

Использование космической информации при изучении и картографировании трансграничных водосборов (на примере озера Ханка)

И.Е. Курбатова, Н.Ю. Крылова

*Институт водных проблем РАН
119333, Москва, ул. Губкина, 3*

E-mail: irenkurb@yandex.ru, krylovanatalya103@yandex.ru

Рассмотрены возможности использования космической информации для изучения трансграничной системы «водосбор-водоток-водоем». Представлены основные этапы комплексного метода изучения экологических проблем трансграничного бассейна на примере озера Ханка. По результатам совместного анализа современных данных дистанционного зондирования и картографических материалов разных лет издания получено представление о характере и интенсивности использования земель, состоянии ландшафтов как для всего бассейна озера Ханка, так и его частных водосборов. Такой подход для региона используется впервые. Составленная серия тематических карт может быть использована при разработке и реализации совместных программ рационального природопользования и планировании мероприятий по охране водных ресурсов.

Введение

Проблема сохранения водно-ресурсного потенциала относится к числу наиболее острых в современном мире. Прогрессирующий рост водопотребления и повсеместное ухудшение качества пресной воды обуславливает приоритетность государственных задач формирования такой политики сбалансированного водопользования, при которой будут уменьшены противоречия между экологическими, экономическими и социальными потребностями общества. В модели оптимального управления водными ресурсами концептуальная роль должна принадлежать речному бассейну как целостной геоэкологической системе и естественной единице водохозяйственного управления, что позволит оптимизировать задачи организации и контроля природопользования [1]. Задачи эти сложные и многопараметрические, к тому же если через бассейновую геосистему проходит граница между двумя (или более) государствами и геосистема становится международной (трансграничной), то проблема управления ею усложняется в разы. Между тем в мире насчитывается около 260 международных речных и озерных бассейнов, 25 из них находятся под контролем четырех и более государств. Общая площадь таких бассейнов охватывает более 45 % земной поверхности [2]. Как правило, у граничащих государств возникают проблемы, связанные с защитой своей части бассейна, например, из-за чрезмерного потребления воды другой страной или из-за ухудшения экологии по вине соседнего государства. В этом случае особую актуальность приобретают вопросы рационального использования природных ресурсов межгосударственного значения. Поскольку трансграничная геосистема является целостным природным объектом (государственных границ для неё не существует), то на экологическом состоянии главной реки, ее притоков и приемного водоема отражается состояние всего бассейна в целом. Последствия негативной хозяйственной деятельности по одну сторону границы непременно проявляются по другую, что может приводить к разнообразным межгосударственным конфликтам. Эта проблема является весьма актуальной и для России, границы которой проходят по Каспийскому морю (права на акваторию которого имеют Россия, Казахстан, Азербайджан и Иран), Азовское море (Россия и Украина), Чудское озеро (Россия и Эстония), озеро Ханка (Россия и Китай).

Методы

На изучение трансграничных водоемов и их бассейнов влияют следующие факторы: уровень взаимоотношений между государствами; их экономическое развитие; различия в приоритетных

направлениях водо- и природопользования; противоречия в отношении к экологическим проблемам и методам их решения. Для понимания общности и взаимосвязи природно-географических и антропогенных процессов в разных частях водосбора, принадлежащих соседним странам, необходима полная информация о геосистеме со всей территории трансграничного бассейна. Получение такой информации возможно только в том случае, если сопредельные государства связаны соглашением по регулированию использования и охране вод трансграничных рек и водоемов. Отсутствие подобных договоренностей вынуждает искать альтернативный метод изучения смежных территорий (по возможности - независимый от политических взаимоотношений), который позволит в первом приближении создать современную информационную базу данных, осуществлять контроль и слежение за происходящими на всей водосборной территории изменениями, прогнозировать возможные варианты их развития в зависимости от водохозяйственной политики каждого сопредельного государства.

Эффективное решение этих задач возможно только на основе комплексного системного подхода к изучению пространственно-временных закономерностей влияния естественных и антропогенных факторов на качество и объем поверхностных вод. Такой подход заключается в рассмотрении системы «водосбор-река-приемный водоем» как единого целого, поскольку экологическое «здоровье» гидрологической системы напрямую зависит от явлений и процессов, происходящих на водосборе. Современным инструментом исследования является комплексный геоэкологический мониторинг, как важная часть информационного обеспечения системы управления водными ресурсами и водным хозяйством [3].

В круг наблюдений при мониторинге должны входить не только водные объекты, но и окружающая их водосборная территория с разделением на природные и антропогенные компоненты. Комплексность и эффективность мониторинга обеспечиваются постановкой тематических исследований, осуществляемых на основе многоцелевой программы, объединяющей подпрограммы изучения водосборов различного уровня и организации. Число таких подпрограмм определяется ландшафтным разнообразием, обусловленным зональными и а зональными факторами, высотной поясностью бассейна, гидрологическими особенностями береговой зоны и акватории приемного водоема и характером хозяйственного использования водосбора сопредельными государствами.

Основу информационного обеспечения мониторинга должны составлять три группы источников:

- регулярные натурные данные, получаемые со стационарных наземных полигонов, пунктов наблюдений, расположенных на водотоках и водосборе, в прибрежной и открытой части приемного трансграничного водоема (гидрометеорологических и гидрохимических стационарных и передвижных постов), а также результаты различных сезонных полевых обследований;
- материалы дистанционного зондирования разных масштабов и типов съемки, содержащие новые сведения о гидрологических, гидробиологических и других особенностях рек и акваторий, степени антропогенного воздействия на водосбор и обеспечивающие возможность пространственно-временной экстраполяции данных локальных наблюдений;
- изданные ранее картографические материалы (топографические, батиметрические, навигационные, специализированные), которые служат для получения первичной информации о строении гидрографической сети, структуре землепользования водосбора, привязки и интерпретации космических изображений.

Как правило, для трансграничных бассейнов характерен дефицит данных наземных и гидрологических наблюдений, их методическая несопоставимость, неоднородность научно-справочной информации. Поэтому формирование первого информационного блока представляет основные трудности при изучении трансграничных водоемов.

Картографические материалы содержат большой объем информации, необходимой для разностороннего изучения бассейна, привязки и дешифрирования космических снимков, но здесь также присутствуют определенные проблемы. Территория России и стран СНГ обеспечена топографическими картами, которые отличаются документальностью, высокой точностью отображе-

ния, унификацией математической основы, масштабного ряда и содержания. Топографические карты зарубежных территорий трудно сопоставимы с отечественными, поскольку отличаются от них математическими проекциями, масштабным рядом, высотой сечения рельефа, отображением береговых линий, растительного покрова и т.д. [4]. Кроме того, сроки обновления карт не всегда выдерживаются, и информация устаревает.

Таким образом, основными, а часто и единственными источниками информации о состоянии трансграничных водосборов в последние годы являются данные наблюдений, выполняемые искусственными спутниками Земли, которые обеспечивают регулярное получение и систематическое накопление разнохарактерных сведений для всей исследуемой геосистемы, в том числе и труднопроходимых малоизученных территорий (высокогорий, болот и т.д.). Спектрональные данные дистанционного зондирования крупного масштаба и высокого разрешения (от 2-5 до 20-30 м) несут в себе огромный информационный потенциал, сокращая время на ознакомление со всей территорией, позволяя решить проблему сопоставления данных, полученных одновременно и обработанных по одной методике. Многолетний опыт использования в гидрологии спутниковых данных показал их высокую информативность и эффективность при решении глобальных и локальных задач оценки состояния водных объектов.

Для изучения трансграничных водных объектов и их водосборов целесообразно совместное использование картографических и дистанционных материалов, которые информационно поддерживают и дополняют друг друга. На первом этапе работ карты используются как базовые для привязки и предварительного дешифрирования снимков. На втором этапе космические снимки дополняют и обновляют содержание базовой карты и служат основой для создания новых тематических карт, отображающих современное состояние изучаемых территорий международного водного бассейна (любой площади, разного иерархического уровня), специфику его развития, остроту экологических ситуаций. На третьем этапе разработанные тематические карты (констатационные, оценочные, прогнозные и пр.) и представляющие собой базу новых знаний, преобразуются в геоинформационную среду и получают дальнейшее развитие для создания информационно-картографического моделирования трансграничной геосистемы.

Результаты и обсуждение

В качестве объекта исследования было выбрано озеро Ханка – уникальный природный водоём Приморского края. Озеро практически полностью лежит на Ханкайской равнине, имеет овальную форму со слаборасчленённой береговой линией, вытянуто в меридиональном направлении. На территории водосбора озера находится знаменитый Ханкайский заповедник, где представлен уникальный видовой состав растительного и животного мира, многие представители которого занесены в Международную Красную Книгу. Площадь озера составляет 4070 км². Наибольшая длина - 90 км, ширина – 70 км. Наибольшая глубина озера равна 6,5 м, протяженность береговой линии 309 км, средняя абсолютная высота над уровнем моря 69 м. Площадь водосбора составляет 15370 км², из них 13976 км² приходится на территорию России, что составляет примерно 91 % общей площади. Китаю соответственно принадлежат 1394 км² (или 9 %) и одна треть акватории.

Река Сунгача, (по которой также проходит граница России и Китая) является единственной вытекающей из озера и соединяющей его с рекой Уссури. Таким образом, озеро является естественным крупным аккумулятором стока, обеспечивающим устойчивость водного режима р. Уссури [5].

С территории России в озеро впадают пять больших рек: Илистая, Мельгуновка, Спасовка, Комиссаровка и Большие Усачи, а также несколько малых речек. С территории Китая в озеро впадают несколько небольших рек длиной от 15 до 50 км.

Основные экологические проблемы озера Ханка обусловлены хозяйственной деятельностью. Большая часть бассейна занята сельскохозяйственными посевами, как со стороны России, так и со стороны Китая, что приводит к загрязнению почв и поверхностных вод компонентами удобрений и пестицидами. Последнее особенно актуально в связи с рисосеянием, в котором активно исполь-

зуются ядохимикаты. Относительно высокие концентрации азота, растворенного и взвешенного фосфора были найдены во всех реках водосбора, принадлежащих России, в том числе и в озерной воде. По данным [<http://www.fegi.ru/PRIMORYE/RIVER/water.him>], большая часть показателей загрязнения воды вредными веществами со стороны Китая в несколько раз превышает российские нормы. На территориях, освоенных под сельскохозяйственные земли, лесных вырубках и гарях наблюдается ускоренная эрозия почв - развиваются овраги; усиливаются русловые процессы, вызывая размыв берегов и дна рек, заиливаются водосборы.

Экологическая значимость водосбора для оценки состояния приемного водоема определяется суммой характеристик, отражающих его физико-географические, социально-политические и экономико-хозяйственные особенности. Определение этих характеристик базировалось на анализе материалов космической съемки 2006 г., представленных в справочной системе "Google – Earth" (рис. 1). Пространственное разрешение данного изображения позволило увеличить его в 5 раз до



Рис. 1. Космическое изображение бассейна озера Ханка

масштаба 1:200 000 (рис. 2а, б, в). На снимке хорошо прослеживается гидрографическая сеть, системы обводнительно-оросительных каналов, лесные массивы, разреженные участки леса, вырубки, болота, пашни, рисовые чеки и т.д. Результаты дешифрирования космического изображения были использованы для уточнения структуры ландшафтов, выявления характера землепользования, установления границ современных неблагоприятных изменений природной среды. Совместный анализ схем дешифрирования, топографических и тематических карт позволил провести



а



б



в

Рис. 2. Увеличенные фрагменты космического изображения: а – водосборы рек КНР; б – р. Сунгача и прилегающая пограничная территория; в – южная часть озера Ханка, водосборы рр. Мельгуновка и Илистая

оценку возможностей совместного использования космической и картографической информации для изучения состояния трансграничных водоемов и их водосборов. Составлена серия тематических электронных карт (в программном пакете Corel DRAW 11), отражающая комплексные характеристики всей территории бассейна озера Ханка. Базовыми картами (масштаба 1:1 000 000) являются:

- «*Строение водосбора озера Ханка*», на которой показана гидрографическая сеть и границы частных водосборов рек, впадающих в озеро, как со стороны РФ, так и КНР;

- «*Ландшафтная карта*», на которой представлены основные виды ландшафтов межгорных и предгорных равнин, гор и низкогорий бассейна.

- «*Интенсивность использования земель*», на которой отображено антропогенное воздействие на территорию всего бассейна. Выделены: ненарушенные земли (леса, луга, заповедники, болота); земли с минимальным антропогенным воздействием (пастбища, сенокосы); земли с умеренным антропогенным воздействием (поселки сельского типа, огороды); земли с сильным антропогенным воздействием (пашни, рисовые чеки, вырубки, поселки городского типа); земли с интенсив-

ным антропогенным воздействием (центры добычи полезных ископаемых, промышленные центры, пути сообщения и т.д.).

-«Эколого-географическая карта бассейна озера Ханка» (рис. 3), на которой показаны результаты ранжирования территории частных водосборов бассейна озера по степени нарушенности природных ландшафтов – всего 5 категорий (ненарушенные, слабо нарушенные, умеренно нарушенные, сильно и максимально нарушенные).



Рис. 3. Эколого-географическая карта бассейна озера Ханка

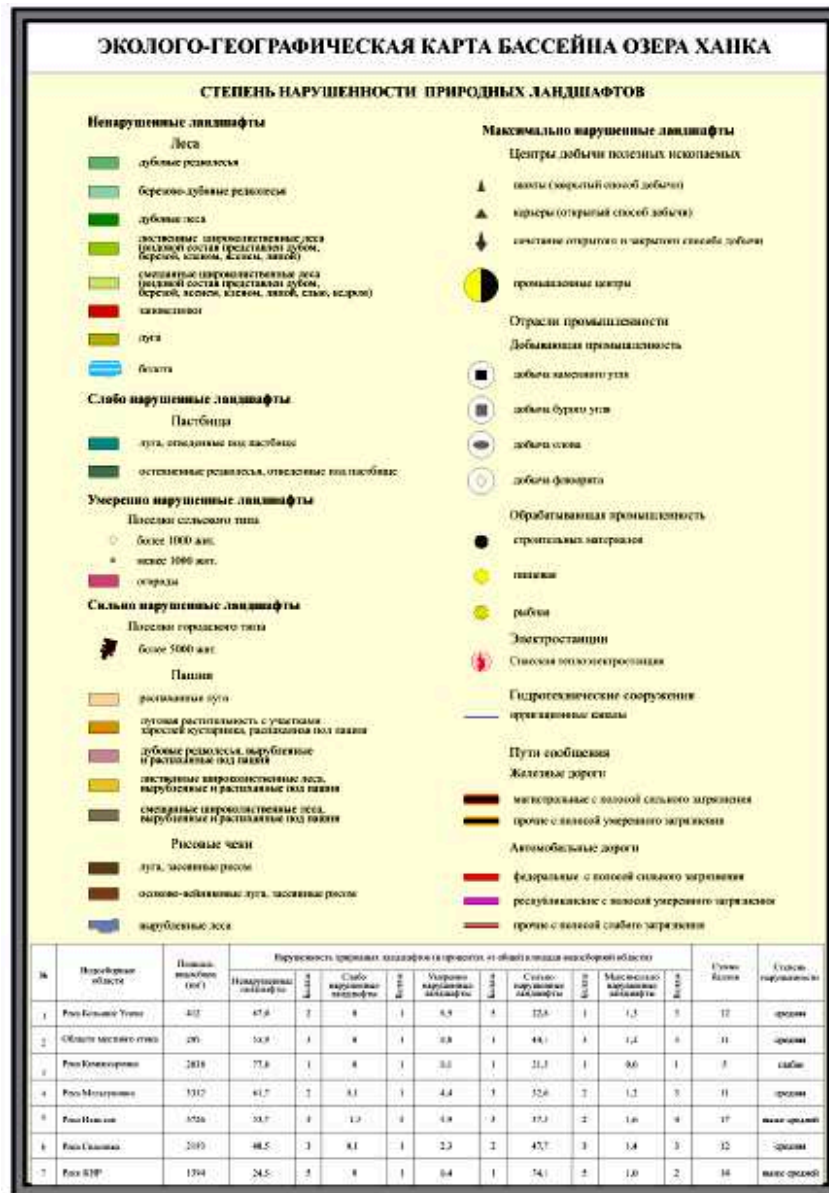


Рис. 4. Легенда к карте

Для оценки степени нарушенности ландшафтов внутри каждого частного водосбора определялись площади, занимаемые в этом водосборе указанными выше категориями, и вычислялась доля этих площадей (в процентах) по отношению ко всей площади частного водосбора (табл. 1). Затем по шкале сравнительной оценки нарушенности поверхности водосборов был осуществлен переход к балльной системе оценки (табл. 2) и по сумме баллов определена степень нарушенности каждого водосбора (табл. 3).

Таким образом, наши расчеты показали, что наиболее благоприятная экологическая ситуация на водосборе р. Комиссаровка (5 баллов), соответствующая слабой степени нарушенности. Водосборы трех рек – Усачи, Мельгуновка и Спасовка, а также области местного стока можно отнести к категории территорий средней степени нарушенности (11-12 баллов). Наиболее сложная ситуация складывается на водосборах р. Илия и рек КНР (соответственно 17 и 14 баллов), степень нарушенности ландшафтов которых оценивается выше средней и приближается к сильной. Полученные результаты можно использовать при выявлении наиболее экологически неблагоприятных участков береговой зоны озера и его акватории, поскольку негативные процессы на водосборе отражаются и на состоянии приемного водоема.

Таблица 1. Распределение ландшафтов различной степени нарушенности по частным водосборам бассейна озера Ханка

Водосбор реки	Площадь водосбора, км ²	Суммарная площадь и доля ландшафтов разной степени нарушенности				
		Ненарушенные км ² (%)	Слабо нарушенные км ² (%)	Умеренно нарушенные км ² (%)	Сильно нарушенные км ² (%)	Максимально нарушенные км ² (%)
Большие Усачи	412	276 (67.0)	0 (0)	36,5 (8.9)	94 (22,8)	5.5 (1.3)
Комиссаровка	2038	1586 (77.8)	0 (0)	2.0 (0.1)	438 (21.5)	12.0 (0.6)
Мельгуновка	3312	2044 (61.7)	3 (0.1)	146 (4.4)	1079 (32.6)	40 (1.2)
Илистая	5726	3075 (53.7)	75 (1.3)	338 (5.9)	2146 (37.5)	92 (1.6)
Спасовка	2193	1064 (48.5)	2 (0.1)	50 (2.3)	1046 (47.7)	31(1.4)
Области местного стока	295	159 (53.9)	0 (0)	2.5 (0.8)	130 (44.1)	3.5 (1.2)
Реки КНР	1394	342 (24.5)	0 (0)	5 (0.4)	1033 (74.1)	14 (1.0)

Таблица 2. Шкала сравнительной оценки антропогенной нарушенности водосборов

Ненарушенные ландшафты (%)	Баллы	Слабо нарушенные ландшафты (%)	Баллы	Умеренно нарушенные ландшафты (%)	Баллы	Сильно нарушенные ландшафты (%)	Баллы	Максимально нарушенные ландшафты (%)	Баллы
69-80	1	0-0,30	1	0-2,0	1	21,0-32,0	1	0,51-0,80	1
57-68	2	0,31-0,60	2	2,1-4,0	2	32,1-44,0	2	0,81-1,10	2
45-56	3	0,61-0,90	3	4,1-6,0	3	44,1-56,0	3	1,11-1,40	3
33-44	4	0,91-1,20	4	6,1-8,0	4	56,1-68,0	4	1,41-1,70	4
21-32	5	1,21-1,50	5	8,1-10,0	5	68,1-80,0	5	1,71-2,00	5

Таблица 3. Определение степени нарушенности водосборов

Диапазон изменения баллов	Степень нарушенности
5-9	слабая
10-13	средняя
14-17	выше средней
18-21	сильная
22-25	очень сильная

Выводы

Разработаны основные положения предлагаемого подхода к комплексной картографической оценке экологического состояния трансграничных водоемов и его водосборов с использованием данных дистанционного зондирования. В условиях информационного дефицита на первое место выходят данные дистанционного зондирования и топографические карты, которые позволили выявить основные природные характеристики, специфические особенности местности, ее хозяйственную освоенность, современный характер землепользования. Проведен территориально-дифференцированный (в границах водосборов основных притоков озера) покомпонентный анализ основных антропогенных факторов, влияющих на состояние всего бассейна, включая зарубежную территорию. Разработана балльная система оценки нарушенности природных ландшафтов. Представленная серия карт может быть использована как базовая при разработке ГИС бассейна озера Ханка. Каждая карта представляет собой файл, состоящий из нескольких слоев, в которых располагаются однородные элементы карты: гидрографическая сеть, леса, населенные пункты, дороги и т.д. Карты могут постоянно обновляться путем добавления новых объектов или новых слоев с дополнительной информацией.

Точность и объективность разрабатываемого подхода в значительной степени зависит от качества и объема используемой космической информации, первый опыт методических разработок с минимальным набором снимков показал его практическую целесообразность. В дальнейшем предполагается продолжить исследования с использованием разновременной космической информации высокого разрешения в различных спектральных диапазонах для решения более узких задач.

Предлагаемый подход может быть использован при получении предварительных оценок экологического состояния международных водных бассейнов, проведения функционального районирования территории по видам хозяйствования, а также при составлении программ рационального природопользования и организации межгосударственных согласованных природоохранных мероприятий.

Литература

1. Бакланов П.Я., Ганзей С.С., Канчур А.Н. Устойчивое развитие бассейновых геосистем в условиях трансграничности // Природно-ресурсные экологические и социально-экономические проблемы окружающей среды в крупных речных бассейнах. М.: Медиа-Пресс, 2005, с. 17-32.

2. Коротный Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании Иркутск.: Изд. Института географии СО РАН, 2001. 163 с.

3. Курбатова И.Е. Роль аэрокосмического мониторинга в информационном обеспечении комплексных экологических исследований системы «водосбор-водоем» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных объектов и явлений. Сб. научн. статей. М.: GRANP polygraph, 2005. Т.2. С. 111-117.

4. Верешака Т.В. Топографические карты: научные основы содержания. М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2002. 319 с.

5. Государственный водный кадастр. Стат.сб./ Л.: Гидрометеиздат, 1988.