

О применении спутниковых данных для гидрологических целей

Усачев В. Ф., Прокачева В. Г. Государственный гидрологический институт

Спутниковая информация обладает разнообразным пространственным осреднением и обзорностью, что обеспечивает оценку гидрологической ситуации по территории и дополняет существующую систему наблюдений на гидрологической сети. Экспериментальный характер спутниковых наблюдений, эпизодичность съёмок, косвенный характер получаемых гидрологических параметров, значительные погрешности их определения, высокая стоимость самой спутниковой информации - сдерживают в настоящее время широкое применение спутниковой информации при гидрологическом использовании. Вместе с тем, единственной возможностью для повышения эффективности прикладных гидрологических выводов в настоящее время, в условиях антропогенного изменения природной среды, является совместное применение спутниковых, наземных данных и различных видов карт, что наилучшим образом объединяется в географических информационных системах (ГИС).

Начальный этап выяснения возможностей применения спутниковых съёмок в гидрологии завершился разработкой методик и технологий гидрологического дешифрирования снимков, и теперь основная цель - использовать результаты дешифрирования в расчетах и прогнозах речного стока для обеспечения прикладных гидрологических задач. В своей работе гидрологи используют весь существующий арсенал космической информации. Тем не менее, предпочтение отдается наиболее привычным для восприятия материалам - снимкам в видимой и ближней инфракрасной области спектра. Космическая информация может широко использоваться при оценке водных ресурсов и их управлении, в анализе влияния хозяйственной деятельности, при гидроэкологическом мониторинге и в моделировании гидрологических процессов.

Можно выделить основные звенья в цепочке взаимосвязей между необработанной космической информацией и запросами потребителей гидрологической информации: дешифрирование снимков - оценка гидрологических характеристик – включение их в диагностические и прогностические модели – выражение результатов в пригодной для прикладного использования форме. Выделенные взаимосвязи свидетельствуют о

многоплановом характере использования разной космической информации для получения гидрологических характеристик одного вида, что зависит в основном от размера водосбора и применяемых методов дешифрирования и обработки спутниковой информации. Для быстро изменяющихся во времени гидрологических характеристик используются спутниковые телевизионные снимки, а для медленно изменяющихся - материалы космического фотографирования. Полученные таким образом гидрологические характеристики могут использоваться в решении различных гидрологических задач и те же результаты бывают пригодными для разных потребителей.

К настоящему времени сформировались следующие направления использования спутниковых съемок в гидрологии: оценка ледового режима озер, расчет снегозапасов на горных водосборах, мониторинг наводнений на поймах больших рек, оценка загрязненных земель на водосборных территориях, уточнение гидрографических характеристик водных объектов.

При оценке ледового режима озер многолетние данные о сезонной изменчивости количества льда на озерах определяются в результате анализа картосхем ледовой обстановки, построенных по данным аэровизуальных наблюдений и спутниковых съемок (рис. 1).

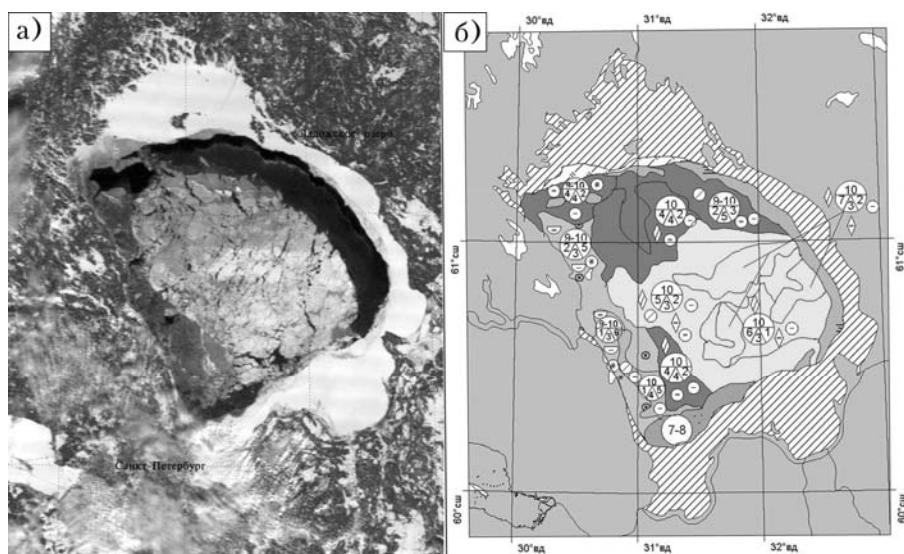


Рис 1 Ледовая обстановка на Ладожском озере 20.04.2004 г.

- снимок с ИСЗ «Терра» (а) и картограмма (б)

На основе космических снимков разработана имитационная модель динамики ледовой обстановки на Ладожском озере. Модель позволяет рассчитать ледовую ситуацию на озере исходя из предшествующего снимка и прогноза метеорологических элементов на будущее. Упомянутая имитационная модель способна учитывать всякую дополнительную информацию при автоматизированном дешифрировании снимка.

Для определения снегозапасов на горном водосборе за прошлые годы используются регулярные спутниковые съемки, по которым восстанавливается последовательный ход снеговой линии в горах при снеготаянии (рис. 2).

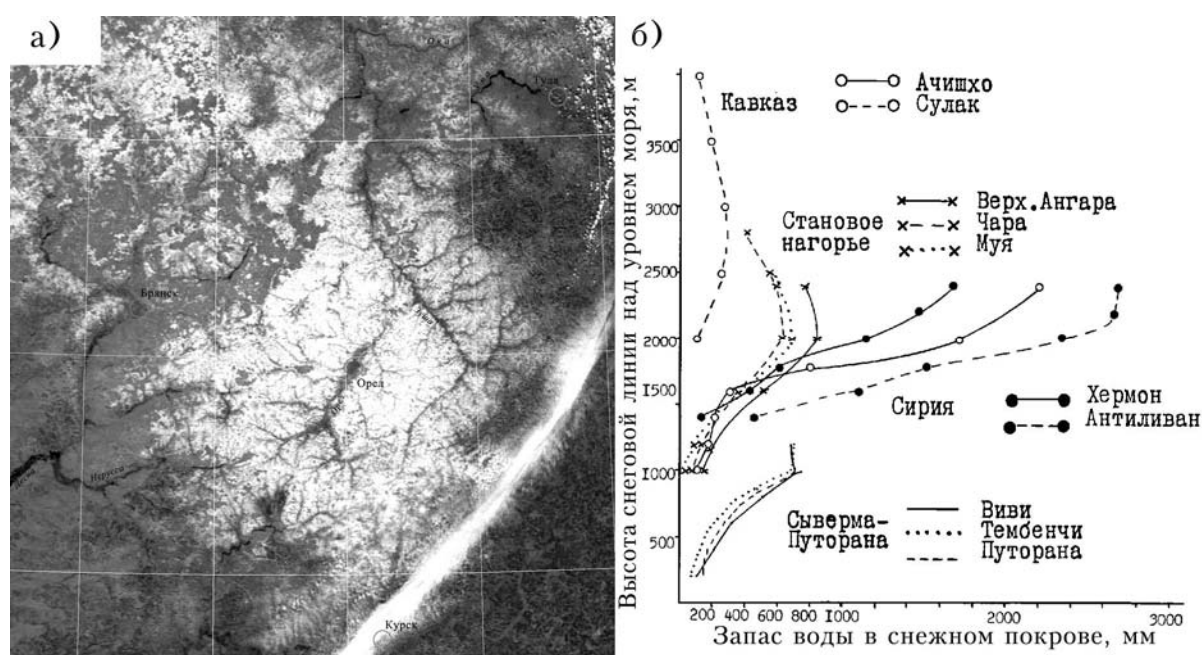


Рис. 2 Снежный покров на водосборе реки Оки 14.04.2004 г. - ИСЗ «Тerra» (а), изменение запаса воды в снежном покрове с высотой для некоторых горных водосборов (б)

Запасы воды в снежном покрове рассчитываются «методом теплового проявления» через температуру воздуха и коэффициент стаивания. Результаты таких расчетов (по ряду лет для некоторых горных регионов и речных водосборов) показали перспективность этого направления использования спутниковой информации, особенно в условиях малообжитых и труднодоступных районов. По итогам расчетов становятся явными закономерности высотного распределения снегозапасов. Они представляют справочные материалы и дают сведения о высотных градиентах твердых осадков в горах.

Мониторинг наводнений в поймах больших рек (рис. 3) невозможен только на основе наземной информации об уровнях и расходах воды. Космическая информация позволяет получить картосхемы разливов и определить площади затопляемых земель.

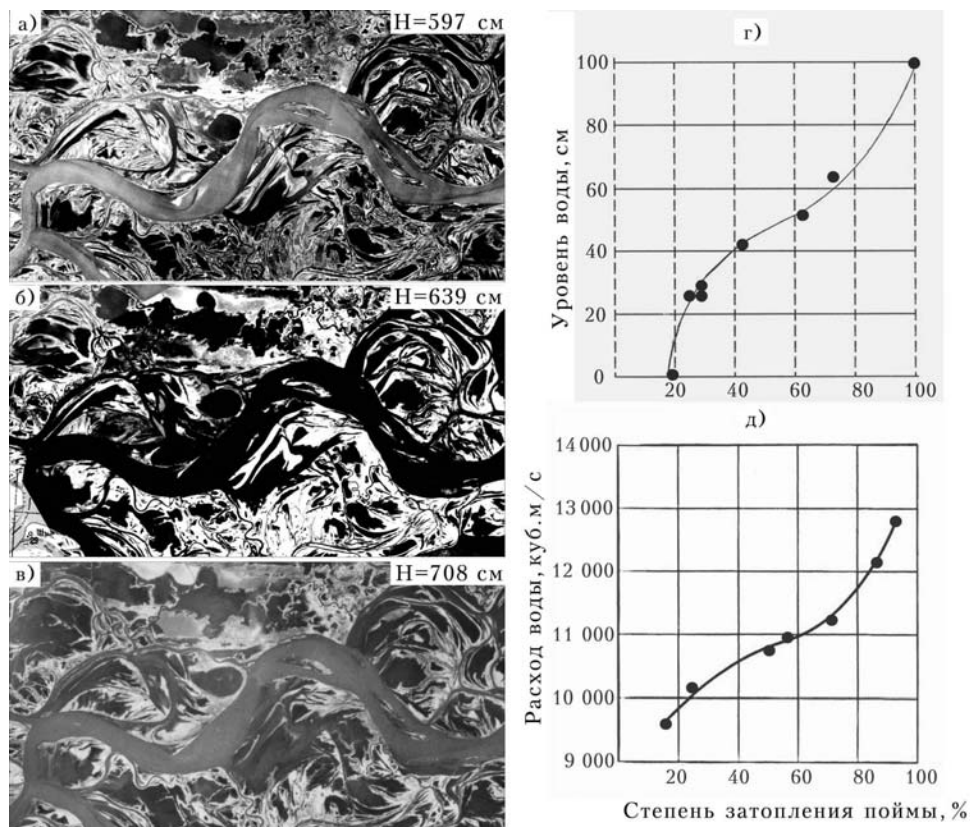


Рис 3 Изображения участка поймы Оби при разных значениях уровня воды (а, б, в), связь площади пойменных разливов с уровнем и расходом воды (б)

Проведен комплекс наземных и аэрофотосъемочных работ в поймах рек Обь, Волга, Енисей. На этой основе разработана технология картографирования разливов. Установленные корреляции уровня воды с объемами и площадями разливов на пойме позволили восстановить многолетние ряды этих характеристик и получить справочные данные для конкретных пойменных участков.

Оценка загрязненности снежного покрова в сфере влияния городов занимает особое место среди современных направлений использования спутниковых съемок, поскольку дает информацию не только для гидрологии, но и для экологии. На основе полевых экспериментов и экспедиционных обследований выяснены параметры связей яркости изображения с количеством твердых загрязнителей в снегу, изучен характер изменения

этих связей во времени и по территории. Теоретически обоснована возможность определения по снимкам нескольких контуров (2, 4, 10 кратных) загрязненности снега относительно фоновых значений. По снимкам картографированы хронически загрязняемые земли для бассейнов всех рек России, в том числе и расположенных на территориях соседних государств - в Украине, Белоруссии, Казахстане, Эстонии, Латвии, Литве, Китае, Монголии, Финляндии (рис.4).

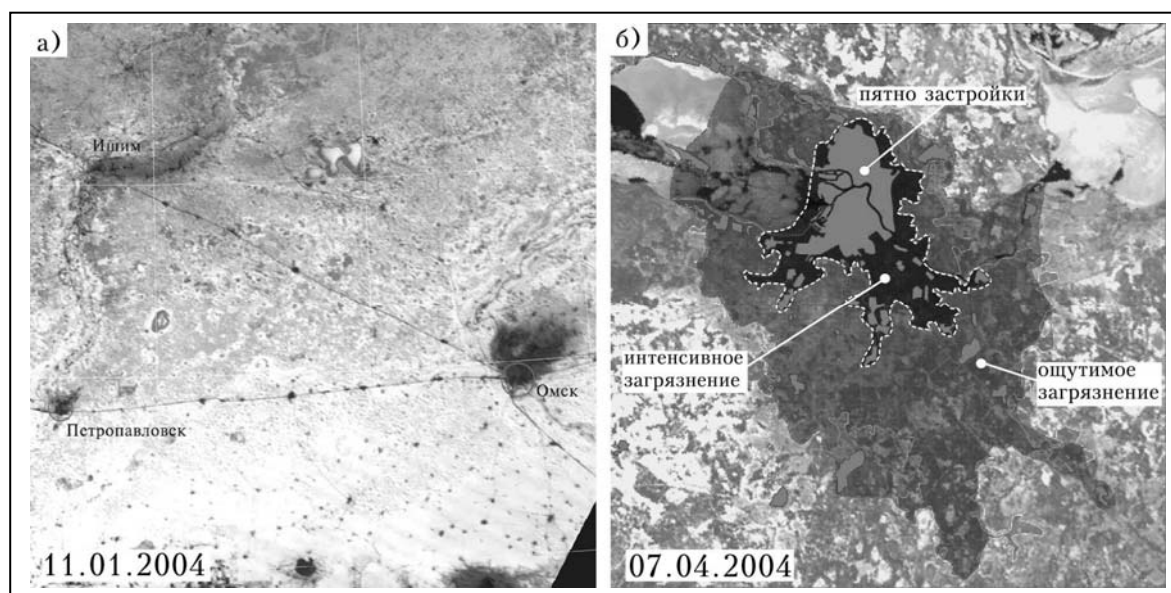


Рис.4 Изображение на снимках с ИСЗ «Терра» (а) городских ореолов и дорог Иртышско - Ишимского междуречья, (б) результат выделения зон загрязнения земной поверхности в сфере влияния С-Петербурга

Перспективы применения спутниковых данных в гидрологии зависят от исходной космической информации и от методов ее дешифрирования. Необходима стратегия формирования единого банка однородной цифровой космической информации на основе уже имеющихся спутниковых съемок («внутренние резервы») и более широкого использования многоканальной цифровой спутниковой информации в дальнейшем.

В качестве пожеланий к стратегии космических съемок для гидрологии можно отметить следующее. 1. Нужны многолетние и однородные ряды данных, что накладывает требования на продолжительность и регулярность съемок, сопоставимые технологии обработки данных и консервативные способы сохранения информации при ее надежной архивации. 2. Охват съемками всей территории России. 3. Учащенные космические съемки в переходные периоды (весной и осенью). 4. Улучшение качества и повышение разрешающей способности съемок в тепловом инфракрасном и микроволновом диапазонах, а также радиолокационных съемок, которые должны быть

нацелены не только на океан, но и на земную поверхность. 5. Повышение точности космической информации в полосах поглощения углекислого газа (CO_2), кислорода (O_2 , O_3) и водяного пара (H_2O) и представление результатов в виде температурных или влажностных профилей (или полей) атмосферы с надежной привязкой во времени и пространстве. 6. Необходимо начать разработки спутниковых систем сбора гидрометеорологической информации с наземной сети дистанционных датчиков в связи с сокращением традиционной сети гидрометрических наблюдений.

Второй и не менее значимый источник перспектив применения спутниковых данных в гидрологии связан с совершенствованием методов дешифрирования и обработки исходных спутниковых данных для целей более точного определения гидрологических характеристик. Здесь имеют место два аспекта: 1 - совершенствование самих методов дешифрирования и обработки спутниковой информации, 2 - привлечение дополнительной информации (наземной, картографической и т.д.) для повышения эффективности определения гидрологических характеристик. К перспективным способам дешифрирования можно отнести методы многомерной классификации информации в нескольких спектральных диапазонах, фрактальный и дискриминантный анализ, спектрально-корреляционные методы, кластерный анализ, интерактивная сегментация изображений, различные методы фильтрации, сглаживания, декомпозиции. Основное назначение любого метода обработки информации состоит в том, чтобы он мог адекватно и эффективно выделить на космическом снимке области изучаемого гидрологического объекта или явления. Поэтому очевидно, что алгоритм применяемого метода должен зависеть как от используемой спутниковой информации, так и от свойств изучаемого гидрологического объекта или явления. Основным критерием адекватности и эффективности любого метода дешифрирования является сопоставление полученных результатов с результатами наземных измерений или данными аэрофотосъемки. Привлечение дополнительной информации с данными наземных наблюдений, различных видов карт также позволяет повысить степень эффективности определения гидрографических характеристик. В настоящее время подобное объединение различной информации проводится на едином географическом пространстве - ГИС. Вместе с тем каждая ГИС имеет также и аналитические средства для работы с любой координатно-привязанной информацией для решения конкретных прикладных задач. Спутниковая информация является неотъемлемой частью ГИС, т.к.

она имеет пространственную распределенность и представляет собой интегральный композиционный образ земной поверхности в конкретный момент времени.

Рекомендуемая литература:

1. Временные методические рекомендации по использованию спутниковой информации в оперативной практике. Картирование снежного покрова. - Л.: Гидрометеиздат, 1980. -78 с.
2. Временные методические рекомендации по использованию спутниковой информации. Оценка загрязнения снежного покрова вблизи промышленных центров. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. -46 с.
3. Временные методические рекомендации по использованию спутниковой информации. Оценка затоплений речных пойм. - Л.: Гидрометеиздат, 1982. -48с.
4. Методические рекомендации по использованию спутниковой информации для оценки ледовой обстановки на реках, водохранилищах и озерах. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. -94 с.
5. Прокачева В. Г., Усачев В. Ф. Снежный покров в сфере влияния города. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. -192 с.
6. Прокачева В. Г., Усачев В. Ф. Загрязненные земли в регионах России. Гидрографический аспект. (Справочные данные) - СПб.: «Недра», 2004 – 104 с.
7. Усачев В.Ф., Прокачева В.Г., Бородулин В.В. Оценка динамики озерных льдов, снежного покрова и речных разливов дистанционными средствами. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. -104 с.
8. Prokacheva V. G., Usachev V. F. The use of satellite information in operational hydrology. - In.: Remote sensing application in hydrology and water resources. - Bratislava. IHP - Unesco, 1986, p. 70-83.
9. Usachev V.F. Monitoring of Russian Rivers. The Role of Remote Sensing for Flood Control. – The Worldwide Magazine for Geomatics. GIM International, august 2003, vol. 17, pp. 34-37.
10. Usachev, V. Asmus, A. Volkov, V. Prokaheva. Satellite Monitoring of Floods as a Part of the Early Warning System. In: Early Warning Systems for Natural Disaster Reduction. – Berlin, Heidelberg, New York: Springer – Verlag, 2003, pp. 241-245