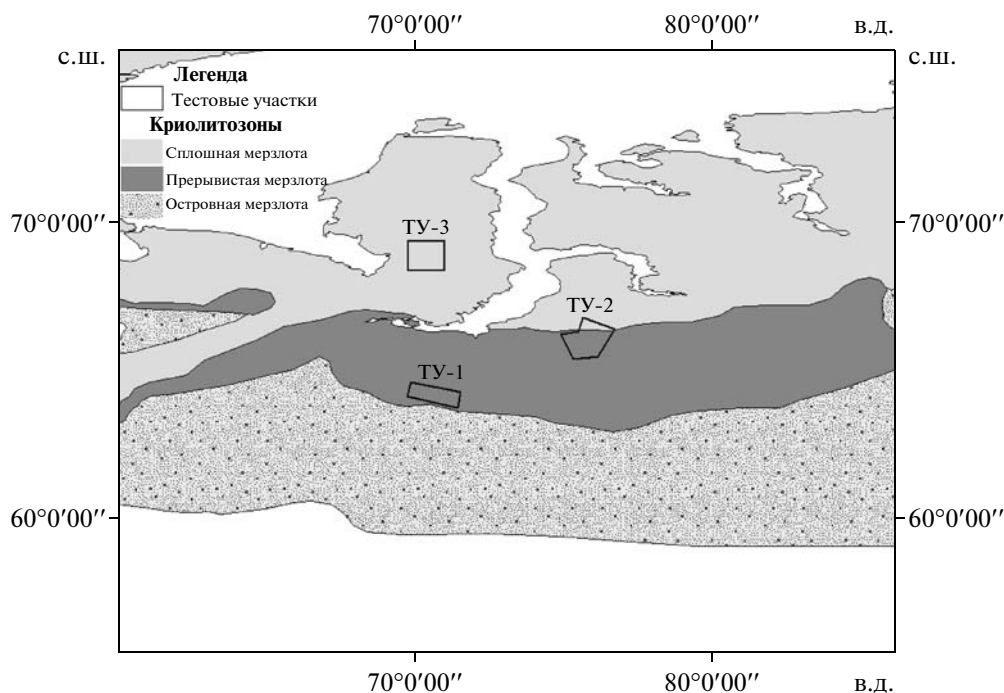


Рис. 1. Карта-схема расположения зон вечной мерзлоты на территории Западной Сибири с обозначенными границами тестовых участков.

гих типов (ледниковых, карстовых и др.), имеют небольшую глубину (до 1–2 м) и округлую (часто овальную) форму. Они хорошо различимы на космических снимках, что позволяет использовать дистанционные методы при проведении геокриологических исследований.

Результаты исследований, изложенные в работе [2], показали значительные межгодовые изменения площадей озер в течение последних десятилетий, которые могут быть связаны с глобальным потеплением. Относительные величины изменений площадей озер на разных территориях в зоне вечной мерзлоты за время двух–трех последних десятилетий, по данным [2], доходят до двух–трех десятков процентов. Представляет интерес выяснить, какое влияние на величину межгодовых изменений площадей термокарстовых озер оказывают их сезонные изменения. В связи с этим возникает задача оценить величину внутрисезонных изменений площадей термокарстовых озер в пределах одного года. Цель настоящей работы – исследование внутрисезонной динамики площадей термокарстовых озер с использованием космических снимков.

Дадим краткую характеристику районов исследований и использованных материалов радиолокационной (РЛ) съемки. Для исследования изменений площадей термокарстовых озер были выбраны три тестовых участка (ТУ), расположенных в различных зонах вечной мерзлоты Западной Сибири (рис. 1). ТУ-1 и ТУ-2 находятся в зоне прерывистого распространения вечной мерзлоты, а ТУ-3 расположен в зоне сплошного распространения вечной мерзлоты.

Под сезонной динамикой термокарстовых озер здесь понимается изменение площадей термокарстовых озер в бесснежный период (с июня по сентябрь) в пределах одного года. На каждом ТУ выбиралось по 60 наиболее крупных озер площадью не менее 20 га. Анализ сезонной динамики термокарстовых озер проводился путем измерения площадей водных поверхностей озер на разновременных космических снимках с использованием программы ERDAS Imagine 9.1. Определение площадей озер проводилось путем выделения их границ с помощью инструмента Create Polygon AOI. Вследствие преобладания пасмурной погоды на севере Западной Сибири не удается собрать достаточное число безоблачных снимков оптического диапазона, полученных в теплый период одного года. Поэтому единственно приемлемым для проведения исследований динамики термокарстовых озер оказалось использование РЛ космических снимков, на которые облачность не оказывает влияния. В табл. 1 приведена характеристика коллекции РЛ космических снимков ИСЗ ERS-2, сформированной для проведения исследований.

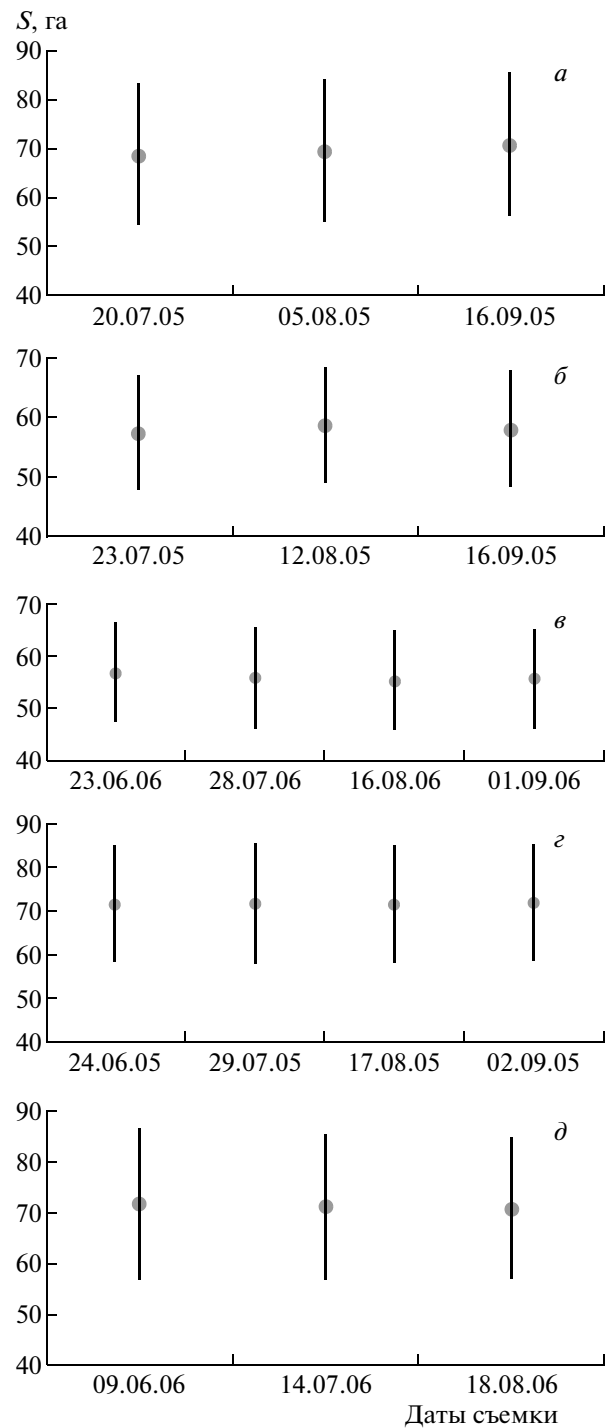


Рис. 2. Средние значения площади термокарстовых озер на разных ТУ: а – ТУ-1; б и в – ТУ-2; з и д – ТУ-3.

Ниже приведены некоторые результаты исследований. На рис. 2 представлены графики внутрисезонных изменений средних площадей озер на исследованных территориях. Для статистической характеристики внутрисезонных изменений средних площадей озер по результатам измере-

Таблица 1. Время съемки использованных в работе космических снимков

Дата съемки	Тестовые участки		
	ТУ-1	ТУ-2	ТУ-3
2005 г.	июль, август, сентябрь	июль, август, сентябрь	июнь, июль, август, сентябрь
2006 г.		июнь, июль, август, сентябрь	июнь, июль, август

Таблица 2. Статистика внутрисезонных изменений площадей озер

Статистические характеристики	ТУ-1	ТУ-2		ТУ-3	
	2005 г.	2005 г.	2006 г.	2005 г.	2006 г.
M , га	69.6	57.5	55.8	71.6	71.2
Δ , га	1.9	0.9	1.6	0.4	1.1
$\delta = \Delta/M$, %	2.7%	1.6%	2.9%	0.6%	1.5%

ний площадей термокарстовых озер были рассчитаны средние значения площади озер на каждом тестовом участке \bar{X} и доверительные интервалы для них I , рассчитанные для доверительной вероятности 95% по следующей формуле:

$$I/2 = \bar{X} \pm 1.67\sigma/\sqrt{n},$$

где σ – среднее квадратическое отклонение площади озер, n – объем выборки (число озер на каждом ТУ). Точками на графиках обозначены средние значения площадей на каждом ТУ, отрезками прямых линий – доверительные интервалы. Как видно из приведенных на рис. 2 графиков, в пределах сезона каждого года на всех тестовых участках в теплые периоды года с июня по сентябрь отклонения средних значений площадей озер от их среднесезонных значений незначительны.

Для количественной оценки внутрисезонных изменений площадей озер на каждом из ТУ были рассчитаны среднесезонные значения отклонений площадей озер M для каждого года и абсолютные Δ и относительные δ величины отклонений средних значений площадей озер, взятых в отдельные месяцы одного сезона, от их среднесезонных значений. Результаты этих расчетов приведены в табл. 2, где обозначено:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{X}_i}{m},$$

где \bar{X}_i – среднее значение площади озер в i -й месяц одного года; m – число месяцев, использованных для исследований в каждый сезон согласно табл. 1.

Сравнение величин δ для разных участков ТУ-1 и ТУ-2 в 2005 г. (табл. 2) показывает, что разница между ними составила 1.2%. Такое же незначительное отличие (1.3%) относительных величин

отклонения средних значений площадей от их среднесезонного значения можно увидеть в табл. 2 для одного и того же ТУ-2, но в разные годы (2005 г. и 2006 г.). Как видно из табл. 2, относительные величины отклонения средних значений площадей термокарстовых озер для разных ТУ изменяются в пределах от 0.6 до 2.9%. Относительное изменение средних значений площадей озер, усредненное по всем ТУ, составляет около 2%. Это позволяет сделать вывод о том, что сезонные изменения площадей термокарстовых озер в среднем не оказывают существенного влияния на результаты исследования многолетней динамики площадей озер в зоне вечной мерзлоты.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 08-05-92496 НЦНИЛ_а). Авторы выражают благодарность за помощь в работе А.В. Евтюшкину и В.М. Брыксину.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирпотин С.Н., Полищук Ю.М., Брыксина Н.А. Динамика площадей термокарстовых озер в сплошной и прерывистой криолитозонах Западной Сибири в условиях глобального потепления // Вестн. ТГУ. 2008. № 311. С. 185–189.
2. Брыксина Н.А., Евтюшкин А.В., Полищук Ю.М. Изучение динамики изменений термокарстовых форм рельефа с использованием космических снимков // Четвертая всер. откр. конф. “Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов”. Сб. науч. ст. Вып. 4. Т 2. М.: ООО “Азбука-2000”, 2007. С. 123–128.

The Analysis of Seasonal Dynamics of Thermokarst Lakes Areas with Use of Space Images ERS-2

N. A. Bryksina*, Yu. M. Polishchuk

**Ugra Research Institute of Information Technologies, Khanty-Mansiysk
Institute of Petroleum Chemistry of Russian Academy of Science, Tomsk*

Seasonal dynamics of thermokarst lakes areas is investigated on base of radar space images ERS-2 analysis taken in different months of warm period from June to September. Research has been carried out in the three pilot territories of West-Siberian permafrost. Research results show that seasonal changes of thermokarst lakes areas in different territories is very little during warm period of one year and can't effect considerable impact on studying multiyear dynamics of lakes areas in permafrost territory.