

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ЗЕМЛЕ

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ПОЛЕЙ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЕР В ГОРНЫХ ДОЛИНАХ АЛТАЯ

© 2013 г. Ю. М. Полищук^{1, 2}, Д. С. Шаронов^{2*}

¹Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук, Томск

²Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск

*E-mail: D_Sharonov@mail.ru

Поступила в редакцию 29.03.2012 г.

Исследована динамика площадей термокарстовых озер на шести тестовых участках многолетней мерзлоты в Горном Алтае с использованием коллекции разновременных космических снимков Landsat 5 (1993–2010 гг.). Показано, что суммарная площадь озер на всех тестовых участках возрастает со временем, и за исследуемый период увеличение площадей составило в среднем 31%.

Ключевые слова: Многолетняя мерзлота, термокарстовые озера, космические снимки, глобальное потепление, геоинформационные системы

DOI: 10.7868/S0205961412060061

Современные изменения климата сопровождаются усилением многих природных опасностей, в том числе и геокриологических, связанных с таянием льда. Сопутствующие им геоморфологические изменения земной поверхности оказывают неблагоприятное воздействие на объекты инженерной инфраструктуры. Для снижения рисков аварийности необходимы исследования динамики термокарстовых процессов на различных территориях многолетней мерзлоты.

В работе (Кирпотин и др., 2008) показано, что термокарстовые озера (ТО) являются удобным индикатором деградации многолетнемерзлых пород. Они хорошо дешифрируются на космических снимках, что позволяет использовать данные дистанционного зондирования (ДДЗ) при проведении геокриологических исследований. Использование ДДЗ позволяет проводить исследования на значительных по площади территориях. Кроме того, для прогнозирования возможных изменений состояния вечной мерзлоты в современных условиях требуется собирать и анализировать большие объемы информации, что в настоящее время на труднодоступных территориях многолетней мерзлоты можно выполнить только с использованием методов ДЗ.

В настоящее время проводятся обширные дистанционные исследования динамики ТО на территории вечной мерзлоты северной Евразии (Кравцова, 2009; Smith et al., 2005). Однако динамика озер в горных районах изучена явно недостаточно.

В данной работе излагаются результаты дистанционных исследований ТО на территории, расположенной в южной части республики Алтай вблизи границ Монголии и Казахстана.

На исследуемой территории были выбраны шесть тестовых участков (ТУ) наиболее интенсивного термокарста, расположение которых показано на карте (рис. 1).

В исследованиях использованы разновременные космические снимки с космического аппарата Landsat 5 (пространственное разрешение 30 м), полученные 20.09.1993; 27.06.2000; 08.09.2006 и 15.06.2010. Выбор космических снимков определялся и отсутствием в пределах сцен облачного покрова. Дешифрирование снимков и выделение термокарстовых озер проводилось с помощью ERDAS Imagine 9.1. Общее число озер на шести ТУ составило 274. Площади озер определялись с использованием ArcGis 9.3. Статистическая обработка полученных результатов проводилась в программе Statistica 6.0.

По результатам измерений площадей исследованных озер был построен график временных изменений суммарных (по всем ТУ) площадей озер (рис. 2).

Из графика видно, что временной ход суммарной площади озер может быть аппроксимирован (с высоким коэффициентом детерминации $R^2 = 0.98$) линейным уравнением вида

$$y = ax + b, \quad (1)$$

где a – коэффициент линейного тренда (га/год); b – свободный член уравнения (га).

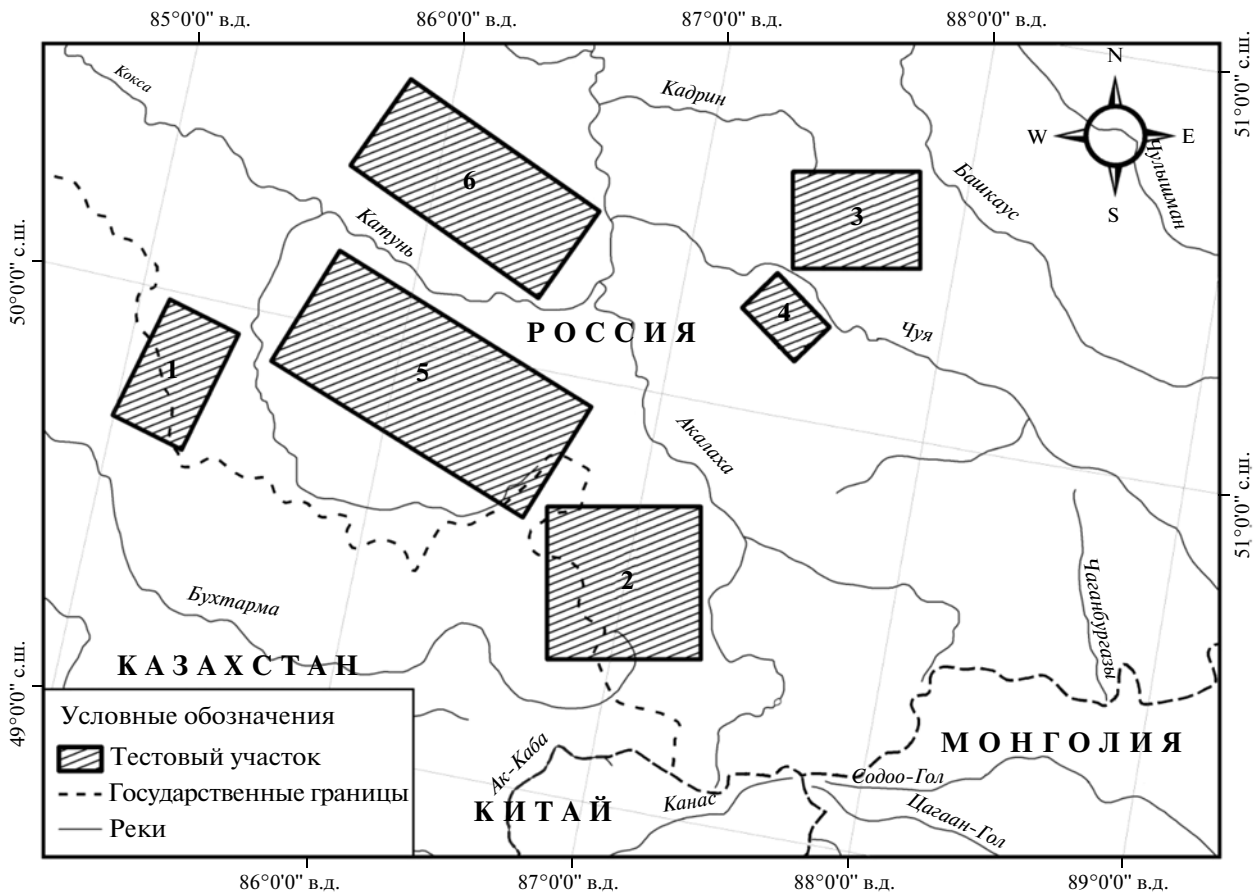


Рис. 1. Карта-схема расположения исследуемых участков.

По данным рис. 2 было рассчитано относительное изменение суммарной площади озер во времени как отношение приращения суммарной площади озер за период исследований к ее величине в начальный год исследования (1993 г.). Расчет показал, что суммарная площадь озер за 17 лет увеличилась на 31%. Следовательно, на горных ТО наблюдается тенденция увеличения площади озер. Это увеличение площадей, по нашему мнению, может быть объяснено тем, что в условиях наблюдаемого в последние десятилетия глобального потепления прогрессирующий термокарст вызывает рост площадей озер. Заметим, что проведенный в (Климатообусловленные ...) анализ материалов ДЗ за 50-летний период показал устойчивое увеличение на 50% площадей ТО в пределах озерно-болотного комплекса Джангызколь, который находится в непосредственной близости от района наших исследований.

Представляет интерес рассмотрение временных изменений средних значений площади ТО на различных ТУ. На рис. 3 приведены графики временного хода средних площадей озер на каждом ТУ. Точки на графиках обозначают средние (за

каждый исследуемый год в отдельности) значения площадей озер на каждом ТУ, рассчитанные на основе полученных данных. Отрезки прямых линий показывают доверительные интервалы,

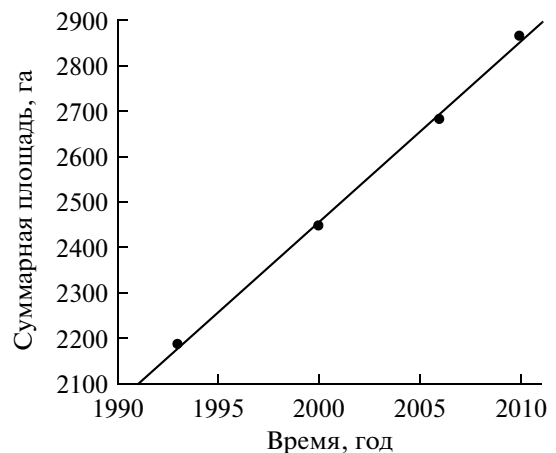


Рис. 2. Временные изменения суммарных площадей озер во времени.

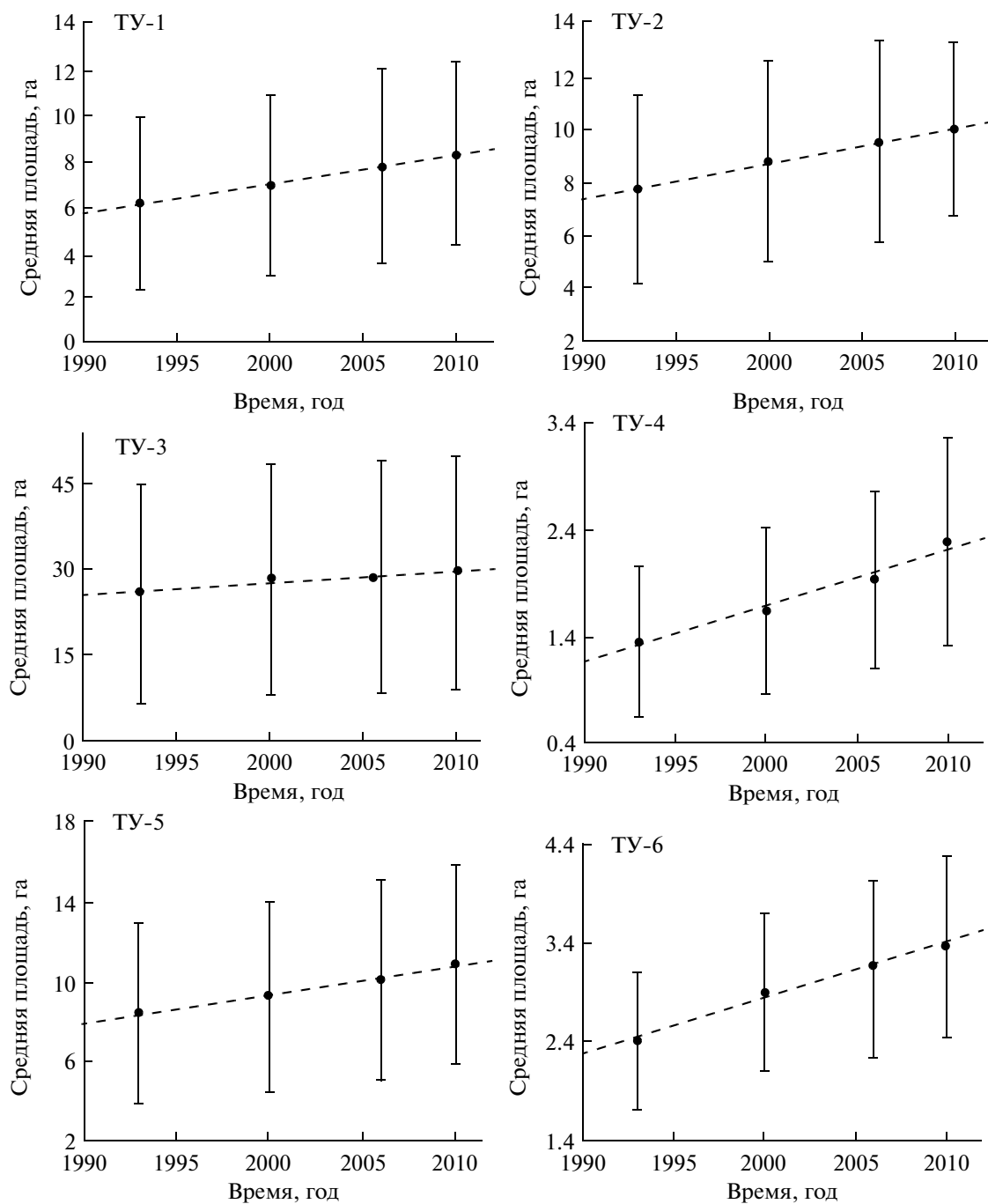


Рис. 3. Средние значения площади термокарстовых озер на разных ТУ.

Относительное изменение средней площади озер для различных ТУ

№ ТУ	1	2	3	4	5	6
\overline{S}_H , га	6.18	7.73	25.58	1.36	8.46	2.41
\overline{S}_K , га	8.34	10.04	29.21	2.29	11.91	3.37
δ , %	35	30	14	69	30	40

определенные для вероятности 90%. Пунктирной линией на графиках обозначена линия тренда.

Как видно из рис. 3, временной ход среднего значения на всех ТУ может быть аппроксимирован уравнением (1) с высоким уровнем коэффициента детерминации (0.92–0.99 на разных ТУ).

Для количественной оценки динамики полей ТО рассчитаны относительные изменения сред-

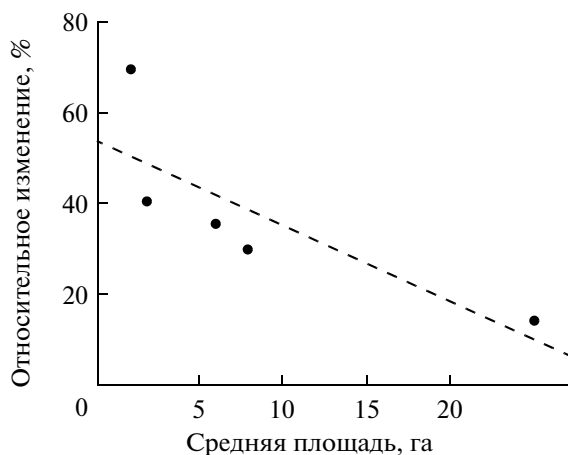


Рис. 4. Зависимость δ от величины среднего значения площадей озер.

него значения площадей озер δ на каждом ТУ по следующей формуле:

$$\delta = \left| \frac{\overline{S_K} - \overline{S_H}}{\overline{S_H}} \right|,$$

где $\overline{S_H}$ — средняя площадь озер, измеренная в начальный год исследования; $\overline{S_K}$ — средняя площадь озер на том же ТУ, измеренная в конечный год исследования.

Результаты этих расчетов приведены в таблице, на основе которой был построен график (рис. 4) зависимости относительного изменения средней

площади озер от величины средней площади озер в начальный год исследования (1993 г.) на каждом ТУ. Точками на графике обозначены величины δ , определенные для различных ТУ, пунктирная линия (линия тренда) показывает тенденцию уменьшения относительных изменений средних площадей озер с увеличением в среднем их размеров.

Работа выполнена при поддержке ФЦП “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” (госконтракт № 14.740.11.0409 от 20 сентября 2010 г.) и АВЦП Минобрнауки РФ (проект “Изучение термокарста в зонах многолетней мерзлоты Западной Сибири под воздействием глобального потепления с использованием геоимитационного моделирования и дистанционного зондирования”).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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. Томского гос. ун-та. 2008. № 311. С. 185–189.

Климатообусловленные геоморфологические опасности Горного Алтая. URL: <http://www.georiski.ru/testu1.htm>.

Кравцова В.И. Распространение термокарстовых озер в России в пределах зоны современной мерзлоты // Вестн. Московского ун-та. 2009. № 3. С. 33–42.

Smith L.C., Sheng Y., MacDonald G.M., Hinzman L.D. Disappearing Arctic Lakes // Science. 2005. V. 308. № 3. P. 14.

Study of the Thermokarst Lakes Dynamics in the Mountain Valleys of Altai

Y.M. Polishchuk^{1,2}, D.S. Sharonov²

¹Institute of Petroleum Chemistry, SB RAS, Tomsk

²Ugra State University, Khanty-Mansiysk

The dynamics of the thermokarst lakes areas in the six test sites of permafrost in the Gorny Altai is studied using a collection of multi-temporal space images Landsat 5 (1993–2010 yrs.). It is shown that the total area of lakes in all test sites increases in time and growth of areas during the study period is in average 31%.

Keywords: Permafrost, thermokarst lakes, space image, global warming, geoinformation system