

# **Диагностика режима поверхностного увлажнения степной зоны Северного Казахстана в период 1986-2007 по данным LANDSAT**

**А.Г. Терехов, И.С. Витковская, М.Ж. Батырбаева, Л.Ф. Спивак**

*Институт космических исследований РК,*

*050010 Казахстан, Алматы, Шевченко 15*

*E-mails: aterekhov1@yandex.ru*

Набор снимков LANDSAT (разрешение 30 м) за период 1986-2007 годов для сцены (path\row: 160\24), расположенной в степной зоне Северного Казахстана, использовался для экспертного картирования водных объектов и оценки изменений их размеров по трем категориям: увеличение, без изменений, уменьшение. Изменения в период 1986-2007 годов многочисленных мелких озер тестовой территории показали превалирующую тенденцию к увеличению их размера. Поскольку динамика размеров бессточных озер аридных и субаридных регионов следуют климатическим циклам увлажненности, можно констатировать, что режим поверхностного увлажнения тестовой территории, в настоящее время, в основном, имеет климатический тренд к росту увлажненности.

Работа выполнена при поддержке LCLUC NASA (грант NNG06GF 54G).

**Ключевые слова:** аридная территория, увлажнение, озерная система, дистанционное зондирование, спутниковые снимки, высокое разрешение, фотоинтерпретация.

## **Введение**

Вопросы изменения климата в различных ландшафтных зонах представляют значительный интерес. Особенно это актуально для крупных сельскохозяйственных регионов, где эти изменения прямо связаны с условиями произрастания ключевых продовольственных культур. Степные зоны Казахстана являются важной зоной Северной Евразии, где возделываются яровые зерновые культуры (пшеница и ячмень) на площади около 15 миллионов гектар [1] и анализ климатических изменений этих территорий требует повышенного внимания.

Число возможных наборов параметров, описывающих погодные условия, чрезвычайно велико. Динамика любого погодного параметра, как правило, весьма сложна. Достоверное выделение долговременных погодных тенденций (изменений климата), «погруженных» в разномасштабные и более краткосрочные квазипериодические погодные вариации требует значительного объема фактической информации. В связи с этим, важным моментом является выбор для анализа таких погодно-связанных факторов, которые аккумулируют и усредняют долговременные погодные условия, демонстрируя возможно более простую динамику, максимально приближенную к тенденциям в изменении климата. Упор на данные дистанционного зондирования Земли со спутников еще более ограничивает круг возможных факторов, сводя их к параметрам крупных пространственно распределенных систем.

В условиях засушливого климата степной зоны Казахстана объектами, состояние которых тесно связано с погодно-климатическими условиями, является наполнение многочисленных мелководных озер, питание которых зависит в основном от атмосферных осадков. Их состояние диагностирует режим поверхностного увлажнения, как некоторую компиляцию набора погодных факторов: количества твердых и жидких осадков, параметров стока и испарения, ветрового и температурного режима и пр. С точки зрения долго-

временного спутникового мониторинга размер водного зеркала является почти идеальным объектом для наблюдений. Спектральные характеристики открытой воды в каналах оптической части спектра сильно отличаются от твердой поверхности Земли, что упрощает дешифровку и картирование границ водных объектов, а также их изменений во времени.

### Агроклиматические условия исследуемой территории

Система LANDSAT (разрешение 30 м), работающая с 1972 года, имеет наиболее глубокий архив среди спутниковых данных высокого разрешения. Это дает возможность использовать эти спутниковые снимки для анализа долговременных изменений подстилающей поверхности на временном масштабе нескольких десятилетий, что позволяет говорить о тенденциях в изменении климата. Использование снимков LANDSAT определяет границы тестовой территории в рамках стандартной сетки ее сцен. В качестве тестового полигона была выбрана сцена - [path 160: row 24], размером 180x180 км с координатами центра – 51°42'14.29"N, 63°46'15.46"E, рис. 1.

Тестовая территория расположена в Северном Казахстане, в центре Костанайской области, на южной границе лесостепной зоны. Костанайская область крупнейший зернопроизводящий регионом Казахстана, с площадью неполивных пахотных земель свыше 5 миллионов гектар. Основная культура – яровая пшеница и ячмень, которая занимает около 95 % всех посевых площадей. Около 1 миллиона гектар земель, пригодных к возделыванию (пашни, залежи), расположено на территории тестового полигона. Полигон характеризуется равнинным столово-ступенчатым рельефом, состоящим из нескольких геоморфологических уровней от поверхности плато с отметками высот от 250- 320 м до плоских равнин Тургайской ложбины с минимальными отметками 120- 125 м над уровнем моря. Климат резко континентальный с жарким, сухим летом, которое сменяется холодной и малоснежной зимой. Типичны контрасты зимних и летних температур, а также дня и ночи. Средняя температура января –17,5 °C; июля +24,4 °C. Район маловодный, наблюдаются частые засухи, пыльные бури, в летний период суховеи, а зимой снежные метели и бураны [2].

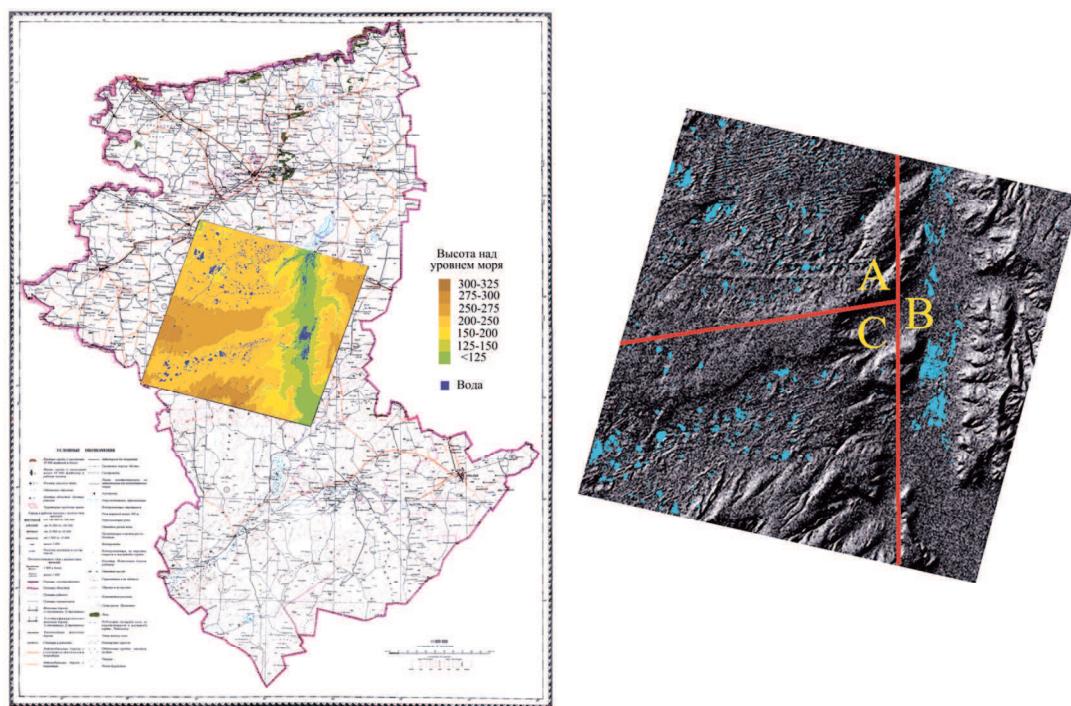
Гидрография представлена слабой и неравномерной речной сетью, сформированной засушливостью климата и равнинностью территории. Внутригодовое распределение речного стока крайне неравномерно: более 90% его на крупных и средних реках и почти весь годовой сток малых водотоков формируется в период весеннего снеготаяния, однако характер и продолжительность паводков различны. Притоки основных рек не имеют постоянного водотока и в летнее время пересыхают на отдельных участках. Летом вода сохраняется лишь на небольших участках русел в виде отдельных бочагов и плесов.

Среднегодовая сумма осадков по многолетним данным составляет около 250 мм. Осадки чрезвычайно неравномерно распределяются по месяцам. Максимум – до 70% приходится на летние месяцы. Для сезона вегетации характерно наличие засушливого и полу-засушливого периодов, продолжительность и сроки которых варьируются по годам. Одной из особенностей территории следует считать большое количество озер, основная часть которых, является солеными или горько-солеными. Часть озер пересыхает и промерзает в маловодные годы. Самые крупные расположены в Тургайской ложбине и имеют площадь в период половодья до 100-300 кв. км. В Сыпсынагашской ложбине и Тоболо-

Убаганском водорозделе, также имеются многочисленные озёра, преимущественно солёные. В большинстве своем озера это плоские блюдцеобразные котловины с глубинами, редко превышающими 2-3 м. Все они бессточные, сорово-дефляционного происхождения, наполнение зависит в основном от атмосферных осадков. В этой связи уровень озер испытывает большие колебания вплоть до полного высыхания. Для большинства бессточных озер аридных и субаридных регионов, наблюдаются многолетние циклы обводнения и деградации, которые следуют климатическим циклам увлажненности [3]. По степени минерализации воды озера подразделяются на лишенные растительности «соры», слабосоленные, с узким бордюром из тростника, и пресные, с обильной водной растительностью.

Основными источниками водоснабжения территории являются атмосферные осадки и грунтовые воды. В ландшафтах засушливой и сухой степи мелкие озера и их состояние – важный параметр водного режима земель, особенно находящихся в зоне их влияния. Весенне половодье наполняет озера и формирует лиманные структуры, которые к концу сезона сильно деградируют. Таким образом, диапазон увлажнения земель может варьироваться от периодически подтопляемых угодий, до земель, имеющих исключительно дождевой режим увлажнения.

При анализе территории выделялись три отдельных озерных провинции: Тоболо-Убаганский водороздел; Тургайская ложбина, Сыпсынагашская ложбина; рис.1.



*Rис. 1. Расположение сцены LANDSAT [path 160: row 24] с 3D рельефом (DEM-файл, разрешение 90 м) и маской водных объектов, картированных по спутниковым данным LANDSAT 1986 года.  
A - система озер Тоболо-Убаганского водороздела; B - система озер Тургайской ложбины;  
C - система озер Сыпсынагашской ложбины*

### Снимки LANDSAT и методика их обработки

Снимки LANDSAT TM и ETM+ с разрешением 30 м за 1986-2007 года (LANDSAT TM: 22 июля 1986 года, 15 июня 2007 года; LANDSAT ETM+: 24 ноября 2000 года, 7 ию-

ня 2001) использовались в качестве основы для экспертного картирования границ водных объектов и оценке их изменений в течение периода наблюдений.

Используемые снимки имели уровень обработки 1G с пространственным разрешением 28,5 метров в проекции UTM (зона 41N, WGS-84) и точностью геопривязки 0,5 пикселя.

## Результаты

Состоянием озерных систем в степных ландшафтах управляют два разномасштабных по времени фактора. Первый, сезонные изменения: весна – осень; связанные с внутригодовой асимметрией в количестве осадков и интенсивности испарения. Влажная весна и сухая осень создают внутри года сезонные колебания в состоянии озер. Вторым фактором являются многолетние особенности режимов увлажнения, что связано с долговременной цикличностью погодных условий и изменениями климата.

Экспертным сравнением снимков LANDSAT за 22 июля 1986: с 24 ноября 2000, 7 июня 2001, 15 июня 2007; был проведен анализ изменений состояния трех крупнейших озерных систем тестовой территории. При этом были определены различия в наполнении (размерах) водных зеркал, в сравнении с опорным состоянием (июль 1986 года). Различия в состоянии озер сводились к трем классам: увеличение, уменьшение, без изменения, рис. 2.

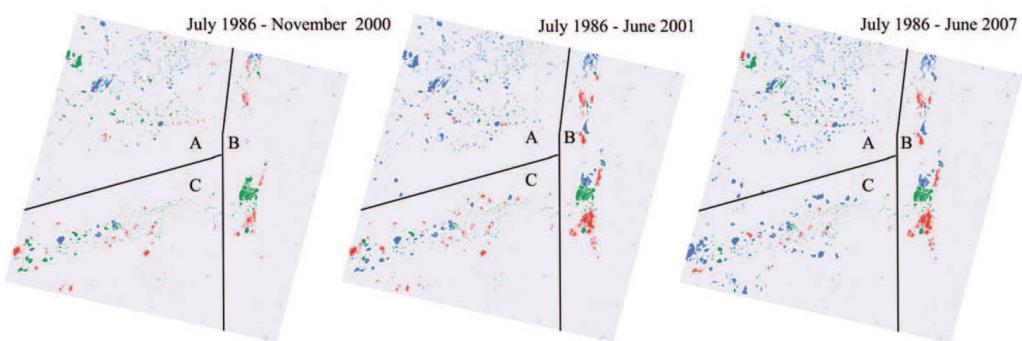
Следует отметить общую тенденцию в увеличении доли озер, увеличивших свое водное зеркало, даже при сравнении летнего с осенним состоянием (22 июля 1986 против 24 ноября 2000). Этот факт свидетельствует в пользу роста увлажнения данной территории, в целом, за период 2000-2007 годы по сравнению с 1986 г.

На тестовой территории водные объекты расположены весьма неоднородно. Имеются места с редкой или, наоборот, с густой сеткой озер. Для понимания превалирующих тенденций в распределении режимов увлажнения по территориальному признаку, каждому озеру были приписаны определенные окрестности (2 км), для которых считалось, что режим их поверхностного увлажнения диагностируется изменением водности близлежащего озера. Таким образом, оценка локальных режимов увлажнения, основанная на статистике состояния озер была переведена в площадные характеристики, рис. 3.

## Выводы

По сцене LANDSAT [path 160 / row 24], расположенной в сухостепной зоне Северного Казахстана, на базе четырех снимков за 1986-2007 гг. была проведена диагностика долговременной динамики водности озерных систем. Изменения водных зеркал многочисленных мелких объектов по трем озерным провинциям тестовой территории: Тоболо-Убаганского водораздела, Тургайской ложбины и Сыпсынагашской ложбины; показало превалирующую тенденцию к трансгрессии озер. Динамика обводнения бессточных озер аридных и субаридных регионов тесно связана с климатическими циклами увлажненности. Можно констатировать, что режим поверхностного увлажнения тестовой территории, на временном масштабе 1986-2007 годов, имеет климатический тренд к росту водности озер.

Работа выполнена при поддержке программы LCLUC NASA (грант NNG06GF 54G).



■ Увеличение; ■ Без изменений; ■ Уменьшение.

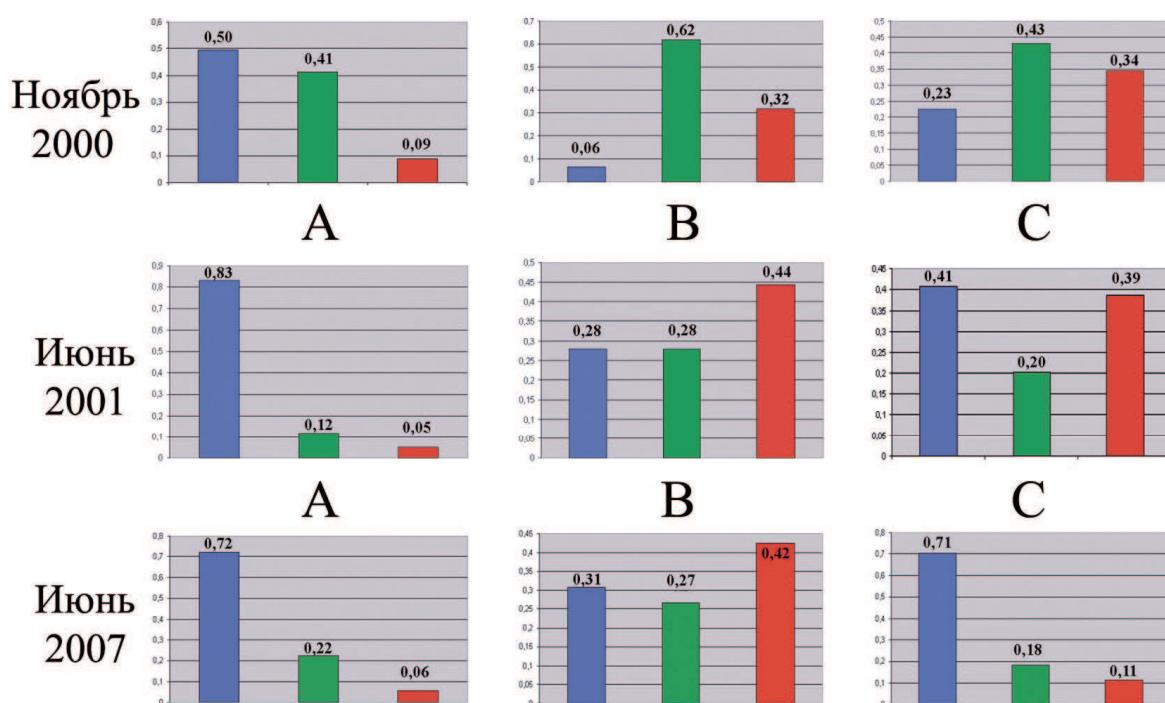


Рис. 2. Статистика изменений в состоянии озерных провинций (A,B,C) тестовой территории в сравнении с июлем 1986 года, по данным LANDSAT. A - система озер Тоболо-Убаганского водораздела; B - система озер Тургайской ложбинки; C - система озер Сысынагашской ложбинки

## Литература

1. Бараев А.И. Яровая пшеница в Северном Казахстане // Алма-Ата: Кайнар, 1975. 232 с.
2. Исаченко Т. И., Рачковская Е. И. Основные зональные типы степей Северного Казахстана // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. Сер. геоботаника. Л. 1961. - Вып. 13. С. 133-397.
3. Шнитников А.В. Изменчивость общей увлажненности материков северного полушария. // Записки Геогр. общества СССР. Нов. сер., 1957, т. XVI, С. 264-266.

# **Diagnostic of surface humidity regime in steppe zone of Northern Kazakhstan during 1986-2007 on base of LANDSAT**

**A. Terekhov, I. Vitkovskaya, M. Batirbayeva, L. Spivak**

*Space Research Institute*

*Join-stock company National Centre of the Space Research and Technology*

*050010 Kazakhstan, Almaty, 15 Shevchenko*

*E-mails: aterekhov1@yandex.ru*

The set of LANDSAT images (resolution 30 m) during 1986-2007 years for scene (path\row: 160\24), disposed in steppe zone of Northern Kazakhstan was used for expert mapping of water bodies and estimation its changes with help of three categories: increasing, stable, decreasing. The changes of lakes of test territory during 1986-2007 years demonstrate tendency of increasing water bodies sizes. Dynamic of lakes sizes in arid and sub arid territories related with climatic humidity circles. Therefore test territory in current time is characterized by growing surface humidity. This work was supported by LCLUC NASA (grant NNG06GF 54G).

**Keywords:** arid territory, humidity, lakes system, remote sensing, satellite images, high resolution, fotointerpretation.