

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ТРАНСГРАНИЧНЫХ БАССЕЙНОВ (НА ПРИМЕРЕ Р. ИРТЫШ)

Сизов О.С., Платонова С.Г., Кошелева Е.Д., Голубева А.Б.

В статье приводятся результаты использования дистанционных материалов для оценки рисков водности трансграничных бассейнов на примере р. Иртыш. Отмечается хорошая корреляция дистанционных материалов с данными гидрологических наблюдений.

ВВЕДЕНИЕ

Бассейн р. Иртыш представляет собой крупную трансграничную геосистему, охватывающую территорию трёх государств: России, Казахстана и Китая. Государства-соседи различаются по приоритетным направлениям водопользования, отношению к экологическим проблемам и методам их решения. Несмотря на достигнутое Соглашение об основных принципах взаимодействия в области рационального использования и охраны трансграничных водных объектов государств – участников СНГ (1998) и другие международные мероприятия, регламентирующие взаимодействие приграничных территорий в рамках единого трансграничного бассейна, оценка экологических рисков трансграничных бассейнов остаётся на сегодняшний день нерешённой проблемой.

Дробление единой системы мониторинга создали сложности для оценки состояния и тенденций развития трансграничного бассейна и привели к поиску новых путей получения корректной информации. В этом отношении дистанционные материалы зачастую являются единственным источником сведений о той части водосбора, которая находится на территории соседнего государства. В настоящей работе представлен опыт оценки экологических рисков при помощи дистанционных материалов на примере на примере рисков водности трансграничного бассейна р. Иртыш.

ПРИРОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОБСТАНОВКА В ТРАНСГРАНИЧНОМ БАССЕЙНЕ Р. ИРТЫШ

Трансграничный бассейн р. Иртыш – самый крупный в азиатской части России – имеет площадь водосбора 1643 тыс. км². Сток Иртыша в верхней части формируется в горах Алтая на территории Казахстана и Китая, на границе которых (п. Буран) он составляет 9,6 км³. На границу России из Казахстана поступает 27,9 км³ (с. Татарка, Омская область) или 31% стока р. Иртыш в устье [1]. Важной характеристикой трансграничного бассейна Иртыша является высокая природная изменчивость речного стока и уровня грунтовых вод на общем фоне современных процессов аридизации. Среднемноголетний многолетний объём стока р. Иртыш за период 1923–2005 гг., с поправками, учитывающими регулирующее влияние Бухтарминского водохранилища представлен в таблице 1.

Таблица 1

Среднемноголетний многолетний объём стока р. Иртыш (по [1], [2])

Пост	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Период наблюдений	Объём стока, км ³	
				1980 г.	2005 г.
Буран	3688	55900	1938-1980	4,01	нет данных
ГЭС Усть-Каменогорская	3089	146000	1952-1980	17,80	нет данных
Павлодар	2390	240000	1978-2005	26,80	27,9
Омск, выше впадения р. Оми	1816	268600	1960-2005	25,40	25,1

В современное время бассейн р. Иртыша характеризуется сложной водохозяйственной обстановкой. Для регулирования и управления водными ресурсами бассейна в верхнем течении Иртыша (Иртыш выше оз. Зайсан называют Чёрным Иртышом) в Китае и Казахстане были сооружены каскады водохранилищ. На территории Китая водохранилище имеет забор воды 68 м³/с, что составляет почти треть расхода Чёрного Иртыша, а плановый забор воды строящимся ирригационным каналом Черный Иртыш – Карамай составляет около 20% годового стока реки [3].

В Казахстане функционирует Иртышский каскад из трёх крупных водохранилищ, основные показатели которых приведены в таблице 2.

Кроме того, в бассейне р. Иртыша в Казахстане насчитывается 75 водохранилищ и прудов суммарной проектной мощности 53 км³ [5]. В Павлодарской области севернее каскада водохранилищ забор воды из Иртыша, обеспечивающий водой жителей Центрального Казахстана, включая г. Астану, производится по каналу им. К. Сатпаева.

В России на бассейн р. Иртыша приходится наибольший объём потребления воды Западной Сибири. При этом если, в целом, в Западной Сибири коэффициент использования ресурсов речного стока составляет от 1,3 до 2,1%, то в бассейне р. Иртыша он достигает почти 3% [1].

Влияние на гидрологические и экологические характеристики реки в результате водозаборов трёх государств особенно остро проявляются в пределах российской части – на территории Омской области. Уменьшение стока за период 1975-2005 гг., составившее для створа г. Омск 15%, сопровождается нарушением экобаланса бассейна, активизацией глубинной эрозии, обмелением, засолением прибрежных земель, сокращением биологического разнообразия, проблемами водоснабжения населённых пунктов.

Таблица 2

Основные показатели крупных водохранилищ Иртыша в Казахстане [4]

Основные параметры водохранилищ	Ед. изм.	Водохранилище		
		Бухтарминское	Усть-Каменогорское	Шульбинское (1-я очередь)
Год создания	год	1960	1957	1996
Среднегодовой расход в створе	м ³ /с	570	585	920
Созданный подпор	м	67	42	29
Площадь затопления	км	3328,0	19,1	480,0
Полный объём,	км ³	49,70	0,65	2,40
Полезный объём	км ³	30,60	0,17	1,50
Площадь водного зеркала	км ²	5490	87	507
Протяженность	км	350	85	100
Амплитуда колебания уровня	м	7,0	5,0	5,0
Среднегодовое значение коэффициента		0,35	20,00	12,40
Сложившийся водохозяйственный комплекс		Э, Т, И, Р, О	Э, Т, П	Э, И, Т
Примечание – принятая аббревиатура: Э – энергетика, Т – водный транспорт, И – ирригация, Р – рыбное хозяйство, П – перераспределение стока, О – рекреация.				

МЕТОДОЛОГИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ

Возможности применения дистанционных методов наблюдений, основывающихся на анализе аэрокосмических снимков территорий, значительно расширились в связи с бурным развитием информационных технологий. Аэрокосмический мониторинг состояния природных гео- и экосистем в последнее время широко используется для изучения экологических проблем трансграничных бассейнов на Дальнем Востоке [6] и в европейской части России [7].

Для характеристики рисков водности Иртыша дистанционными методами, учитывая высокую степень его зарегулированности, нами оценивалась динамика уреза воды крупных водохранилищ Казахстана (Усть-Каменогорского, Бухтарминского, Шульбинского) за многолетний (1973-2009 гг.) и сезонный (май – сентябрь 2009 г.) периоды. В качестве индикатора проходящих процессов рассматривались местоположение уреза воды водохранилищ и площади их зеркал.

При использовании дистанционных материалов мы основывались на принципе комплексности, который обеспечивался применением сканерных снимков с нескольких спутников: Landsat-1-7, SPOT-4, ASTER [8]. Использование космических снимков (КС) Landsat с пространственным разрешением, соответствующим масштабу 1:100000, позволило выделить границы природно-территориальных комплексов. КС SPOT с разрешением в пределах 1:50 000 – 1:100 000 использовались для создания цифровой модели рельефа (ЦМР), а КС ASTER – для получения отметок урезом воды для каждой маски водной поверхности.

Космические снимки совместно с другими геопространственными данными рассматривались в единой геоинформационной среде (ГИС) ArcGIS – ArcView (ESRI). Алгоритм формирования единого ГИС-проекта в соответствии с [9] включал:

1) приём информации непосредственно со спутников Landsat-1-7; SPOT-4; ASTER в Центре космического мониторинга Тюменского государственного университета;

2) коррекцию данных: геометрическую, радиометрическую, улучшение пространственного разрешения с использованием панхроматического канала, дополнительную геопривязку с использованием точек наземного контроля (GCP);

3) объектно-ориентированное дешифрирование, анализирующее дополнительные признаки объектов: текстуру, геометрический рисунок, сочетание спектральных характеристик;

4) совмещение материалов дешифрирования с топографическими картами и ЦМР.

Объем исходных данных составил 23 планшета топокарт масштаба 1:100 000, 67 сцен разновременных космических снимков (спутники Landsat, Terra и SPOT-4) и 6 тайлов ЦМР AsterDEM, размером 1°×1°. Отдельные тайлы сшивались в единое покрытие с исключением ошибочных данных. Затем был вырезан буфер 10 км вокруг водохранилищ, который и использовался для вычисления отметок урезов воды. Верификация результатов автоматизированного дешифрирования выполнялась с помощью визуального контроля оператора на отдельных ключевых участках.

В ходе обработки дистанционных материалов было установлено, что на сток бассейна Иртыша в последние годы, наряду с увеличением объемов водопотребления, сильно влияет естественная изменчивость природных факторов. Для всех водохранилищ не отмечено превышений нормального подпорного уровня (НПУ). Но выявлена значительная динамика колебаний уровней водохранилищ. В то же время только для Бухтарминского водохранилища отмечается негативная тенденция существенного снижения уровня воды за последний год.

Отмечено увеличение объема водохранилищ и площадей водного зеркала при уменьшении отбора воды на хозяйственные нужды. Например, в период с 1989 по 1994 гг. при общем водозаборе порядка 5 км³ годовой сток в створе Шульбинской ГЭС в среднем составил 27 км³. В период минимального водопотребления с 2000 по 2002 гг. (2,9 км³) объем годового стока вырос в среднем до 29,8 км³. Относительно невысокие значения годового стока в период с 1996 по 1999 гг. определены естественными изменениями водного баланса – увеличением испарения до 7,6 км³ (что составляет более ¼ годового стока в створе Шульбинской ГЭС) и уменьшением поверхностного и подземного стока [5]. Существенные изменения объема стока, отмеченные в периоды 1992-1994, 1995-1997, 1999-2000 гг., также связаны с природными причинами.

Таблица 3

Результаты мониторинга Бухтарминского водохранилища (фрагмент)

	Показатели	Месяцы (в скобках указана дата)					
		Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
1974	S	1311,6(21)	1313,6(09)				
	УВ	386,5(21)	386,5 (09)				
1977	S		1237,1(20)	1252,0 (07)			1235,3(04)
	УВ		384,0 (20)	384,0 (07)			384,0 (04)
1990	S		1431,4(29)				
	УВ		389,0 (29)				
2000	S				1384,4(27)		1384,4(13)
	УВ				388,0 (27)		388,0 (13)
2001	S		1364,4(27)		1392,5(30)		
	УВ		387,0 (27)		388,0 (30)		
2009	S		1295,5(01) 1295,5(10) 1295,5(27)	1314,5 (05) 1314,34(10)	1302,34(01) 1302,34(27)	1317,42(06) 1317,32(17)	1283,17(12)
	УВ		385,0 (01) 385,0 (10) 385,0 (27)	386,5 (05) 386,5 (10)	386,0 (01) 386,0 (27)	386,5 (06) 386,5 (17)	1283,17(12)

Примечание – используемые показатели: S – площади (км²); и УВ – отметка уреза воды (м).

Для Бухтарминского водохранилища были выявлены значительные колебания уровня. Минимальные значения отмечались в 1977-1979 гг., максимальные – в 2003-2007 гг. Современный уровень (2009 г.) сопоставим с минимальными значениями всего периода наблюдений и значительно отличается от уровня 2007 г. в сторону уменьшения, что согласуется с данными Иртышского БВУ [5]. Результаты по Бухтарминскому водохранилищу с 1974 по 2009 гг. приведены в таблице 3, за 2009 г. – на рисунке 1.

Для Усть-Каменогорского водохранилища установлено стабильное состояние без существенных колебаний уровня воды. Изменения отметок урезов не превышают 1–1,5 м.

Значительную роль при этом играет небольшая площадь и контррегулирующая функция по отношению к Бухтарминскому водохранилищу. Для Шульбинского водохранилища характерны особенности сезонной динамики с существенным снижением УВ в мае и восстановлением площади зеркала уже в июне. В ряду многолетних наблюдений минимальные значения отмечены в 2003 г., максимальные – в 2007 г. Современное состояние соответствует средним многолетним значениям.

Данные, полученные с помощью дистанционных методов достаточно хорошо коррелируются с материалами наземных гидрологических наблюдений.

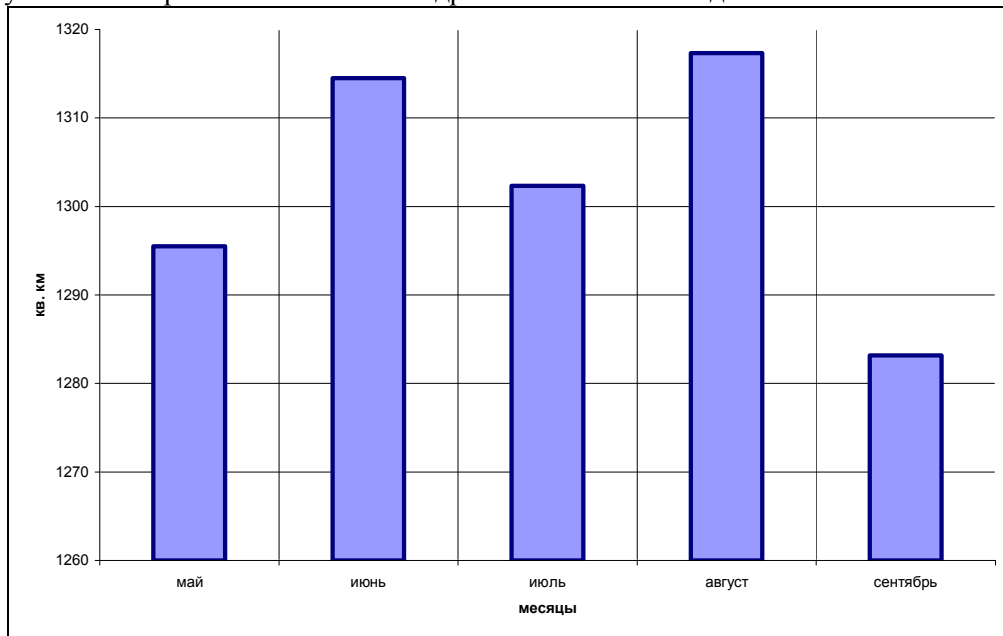


Рис. 1. Сезонная динамика изменения площади Бухтарминского водохранилища (SPOT 4, 2009 г.)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная методика дистанционного исследования состояния водохранилищ и определения площади водной поверхности, вполне эффективна для получения объективных данных по мониторингу трансграничных бассейнов и выявлению факторов риска водности. Дистанционные методы позволяют достаточно быстро провести обработку больших объемов информации и на основе ГИС получить итоговые статистические данные. Задача получения космической съемки успешно решается с использованием архива геологической службы USGS.

Результаты, полученные с помощью дистанционных методов достаточно хорошо коррелируются с материалами Иртышского бассейнового водного управления и данными других исследователей.

Работа выполнена в рамках интеграционного проекта СО РАН (№ 82).

Литература

1. Исследование современного состояния и научное обоснование методов и средств обеспечения устойчивого развития функционирования водохозяйственного комплекса в бассейнах рек Оби и Иртыша: научно-технический отчёт. Фондовые материалы ИВЭП СО РАН. - Барнаул, М., 2008. - 1091 с.
2. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 6. Выпуски 4-6, 8, 9. Бассейн Карского моря (западная часть). Л.: Гидрометеиздат, 1984.
3. *Ашимбаева А. Т.* Достижения и проблемы казахстанско-китайских экономических отношений 16.03.2007. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ia-entr.ru/archive/public_details56c8.html?id=376.
4. *Савкин В. М.* Водохранилища Сибири, водно-экологические и водно-хозяйственные последствия их создания // Сибирский экологический журнал, 2000. № 2. - С 109-121.
5. Региональный информационный центр экологического мониторинга. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://priodavko.ukg.kz/>.
6. *Курбатова И. Е., Крылова Н. Ю.* Использование космической информации при изучении и картографировании трансграничных водосборов (на примере озера Ханка) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Т. 2. - С. 529-537.
7. Состояние окружающей среды в бассейне Днепра: отчет о НИС 2003 г. // Трансграничный диагностический анализ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.dnipro-gef.net/first_stage-ru/otchety-po-proektam.
8. *Книжников Ю. Ф., Кравцова В. И., Тутубалина О. В.* Аэрокосмические методы географических исследований. - М.: Академия, 2004. - 336 с.
9. Основы геоинформатики / Под ред. В. С. Тикунова. - М.: Академия, 2004. - 352 с.

APPLICATION OF REMOTE METHODS FOR THE ESTIMATION OF ECOLOGICAL RISKS TRANSBOUNDARY BASIN (ON A RIVER IRTYSH EXAMPLE)

Sizov O.S., Platonova S.G., Kosheleva E.D., Golubeva A.B.

In article results of use of remote materials for an estimation of risks of water content transboundary basin on an example of the river Irtysh are resulted. Good correlation of remote materials with the data of hydrological supervision takes place