

Использование спутниковой информации для предварительной оценки изменения окружающей среды в зоне предполагаемого строительства Нижнебогучанского водохранилища

И.Е. Курбатова

Институт водных проблем РАН, Москва, 119333, Россия

E-mail: irenkurb@yandex.ru

В работе рассматриваются целесообразность и эффективность использования данных дистанционного зондирования высокого разрешения при оценке для региона строительства экологических и социальных последствий создания нового водохранилища. Показана значимая роль космической информации в формировании базы данных предпроектного крупномасштабного обследования местности, предназначенной к затоплению. Исследования проводились для территории будущего ложа Нижнебогучанского водохранилища на р. Ангара, планируемого к заполнению в 2022 г.

Труднодоступность региона ограничивает проведение систематических гидрологических, геоморфологических и эколого-географических обследований. Недостаток данных натуральных наблюдений не позволяет в полной мере раскрыть взаимосвязи компонентов экосистемы с будущим водоемом. Поэтому для оценки воздействия водохранилища на преобразование территории необходимо привлечение дополнительных источников информации, в первую очередь дистанционных и картографических.

Работа выполнялась с помощью ГИС «Карта 2011», позволившей осуществить создание и редактирование цифровых карт и обработку данных ДЗЗ, получение синтезированных изображений для обновления и детализации содержания топографических карт, выделения зон непосредственного и косвенного влияния водохранилища на природные и социальные объекты. Проведена оценка площадей затопляемых объектов. В качестве исходных материалов использовались цифровые топографические карты масштабов 1:1000000, 1:20000, 1:50000, данные съемки с ИСЗ Landsat-7 и IKONOS за 2014 г.

Полученные результаты, рассматриваемые как начальный вклад в создаваемую базу данных мониторинга будущего водохранилища, содержат информацию о состоянии природно-территориальных береговых комплексов зоны планируемого затопления и могут использоваться в дальнейшем для изучения их трансформации на различных этапах формирования водохранилища.

Ключевые слова: дистанционные методы, картографирование, водохранилище, мониторинг, экологическое состояние, зона затопления, зона влияния

Одобрена к печати: 14.02.2017

DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-2-195-205

Введение

Создание водохранилищ оказывает сложное и противоречивое воздействие на режим рек, на природные условия прилегающих территорий, на социально-экономические условия жизни населения. На первых этапах массового строительства водохранилищ в России (1930–1970 гг.) основное внимание специалистов уделялось характеристикам гидротехнических сооружений и оценке возможностей речного водотока, который должен был обеспечивать режим эксплуатации ГЭС. Постепенно накопленный за годы существования водохранилищ опыт их взаимодействия с окружающей средой обусловил необходимость проведения углубленных исследований негативных последствий, спровоцированных созданием искусственных водоемов (Водоохранилища..., 1986).

После принятия Федерального Закона РФ «Об экологической экспертизе» (от 23.11.95) крупные водохранилища стали относиться к сложным водохозяйственным объектам, строительство которых требует обязательного проведения экологической экспертизы, а на самом раннем предпроектном этапе – выполнения оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС). Большая часть водохранилищ к тому времени уже была построена, поэто-

му проведение комплексных предварительных обследований до создания водохранилищ было скорее исключением, чем правилом. В последние годы активное строительство гидротехнических сооружений продолжается в азиатской части РФ в связи с развитием добывающей и перерабатывающей промышленности в Сибири и необходимостью ее энергетического обеспечения. На реках региона уже с 60-х годов прошлого века построены и продолжают строиться крупнейшие водохранилища, что стало одним из значительных факторов преобразования природы региона. Сибирские водохранилища, создаваемые в зоне вечной мерзлоты, относятся к числу наиболее сложных по комплексу негативных последствий. Так, здесь происходят нарушения устойчивости криогенной системы за счет изменения температурного и влажностного режимов почвогрунтов под действием большой массы воды; оттаивание мерзлых пород приводит к просадкам дна, незапланированному увеличению объемов водохранилищ и проблемам при достижении нормального подпорного уровня (НПУ); термоабразия усиливает интенсивность склоновых процессов (оползни, оседания склонов, солифлюкция) и др. (Водоохранилища..., 1986; Проблемы..., 2009).

Труднодоступность, слабая гидрометеорологическая, геоморфологическая и эколого-географическая изученность обширных территорий Сибири способствуют образованию существенных информационных пробелов, что не позволяет в полной мере раскрыть взаимозависимости компонентов региональных экосистем и водохранилища. В связи с этим очевидна актуальность привлечения дополнительных источников информации, в первую очередь дистанционных и картографических, для проведения оценки воздействия водохранилища на преобразование прибрежных природно-территориальных комплексов.

Методы и подходы

Современная космическая информация высокого разрешения становится обязательной составной частью предварительного изучения района предполагаемого затопления, позволяя получить новые сведения о гидрографических и морфометрических характеристиках реки и ее притоков, выявить проблемные участки на затапливаемых берегах (лесные, заболоченные, оползневые и др.). Космические изображения обеспечивают обновление топографических карт, построение цифровых моделей рельефа затапливаемой территории, пространственно-временную экстраполяцию данных локальных наблюдений. Особенно ценно использование космической информации на предпроектной стадии создания ГЭС для изучения фонового состояния природно-территориальных комплексов до начала предполагаемого затопления ложа водохранилища.

Использование современных ГИС-технологий позволяет существенно облегчить задачи сбора, систематизации, анализа и инвентаризации разноплановой и разновременной пространственной информации. В *табл. 1* представлено основное содержание блоков исходной информации, необходимых для проведения ОВОС и базового обеспечения началь-

ной стадии изучения трансформации природно-территориальных комплексов в рамках геоэкологического мониторинга создаваемого водохранилища (Курбатова, 2016).

Таблица 1. Источники информации для оценки экологического состояния района строительства водохранилища в криолитозоне

<i>Данные наземных наблюдений</i>	<i>Картографические материалы</i>	<i>Дистанционная аэро - и космическая информация</i>
<p>Многолетние сетевые стационарные (количественные и качественные показатели состояния водных ресурсов): гидрологические, гидрохимические, гидрогеологические, температурные</p> <p>Эпизодические полевые экспедиционные наземные ландшафтно-индикационные и инженерно-геологические исследования для обоснования результатов дешифрирования (получение морфометрических, геоморфологических, геоботанических характеристик, определение глубины залегания грунтовых вод, мощности торфяного и сезонноталого слоя, выявление потенциально опасных участков береговой зоны и др.)</p>	<p>Базовые (топографические, гипсометрические, гидрографические, кадастровые, батиметрические, геоморфологические)</p> <p>Тематические геологические, гидрогеологические, ландшафтные комплексные и покомпонентные – почвенные, лесистости, заболоченности, ресурсные, землепользования, антропогенной нарушенности, негативных процессов, опасных природных явлений, рисков</p> <p>Производные цифровые модели местности (рельефа, экспозиции склонов, углов наклона, густоты и глубины расчленения и др.)</p>	<p>Архивная и современная съемка в различных спектральных диапазонах, в разных масштабах и с разным пространственным разрешением в зависимости от поставленных задач</p> <p>Материалы обработки видимой, инфракрасной, тепловой и радиолокационной съемок для обновления топографической ситуации, наблюдений за изменениями влажности почв, определения температуры земной и водной поверхности, а также данных альтиметров для определения уровенной поверхности и глубины термокарстовых просадок</p>

За годы своего существования водохранилище проходит несколько этапов своего развития, и каждый этап характеризуется определенной спецификой. Основные задачи, которые могут быть решены с помощью космической информации на разных этапах строительства и формирования водохранилищ, представлены в *табл. 2*. Большинство задач может быть решено на основании визуального анализа космической информации высокого разрешения, полученной в соответствующих диапазонах спектра по прямым и индикационным дешифровочным признакам, а также с помощью специализированных программ обработки изображений.

Таблица 2. Использование космической информации для решения задач мониторинга формирования водохранилища на разных стадиях его развития

<i>Этапы создания водохранилища</i>	<i>Задачи, решаемые с помощью космической информации</i>
Предпроектная и проектная стадии	<ul style="list-style-type: none"> – Обновление топографических карт и планов; – построение ЦМР ложа и берегов планируемого водоема; – выделение границ зон затопления и предположительного подтопления; – инвентаризация природных и антропогенных объектов, попадающих в зоны затопления и подтопления (лесов, болот, русел боковых притоков, населенных пунктов, сельхозугодий; дорог и др.); – выделение участков лесосводки и лесочистки.

Таблица 2. Продолжение

Этапы создания водохранилища	Задачи, решаемые с помощью космической информации
Подготовка ложа к затоплению	– Мониторинг выполнения работ по подготовке ложа к затоплению (контроль за переносом объектов инфраструктуры за пределы зоны затопления, слежение за вырубкой лесов, укреплением берегов и т.д.).
Период заполнения до НПУ (в лесостепной зоне – 3–5 лет, в зоне вечной мерзлоты – до 10 и более лет)	– Слежение за перемещениями уреза воды при наполнении водоема (определение положения береговой линии при стабилизации уровня, определение площади зеркала воды при различных его положениях, наблюдения за изменениями подтоплений на низменных побережьях и в устьях боковых притоков); – наблюдение за трансформацией природно-территориальных комплексов в зонах постоянного и временного затопления, а также в нижнем бьефе водохранилища.
Этап интенсивного переформирования берегов (5–10 лет после достижения постоянного уровня)	– Наблюдения за развитием береговых эрозионных и термокарстовых процессов (оползни, оседания склонов, солифлюкция и др., всплывание торфяников), выделение областей поступления и распространения взвесей, участков заиления; формирования отмелей; – выявление сроков начала и окончания ледостава; изучение термического режима в теплое время года; – выявление очагов заболачивания и изменения состояния древесной растительности в зонах постоянного и временного подтопления.
Этап динамического равновесия (в среднем через 20 лет после заполнения)	– Выделение границ фактического влияния водохранилища на прилегающие территории в зонах постоянного и эпизодического подтопления; – районирование берегов по степени устойчивости, оценка риска их разрушения.

Результаты

Возможность применения космической информации для изучения фонового состояния ложа будущего водохранилища была рассмотрена в районе предполагаемого создания Нижнебогучанской ГЭС. В соответствии с «Генеральной схемой развития объектов электроэнергетики до 2020 года» (Генеральная..., 2008) на Нижней Ангаре планируется строительство двух ГЭС – Нижнебогучанской и Мотыгинской для обеспечения инвестиционного проекта «Ангаро-Енисейский кластер», в который будут входить восемь крупных горнодобывающих, горно-обогатительных, лесоперерабатывающих производств. Нижнебогучанское водохранилище станет пятым в Ангарском каскаде. Его плотина будет построена в 20 км от поселка Богучаны (рис. 1). Площадь зеркала воды составит 243 км², длина – 107 км, отметка нормального подпорного уровня (НПУ) – 140 м при отметке уреза воды в реке 128 м, т.е. уровень воды в реке будет поднят в среднем на 12 м. Предполагается, что строительство Нижнебогучанской ГЭС закончится к 2022 г. В соответствии с предварительным графиком строительства ГЭС подготовка проектной документации и проведение государственной экспертизы намечены на 2016–2017 гг. Место строительства расположено в зоне распространения многолетней мерзлоты островного типа, большую часть территории занимают южно-таёжные леса.

Для предварительного изучения возможных изменений окружающей среды в зоне создания Нижнебогучанского водохранилища была использована ГИС «Карта 2011» – уни-



Рис. 1. Местоположение планируемого водохранилища в нижнем течении р. Ангары

версальная геоинформационная система, которая позволила осуществить привязку данных космической съемки высокого разрешения в оптическом диапазоне к топографическим картам, обновить содержание карт за счет выявления различий в изображении современных контуров природных и антропогенных объектов. Снимки выбирались из свободных источников – Google (ИСЗ Landsat-7 за 2014 г.) и Яндекс (ИСЗ IKONOS, 2014 г.). В качестве исходных картографических материалов были использованы цифровые топографические карты следующих масштабов: обзорного – 1:1000000; регионального – 1:200000, локального – 1:50000. Для определения точного положения границы затопления наиболее значимых локальных участков (населенных пунктов, лесопилок, причалов, исторических памятников и др.) была использованы топографические карты масштаба 1:50000 (рис. 2). На синтезированных изображениях выделены три зоны: водная поверхность р. Ангары до затопления, зона полного затопления берегов при повышении НПУ до отметки 140 м и зона подтопления – до горизонтали 160 м, которая условно может считаться границей влияния водохранилища на прилегающую территорию. Кроме того, на выбор этой отметки повлиял тот факт, что общей особенностью оползней в осадочных породах зоны вечной мерзлоты является возможность их образования на склонах крутизной более 16° и высотой более 20 м (Гоголев, 1989). Эти уровни были выделены при помощи программного обеспечения ГИС «Карта 2011». Анализ синтезированного изображения «снимок – карта» показал, что в зону полного затопления попадут все низменные участки прибрежных территорий и острова, имеющие отметки высот менее 140 м, на которых в настоящее время находится значительная часть сельскохозяйственных угодий, населенные пункты, дороги и другие объекты инфраструктуры (рис. 3). Ряд населенных пунктов, расположенных вдоль русла Ангары (Невонка, Гольявино, Глубокое, Хребтовый, Говорково и др.), будут частично или полностью находиться в зоне проявления негативных процессов – затоплений, подтоплений, переработки и обрушений берегов, оползневых процессов, солефлюкции и др. Будет полностью затоплено 26 км шоссе Богучаны – Кодинск, 75 км грунтовых проселочных и лесных дорог, а 173 км всех классов дорог попадут в зону косвенного влияния

яния с риском локального размыва или подтопления. Кроме того, качество воды в р. Ангара на участке от Богучанского водохранилища до села Богучаны соответствует классу 4А и оценивается как «грязная» (Государственный..., 2014), что приведет к дополнительному ухудшению экологической обстановки в зоне затопления.

Масштаб	Топографическая карта	Космический снимок (КС)	Синтез топографической карты и КС
1:1000000			
1:200000			
1:50000			

Рис. 2. Примеры синтезированных изображений топографических карт и космических снимков различных масштабных уровней

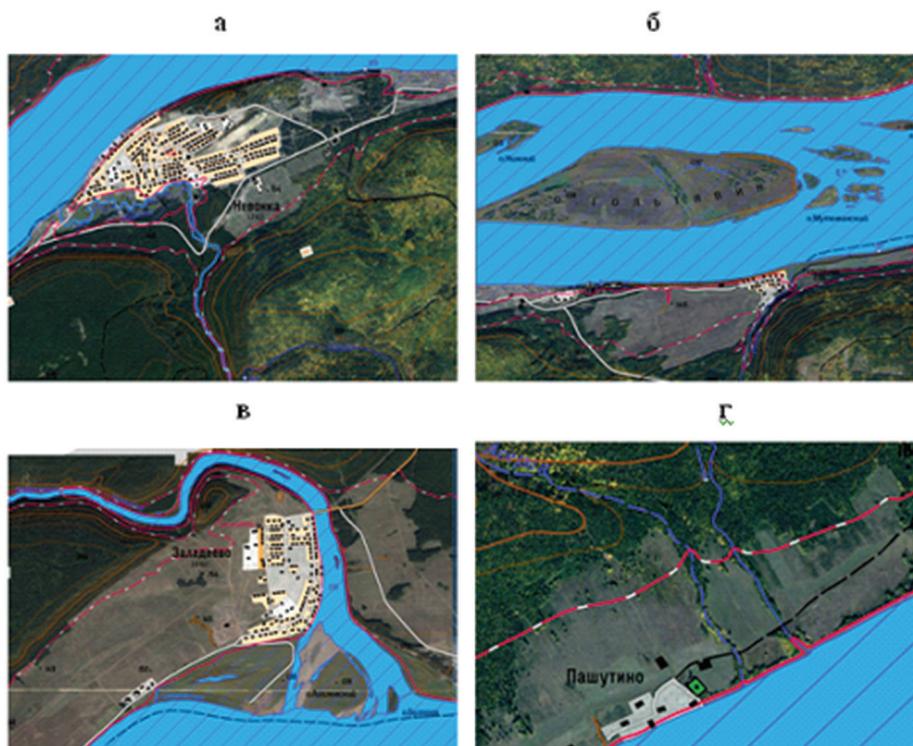


Рис. 3. Фрагменты синтезированного изображения КС и топографической карты м-ба 1:50000. Населенные пункты левого (а – Невошка, б – Гольпявино) и правого (в – Заледенево, г – Пашутино) берегов Ангары. Красным цветом показана граница затопления при НПУ 140 м, красно-белым – граница предполагаемого влияния водохранилища 160 м

По каждому типу объектов были подсчитаны их площади или длины, попадающие в зоны затопления и влияния водохранилища (табл. 3). В зоне затопления окажутся низинные болота, расположенные в пределах пойменных участков Ангары и ее притоков. Полное или частичное их затопление приведет к трансформации болотной растительности и торфяной залежи. Под действием волнового прибоя и ледяного покрова возможно разрушение слоя торфа, а скопление метана в затопленной торфяной залежи может спровоцировать ее отрыв и всплывание (Карпенко, Карпенко, 2008). Дрейф таких островов создает помехи судоходству, работе гидротехнических сооружений, может стать причиной зарастания и скопления плавника в подтопленных устьях боковых притоков. Таким очагом образования дрейфующих островов может стать крупный массив Еланского болота, расположенный на правом берегу Ангары (рис. 4).

Таблица 3. Перечень природных и антропогенных объектов, попадающих в зоны влияния водохранилища, их площадные и линейные характеристики

<i>Объекты</i>	<i>Зона затопления</i>		<i>Зона косвенного влияния</i>	
	<i>Площадь, км²</i>	<i>Длина, км</i>	<i>Площадь, км²</i>	<i>Длина, км</i>
<i>Природные объекты</i>				
Реки (с учетом Ангары)	184,45	-	-	159,66
Острова	18,99	-	-	-
Леса	28,90	-	133,05	-
Поросль леса	1,611	-	1,43	-
Вырубленные леса	0,28	-	0,79	-
Леса редкие высокие	-	-	4,91	-
Луговая растительность	25,14	-	34,67	-
Болота	4,64	-	2,63	-
Пески	0,34	-	-	-
Каменистые россыпи	-	-	0,03	-
Скалы	-	-	0,13	-
<i>Антропогенные объекты</i>				
Населенные пункты	0,43	-	5,53	-
Автодороги с покрытием	-	1,91	-	24,04
Автодороги без покрытия	-	16,89	-	66,43
Грунтовые проселочные дороги	-	12,01	-	16,111
Полевые и лесные дороги	-	45,65	-	101,77
Зимние дороги (автозимник)	-	81,00	-	-
Промышленные предприятия	0,16	-	3,44	-

На протяжении всей длины будущего водохранилища (107 км) в Ангару с левого и правого берега впадает 57 притоков. Подпорные воды затопят устьевые участки рек, поднимутся вверх по течению, формируя заливы различной конфигурации и глубины вреза. Проведенный подсчет длин всех притоков, расположенных в выделенных зонах, показал, что полностью будет затоплено 54 км нижних русловых участков всех притоков, почти 160 км окажутся в зоне возможного влияния. Результаты расчетов для тех притоков

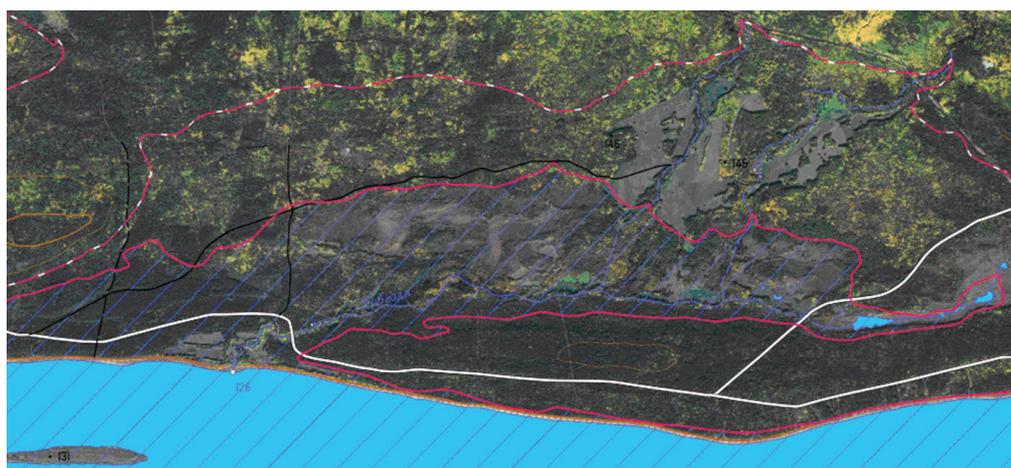


Рис. 4. Затопление Еланского болотного массива – места возможного образования плавающих торфяных островов (синтезированное изображение)

Ангары, у которых величина затопления устьевой части составляет более 0,5 км, приведены в табл. 4. В общей сложности суммарная длина затопленных участков при достижении запланированного нормального подпорного уровня водохранилища составит более 40 км, а в зоне возможного влияния водохранилища – больше 100 км русел боковых притоков, что, безусловно, скажется на изменении режима рек, трансформации экосистем, нарушении нерестилищ и снижении рыбозапасов.

Таблица 4. Протяженность притоков Ангары в зонах затопления и влияния (от устья)

№	Притоки р. Ангары	Длина русла в зоне затопления (при НПУ 140 м), км	Длина русла в зоне влияния (до отметки 160 м), км	Суммарная протяженность русла, км
1	Горный	0,528	0,305	0,833
2	Бол. Имбала	0,687	1,055	1,743
3	Мостовой	0,774	2,396	3,170
4	Студеный	0,803	0,631	1,434
5	Паня	0,841	2,091	2,932
6	Сыромолотов	0,975	7,890	8,865
7	Шептама	0,983	6,704	7,688
8	Большая	0,989	5,248	6,238
9	б/названия	1,015	0,298	1,314
10	Кукшиха	1,757	2,674	4,432
11	Чадобец	2,266	58,459	60,725
12	б/названия	2,349	0,063	2,413
13	Гремучий	2,880	0,712	3,593
14	Невонка	3,037	2,356	5,393
15	Нижняя	4,013	3,556	7,570
16	Добголя	4,422	1,841	6,263
17	Мура	12,224	9,462	21,686
	Сумма длин	40,543	105,741	146,284

Анализ изображений показал, что площади затопления земель из-за создания Нижнебогучанской ГЭС будут расположены узкими полосами вдоль берегов Ангары и значительно расширяться в долинах крупных боковых притоков – рек Мура, Чадобец, Добголя, Сосновка и др. (рис. 5а–в).

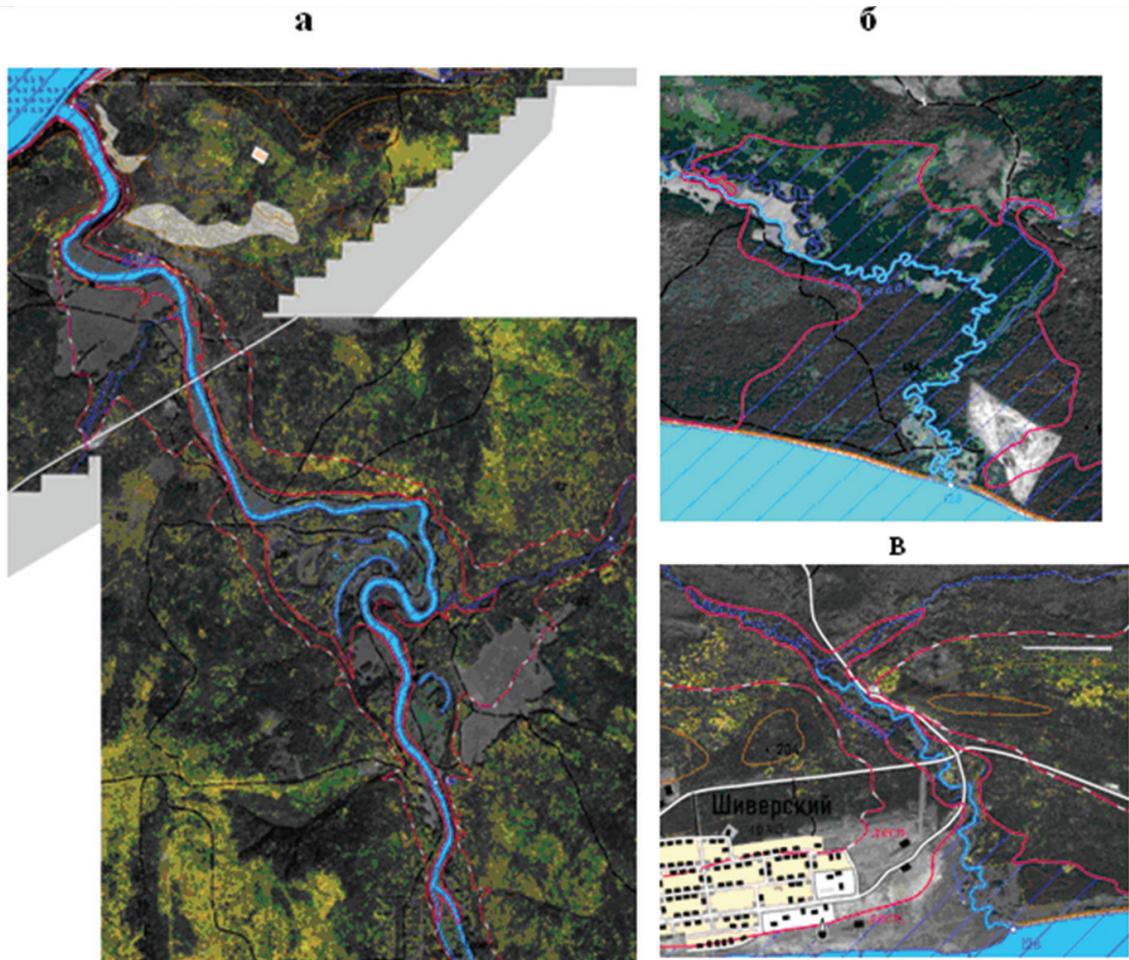


Рис. 5. Синтезированное изображение устьев крупных притоков Ангары: а) река Мура; б) река Сосновка; в) река Нижняя. Красным цветом показана граница затопления при НПУ 140 м, красно-белым – граница предполагаемого влияния водохранилища до отметки 160 м

Заключение

Использование спутниковых методов позволяет значительно увеличить объем и качество информации, необходимой при изучении труднодоступных для обследования территорий. Полученные с помощью ГИС «Карта 2011» детальные крупномасштабные синтезированные изображения района предполагаемого строительства водохранилища позволили выделить и детализировать границы будущего водоема, выполнить обновление планового содержания топографических карт, провести необходимые расчеты. Составлена базовая интерактивная карта, масштаб которой может меняться от 1:200000 до 1:50000. Полученные результаты можно рассматривать как начальный вклад в создаваемую базу данных мониторинга будущего водохранилища, содержащих информацию о современном состо-

янии природно-территориальных береговых комплексов р. Ангары и зоны планируемого затопления и могут использоваться для изучения их трансформации на различных этапах формирования водохранилища после его заполнения.

Литература

1. Водохранилища и их воздействие на окружающую среду. М.: Наука, 1986. 368 с.
2. Генеральная схема размещения объектов энергетики до 2020 г. Распоряжение Правительства РФ от 22 февраля 2008 г. № 215-р. URL: http://www.lengaes.rushydro.ru/file/main/tidalmezen/company/laws/Rasproyazhenie_Pravitelstva_RF_ot_22_fevralya_2008_g.doc.pdf.
3. Гоголев Е.С. К вопросу изменения рельефа ложа и берегов северных водохранилищ // Проблемы инженерно-геологических изысканий в криолитозоне. Магадан: Колымское газетное издательство, 1989. С. 267–268.
4. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2013 году. Ежегодный отчет. Министерство природных ресурсов и экологии Красноярского края. Красноярск. 2014. 282 с.
5. Карпенко Л.В., Карпенко В.Д. Прогноз экологических последствий затопления болот при создании Богучанского водохранилища // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2008. № 3. С. 189–193.
6. Курбатова И.Е. Экологическая экспертиза крупных водохозяйственных объектов: картографический аспект // Материалы 13-й международной конференции «Государственное управление в XXI веке». Москва, МГУ, май 2015. Секция 16. Современные проблемы управления природопользованием. Университетская книга. М.: Издательство КДУ, 2016. С. 61–69.
7. Проблемы гидротехнического строительства в криолитозоне: особенности, криогенные процессы, мониторинг, прогнозирование. Отчет о результатах научных исследований. Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН. Якутск. 2009. URL: <http://refdb.ru/look/1578670-pall.html>.

Utilizing satellite data for preliminary assessment of environmental changes in the proposed construction area of Nizhneboguchanskoe Reservoir

I.E. Kurbatova

*Institute for Water Problems RAS, Moscow 119333, Russia
E-mail: irenkurb@yandex.ru*

The paper discusses the expediency and effectiveness of using high resolution remote sensing data to assess the ecological and social consequences of new reservoir construction at the regional level. Space-based information is shown to play a significant role in the formation of a database for large scale pre-project survey of the terrain to be flooded. The study has been carried out for the future bed area of Nizhneboguchanskoe Reservoir on the Angara River planned to be flooded in 2022.

Since the region is difficult to access, the possibilities of its systematic hydrological, geo-morphological, ecological and geographical surveys are limited. The lack of field observation data makes it difficult to establish the relationships between the ecosystem components and the future reservoir in full measure. Therefore it is necessary to attract additional sources of information, especially remote sensing and mapping, to assess the impact of the reservoir on the territory transformation.

The study was performed using Map 2011 GIS for creating and editing of digital maps, remote sensing data processing, obtaining synthesized images for updating topographic maps and detailed elaboration of their content as well as identification of areas with direct and indirect effect of the reservoir on natural and social objects. The areas of the objects to be flooded were estimated. Digital topographic 1:1000000, 1:200000, and 1:50000 scale maps of and also Landsat-7 and IKONOS satellite 2014 data were used as source materials.

The obtained results, considered as an initial contribution to the monitoring database of the planned reservoir, contain information on the condition of natural-territorial complexes in the zone to be flooded and can be used in the future to study their transformation at different stages of reservoir formation.

Keywords: remote sensing methods, mapping, reservoir, monitoring, ecological condition, flooding zone, zone of influence

Accepted: 14.02.2017

DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-2-195-205

References

1. *Vodokhranilishcha i ikh vozdeystvie na okruzhayushchuyu sredu* (Reservoirs and Their Impact on Environment), Moscow: Nauka, 1986, 368 p.
2. <http://www.lengaes.rushydro.ru/file/main/tidalmezen/company/>.
3. Gogolev E.S., K voprosu izmeneniya rel'efa lozha i beregov severnykh vodokhranilishch (On the question of changing bed relief and the coasts of the northern reservoirs). *Problemy inzhenerno-geologicheskikh izyskaniy v kriolitozone*, Magadan: Kolyma Newspaper Publ., 1989, pp. 267–268.
4. *Gosudarstvennyy doklad o sostoyanii i okhrane okruzhayushchey sredy v Krasnoyarskom krae v 2013 godu* (State Report on condition and protection of the environment in the Krasnoyarsk Territory in 2013), Krasnoyarsk: Ministry of Natural Resources and Ecology of Krasnoyarsky Krai, 2014, 282 p.
5. Karpenko L.V., Karpenko V.D., Prognoz ekologicheskikh posledstviy zatopeniya bolot pri sozdaniy Boguchanskogo vodokhranilishcha (Forecast of the environmental consequences of flooding swamps when creating Boguchansky reservoir), *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2008, No. 3, pp. 189–193.
6. Kurbatova I.E., Ecologicheskaya ekspertiza krupnykh vodokhozyaystvennykh ob'ektov: kartograficheskiy aspekt (Environmental impact expertise of large water objects: a cartographic aspect), *Gosudarstvennoe upravlenie v XXI veke* (State Management in XXI cent.), Proc. 13th Int. Conf., Moscow: Publisher House KDU, 2016, pp. 61–69.
7. *Problemy gidrotekhnicheskogo stroitel'stva v kriolitozone: osobennosti, kriogennye protsessy, monitoring, prognozirovaniye. Otchet* (Problems of hydro-technical construction in permafrost: features, cryogenic processes, monitoring, forecasting. Tech. Report), P.I. Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, 2009, available at: <http://refdb.ru/look/1578670-pall.html>.