

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ВОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

УДК 528.88

*Марина Алексеевна Голятина,
магистр,
Забайкальский государственный университет,
г. Чита, Россия*

Оценка динамики площадей водной поверхности Ивано-Арахлейских озёр с помощью космического мониторинга

Рассматривается применение космических снимков Landsat для изучения изменения морфометрических характеристик Ивано-Арахлейских озёр. Оценена достоверность согласованности изменения площадей водной поверхности исследуемых озёр.

***Ключевые слова:** Ивано-Арахлейские озёра, Landsat, площадь водного зеркала, MNDWI*

*Marina Alekseevna Goljatina,
Master of Engineering Sciences,
Transbaikal State University,
Chita, Russia*

Assessment of the dynamics of the lake surface area of the Ivano-Arakhley lakes by Space monitoring

The use of Landsat satellite imagery to study the change in the morphometric characteristics of the Ivano-Arakhley lakes. The reliability of the consistency of the change in the areas of the water surface of the investigated lakes is estimated.

***Keywords:** Ivano-Arakhley lakes, Landsat, lake surface area, MNDWI*

В современное время стало актуальным применять методы дистанционного зондирования Земли (далее – ДЗЗ) для изучения природных процессов. С помощью спутниковых систем Земли можно решать многие вопросы. Например, информация, полученная со спутниковых систем Земли, позволяет

разобраться в вопросах лесных пожаров [4], предупреждения наводнений и их последствий [2], а также в сельском и лесном хозяйствах [1; 8]. Наряду со многими сферами исследований, космический мониторинг применяется и в гидрологии. С его помощью стало возможным получать различные морфометрические характеристики рек и озёр, такие как длина и ширина русла реки, извилистость реки, площадь водного зеркала озёр и так далее, прилагая меньшие вычислительные затраты. Информация о динамике площадей водных поверхностей озёр, полученная в результате обработки данных ДЗЗ, может быть полезна для гидробиологов, т. к. ранее ряд авторов установил зависимость между уровнем озёр и минерализацией [5], а также между площадью озёр и бентосом, в частности первичной продукцией фитопланктона [3].

В основу исследования положено изучение динамики площадей водных поверхностей Ивано-Арахлейских озёр с применением данных космического мониторинга. Озёра расположены на юге Витимского плоскогорья в пределах Беклемишевской тектонической впадины между Яблоновым и Осинovým хребтами в северо-восточном направлении [9]. На исследуемой территории за последние 50 лет отмечается повышение температуры воздуха, составившее 1,9 °С. Годовые суммы атмосферных осадков за период с 1959 по 2009 гг. уменьшились в среднем по территории на 30 мм [7]. На озёрах Арахлей и Шакша находятся гидрологические посты, на которых проводятся наблюдения за толщиной льда, ледовыми явлениями, температурой и уровнями воды, что позволило достоверно проанализировать информацию спутниковых систем Земли.

Для выявления площадей водного зеркала Ивано-Арахлейских озёр использовалось 18 космических снимков серии *Landsat* (*TM*, *ETM+*, *OLI*), первого уровня обработки *Level* за период 1989–2013 гг., полученных с помощью сервиса *EarthExplorer*. Пространственное разрешение космических снимков – 30 м, временной интервал – 16 суток. К анализу были приняты снимки, с покрытием облачностью не более 20 %, представленные на рис. 1.

Наиболее подходящей методикой для определения исследуемой морфометрической характеристики является использование многоканальных спектральных водных индексов, а именно индекс *MNDWI* [6], который определяется по следующей формуле (1):

$$MNDWI = \rho_{band2} - \rho_{band5} / \rho_{band2} + \rho_{band5}, \quad (1)$$

где ρ_{band2} и ρ_{band5} – интенсивность излучения в 2 и 5 спектральных каналах *Landsat TM*, *ETM+*.

MNDWI определяется с использованием 2 и 5 спектральных каналов *Landsat TM* и *ETM+* или 3 и 6 каналов *Landsat-8 OLI* и на данный момент является наиболее распространённым индексом для выявления поверхностных водных объектов на космических снимках.



Рис. 1. Космический снимок *Landsat TM* территории Ивано-Арахлейских озёр (12.09.2010 г.)

Граница определения водных поверхностей проходит через ноль, значения индексов больше нуля соответствуют водным поверхностям.

Посредством *Image Classification* и *Spatial Analyst ArcGIS-10* было дешифрировано 13 исследуемых озёр и вычислены площади их водной поверхности (за 1989, 1990, 1993, 1994, 1996, 1999–2003, 2005–2011, 2013 гг.), которые представлены на рис. 2.

Недостающие данные были восстановлены по методу регрессии. Площади оз. Арахлей и Шакша были восстановлены по уровням этих озёр ($r = 0,958$ и $r = 0,911$ соответственно). Далее восстановление данных о площадях остальных озёр производилось по оз. Арахлей и Шакша, т. к., согласно формуле (2), между исследуемыми озёрами выявлена значимая согласованность, отражённая в таблице «Коэффициенты корреляции площадей водной поверхности Ивано-Арахлейских озёр». При периоде 18-летних наблюдений значимым коэффициентом корреляции считается $r = 0,4$:

$$r_p = \frac{\sqrt{\frac{t^2_{1+\zeta}}{2}}}{\sqrt{n - 2 + \frac{t^2_{1+\zeta}}{2}}}. \quad (2)$$

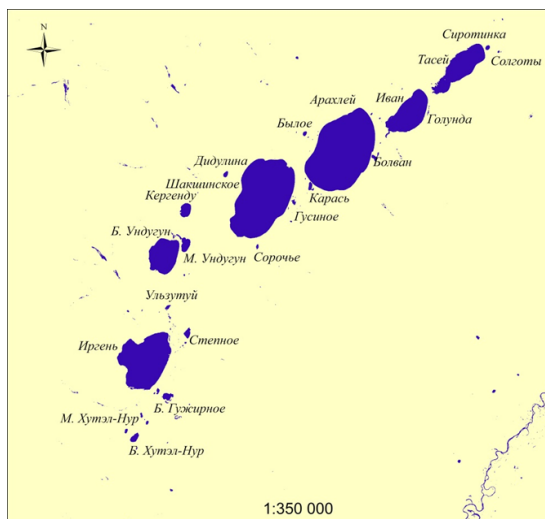


Рис. 2. Дешифрированные водные поверхности по индексу *MNDWI*

**Коэффициенты корреляции площадей водной поверхности
Ивано-Арахлейских озёр**

<i>Озеро</i>	<i>Арахлей</i>	<i>Большое Гужирное</i>	<i>Белое</i>	<i>Гусиное</i>	<i>Дидулина</i>	<i>Иван</i>	<i>Иргень</i>	<i>Карась</i>	<i>Керкенду</i>	<i>Сирогинка</i>	<i>Тасей</i>	<i>Ульзутуй</i>	<i>Шакша</i>
Арахлей	1,00												
Б. Гужирное	0,95	1,00											
Белое	0,91	0,94	1,00										
Гусиное	0,46	0,51	0,61	1,00									
Дидулина	0,96	0,95	0,93	0,42	1,00								
Иван	0,88	0,86	0,82	0,64	0,85	1,00							
Иргень	0,68	0,66	0,60	0,65	0,58	0,86	1,00						
Карась	0,94	0,95	0,93	0,52	0,91	0,87	0,69	1,00					
Керкенду	0,64	0,63	0,65	0,65	0,53	0,69	0,81	0,66	1,00				
Сирогинка	0,92	0,93	0,89	0,42	0,92	0,73	0,51	0,85	0,56	1,00			
Тасей	0,91	0,94	0,84	0,57	0,85	0,87	0,69	0,90	0,60	0,88	1,00		
Ульзутуй	0,78	0,77	0,72	0,57	0,70	0,78	0,75	0,73	0,84	0,77	0,83	1,00	
Шакша	0,75	0,75	0,69	0,69	0,63	0,82	0,84	0,73	0,85	0,69	0,82	0,92	1,00

За период с 1989 по 2013 гг. у исследуемых озёр наблюдаются синхронные колебания площадей водного зеркала. В целом, площади водных поверхностей озёр уменьшились.

Для построения графиков озера условно были классифицированы на три группы: крупные, средние и мелкие. Приведены: на рис. 3а график изменения площадей крупных озёр; на 3б – график изменения средних озёр; на 3в – график изменения мелких озёр.

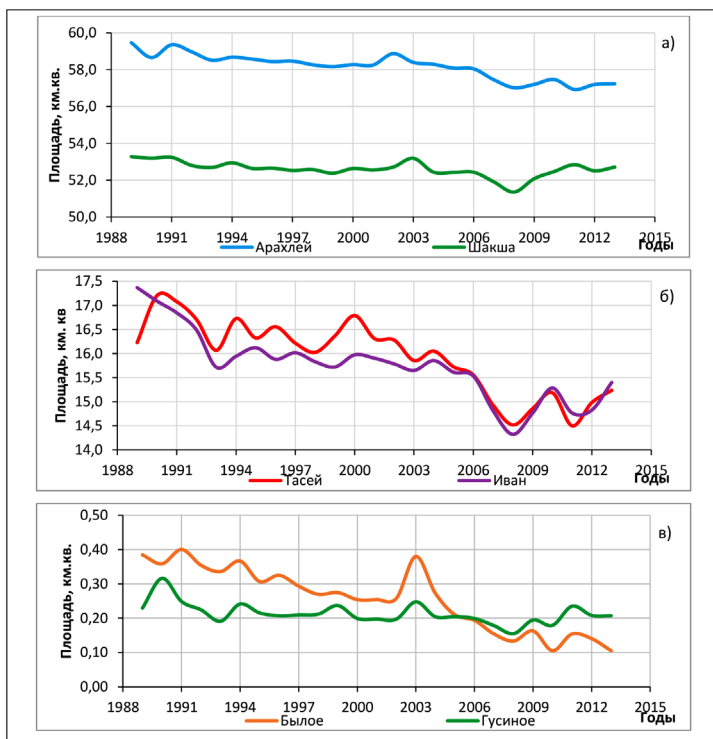


Рис. 3. Графики изменения площадей Ивано-Арахлейских озёр за 1989–2013 гг.:
а) для крупных озёр; б) для средних озёр; в) для мелких озёр

Для полученных временных рядов о площадях Ивано-Арахлейских озёр были вычислены тренды. В результате анализа было выявлено, что тренд имеет отрицательный знак для всех исследуемых озёр, что представлено на рис. 4. При пятипроцентном уровне значимости тренд достоверен для всех озёр, кроме оз. Ульзутуй. Величина трендов колеблется в пределах от 0,002 до 0,091, среднее значение составляет 0,027.

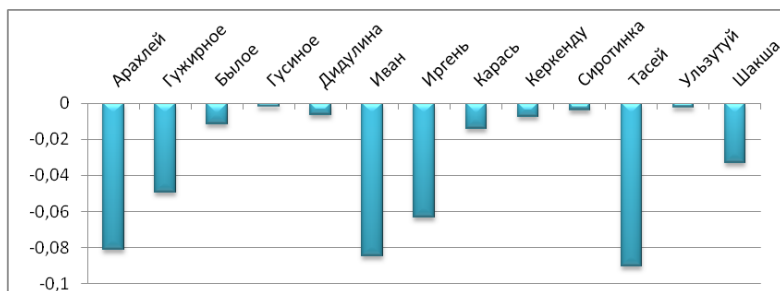


Рис. 4. Значения трендов изменения площадей за период с 1989 по 2013 гг.

В результате работы с космическими снимками серии *Landsat* были дешифрованы водные объекты в районе Ивано-Арахлейских озёр, что позволило вычислить площади 13 водных зеркал озёр. Проанализировав полученные данные, было выяснено, что все озёра, подвергнутые анализу, имеют нисходящую линию тренда. На протяжении исследуемого периода отмечается синхронность колебаний анализируемых площадей озёр. Наибольшая согласованность отмечается на оз. Арахлей, Дидулина, Карась, Большое Гужирное, Былое (линейный коэффициент корреляции составляет 0,94–0,91), а наименьшая – соответствует оз. Гусиное и Керкенду.

Список литературы

1. Бурым Ю. В. Анализ сезонной динамики ландшафтов Ставропольского края для целей сельского хозяйства с применением ГИС-технологий // Естественные и технические науки. 2014. № 11. С. 159–163.

2. ГИС-Амур: система мониторинга, прогнозирования и раннего оповещения о наводнениях / А. В. Фролов [и др.] // Метеорология и гидрология. 2016. № 3. С. 5–21.
3. Гончаров А. Ю. Связь морфометрических параметров и внешнего водообмена с первичной продукцией в водоёмах северо-западного Причерноморья // Экология моря. 2005. Вып. 68. С. 31–36.
4. Евграфов А. В., Климахина М. В., Мацыпанова Е. В. Система мониторинга лесо-торфяных пожаров с использованием ГИС-технологий // Проблемы региональной экологии. 2014. № 4. С. 218–222.
5. Крупа Е. Г., Цой В. Н., Лопарева Т. Я. Многолетняя динамика гидробионтов озера Балхаш и её связь с факторами среды // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. 2013. № 2. С. 85–96.
6. Курганович К. А., Носкова Е. В. Использование водных индексов для оценки изменения площадей водного зеркала степных содовых озёр юго-востока Забайкалья, по данным дистанционного зондирования // Вестник Забайкальского государственного университета. 2015. № 6, вып. 121. С. 16–24.
7. Обязов В. А. Гидрологический режим озёр Забайкалья в условиях меняющегося климата (на примере Ивано-Арахлейских озёр) // Водное хозяйство России. 2011. № 3. С. 4–14.
8. Савватеева О. А., Дзама Е. Д., Баскакова Е. А. ГИС для менеджмента лесного хозяйства на муниципальном уровне // Геоинформатика. 2012. № 1. С. 21–28.
9. Юргенсон Г. А. Географическое положение // Ивано-Арахлейские озёра на рубеже веков (состояние и динамика). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. С. 9–12.