



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра гидрометрии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

Выполнил: ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА В ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Выполнил:

Зорина Алиса Андреевна

Руководитель:

к.г.н., доцент

Исаев Дмитрий Игоревич

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

к.г.н., доцент

Исаев Дмитрий Игоревич

21.06 2016 г.

Санкт-Петербург
2016



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра гидрометрии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Применение БПЛА в гидрологической практике**

Исполнитель _____ Зорина Алиса Андреевна

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____ кандидат географических наук

(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат географических наук

(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич

(фамилия, имя, отчество)

« ___ » _____ 20__ г.

Санкт–Петербург

2016

ВВЕДЕНИЕ

Изображения Земли, полученные с воздуха, дают колоссальные возможности для исследования процессов, происходящих на планете; для решения проблем комплексного мониторинга, изучения, освоения и рационального использования природных ресурсов. Космические снимки являются самыми достоверными источниками информации для проектов глобального изучения Земли, позволяют выполнять измерения быстрее и экономичнее по сравнению с авиационными и наземными измерениями. Для арктических регионов спутниковые исследования Земли являются основными, а в ряде случаев единственно возможными методами наблюдений за состоянием покрова Земли.

Все шире космическая информация применяется федеральными и местными администрациями для планирования экономики, управления территориями, оценки последствий природных и техногенных катастроф. Например, вовремя заметить появление ледового затора на реке можно, только имея последовательность снимков этого участка. Таким образом, система оперативного получения изображений Земли должна работать повсеместно, обеспечивая технологически простой, экономически оправданный и быстрый доступ к данным - серии изображений одной и той же территории.

Стоит заметить, что актуальность развития методик применения дистанционной радиоуправляемой техники вызывает большой интерес в гидрометрии. Преимущество аэрофотосъемки очевидно, можно за короткое время охватить большую территорию. Под аэрометодами подразумевается совокупность методов исследований земной поверхности и верхнего слоя земной коры, проводимых с самолетов, вертолетов.

Аэрометоды включают аэровизуальные наблюдения, измерения расходов воды, аэрофотосъемку с последующим дешифрированием и изучением снимков и инструментальную аэроразведку. В отдельных случаях применение их наиболее эффективно, особенно в труднодоступных районах, на больших реках, а также при выполнении некоторых работ, например, при наблюдениях за весенним вскрытием

и ледоходом, перекрытиях больших рек при строительстве гидроузлов, при измерениях расходов воды во время паводков и в других случаях.

Целью настоящей работы является изучение современных возможностей систем дистанционного зондирования Земли для нужд гидрологии. Рассмотрены основные физические предпосылки дистанционного зондирования, выполнен обзор доступных технических средств наблюдения и приема информации. Определены основные задачи гидрологических исследований и намечены наиболее перспективные направления для их решения. Приведены имеющиеся ограничения на использование дистанционных методов в гидрологии.

1 ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИСТАНЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ.

В основе микроволнового исследования атмосферы с помощью искусственных спутников земли лежит способность всех тел в природе излучать и поглощать энергию. С изменением температуры земной поверхности, её влажности, наличия на ней воды, снега, осадков, количества растворенной в воде соли и других показателей её состояния изменяются тепловые потоки, исходящие от земной поверхности. Измеряя тепловые потоки высокочувствительной аппаратурой, работающей в диапазоне микроволн, можно судить о многих процессах, происходящих на поверхности океана, суши, в облаках и в атмосфере. Измерение теплового радиоизлучения над малоосвещенными участками земного шара, например над океанами, позволяет определить наличие и мощность облачного покрова, обнаружить зоны выпадения осадков и оценить интенсивность последних. Это связано со способностью капельно-жидкой воды, содержащейся в облаках и осадках, активно поглощать радиоизлучение с длиной волны меньше 1 см. Таким образом, по интенсивности фиксируемого спутником излучения можно судить о состоянии погоды над поверхностью океана, лишенной других средств метеорологических наблюдений требуемой полноты.

В основе этого метода лежит то важное обстоятельство, что все естественные и искусственные земные образования испускают электромагнитные волны, содержащие как собственное излучение элементов суши, океана, атмосферы, так и отраженное от них солнечное излучение. Установлено, что величина и характер идущих от них электромагнитных колебаний существенно зависят от вида, строения и состояния (от геометрических, физических и иных характеристик) излучаемого объекта.

Эти-то различия в электромагнитном излучении земных различных образований и позволяют применять метод дистанционного зондирования для изучения Земли из космоса.

Чтобы достигнуть чувствительных элементов приемных устройств, установленных на космическом аппарате электромагнитные колебания, идущие с Земли, должны пронизывать всю толщу земной атмосферы. Однако атмосфера

пропускает далеко не всю электромагнитную энергию, излучаемую с Земли. Немалая часть её, отражаясь, возвращается на Землю, а некоторое количество рассеивается и поглощается. При этом атмосфера не безразлична к электромагнитным излучениям различной длины волны. Одни колебания она пропускает сравнительно свободно, образуя для них «окна прозрачности», другие - почти полностью задерживает, отражая, рассеивая и поглощая их.

Поглощение и рассеяние электромагнитных волн атмосферой обусловлены ее газовым составом и аэрозольными частицами, и в зависимости от состояния атмосферы она действует на излучение с Земли неодинаково. Поэтому на приемное устройство космического аппарата может дойти только та часть электромагнитного излучения от исследуемых объектов, которая способна пройти сквозь атмосферу. Если влияние ее велико, то возникают существенные изменения в спектральном, угловом и пространственном, распределении излучения.

Почти всегда на излучение, идущее от земных образований, накладывается атмосферный он, который искажает структуру электромагнитных волн, нанося определенную информацию о земной атмосфере, может служить ее оценке в зависимости от различных факторов.

Значение степени и характера влияния атмосферы, на происхождение сквозь нее электромагнитного излучения с Земли для излучения природных ресурсов из космоса весьма существенно. Особенно важно знать влияние атмосферы на прохождение электромагнитных волн при изучении слабо излучающих и плохо отражающих земных образований, когда атмосфера может почти полностью подавить или исказить сигналы, характеризующие исследуемые объекты.

Установлено, что сквозь атмосферу хорошо проходят, свободно достигая приемных устройств космических аппаратов, электромагнитные излучения в таких диапазонах волн:

Видимый и ближний инфракрасный диапазон	0,375 - 2,5 мкм
Промежуточный инфракрасный диапазон	3-6 мкм
Тепловой инфракрасный диапазон	8-13 мкм
Сверхвысокочастотный диапазон	0,5 - 4 см

При работе в видимом диапазоне наиболее благоприятны время и условия, когда поглощающее и искажающее влияние атмосферы минимально: светлое время суток, при возвышении угла Солнца над горизонтом 15 - 35, при невысокой влажности, небольшой облачности, значительной прозрачности и малой аэрозольности атмосферы.

Спектральный состав и интенсивность электромагнитных излучений земных различных образований определяются их абсолютной температурой, характером поверхности и физикохимическими свойствами.

Какие характеристики космических снимков в первую очередь определяют их востребованность в современных российских условиях?

Объективность. Каждый космический снимок является документом. Он объективно отражает состояние местности на момент съёмки.

Актуальность. Материалы космической съёмки можно получить на различные даты. Как правило, давность архивных снимков среднего разрешения (примерно, масштаба 1:25 000) на лесные районы России не превышает 1-2 года. Съёмка по заказу со средним или высоким разрешением обычно осуществима в течение нескольких недель.

Таблица. 1. Примерное соответствие между пространственным разрешением (размером пикселя) космических снимков и масштабом географической карты

Разрешение, м	Масштаб карты
2	10 000
6	25 000
23	100 000
55	250 000
250	500 000

Масштабность. Современная съёмка в обзорных масштабах позволяет одновременно снять огромные территории с довольно высокой детализацией. Так, размер одного кадра нового спутника 1К8-Р6 составляет 740x740 км. Этот кадр покрывает почти половину севера европейской России.

Экстерриториальность. Участки съёмки никак не привязаны к государственным или административным границам; для проведения съёмки не требуются какие-либо разрешения. Всё это позволяет получать унифицированные данные по состоянию в субъектах федерации, «по ту» и «по эту» сторону границ. *Доступность.* Это, пожалуй, наиболее важная причина активного использования космических снимков в последние годы. (Во времена СССР снимки были доступны лишь узкому кругу закрытых организаций). В настоящее время все материалы космической съёмки с пространственным разрешением 2 м и более являются совершенно открытыми.

Дистанционные методы в решении задач.

Крупнейшие мировые державы пришли к пониманию необходимости дистанционного мониторинга несколько лет назад. Российское отставание в этой области небольшое и касается, главным образом, государственной информационной политики. В Швеции и Финляндии съёмка всей территории страны со средним пространственным разрешением (10-30 м) осуществляется ежегодно за счёт госбюджета. Особенно это актуально для России, учитывая масштабы её территории. Однако в связи с отсутствием госзаказа на съёмку работы, в основном, не выходили за рамки научно-экспериментальных. Ситуация стала меняться в начале 2005 года, когда началось внедрение космической съёмки в практику мониторинга земной поверхности. Переход к регулярной космической съёмке России со средним и высоким разрешением позволит на новом уровне решать многие из задач гидрологии.

В самом начале развёртывания системы космического мониторинга России существовали серьёзные проблемы, связанные с мифами. Перечислю три основных мифа:

- съёмка территории России постоянно осуществляется большим числом российских и зарубежных спутников;
- материалы съёмки бесплатно можно скачать в интернете;
- при платном заказе снимков их можно быстро получить на любую заказанную дату и на любую территорию в течение нескольких дней.

Все эти мифы имеют в своей основе что-то реальное, но в целом, далеки от действительности. Так, регулярную съёмку территории России действительно производят несколько спутников, но это - спутники с низким пространственным разрешением (250 м и более). Для решения некоторых задач гидрологии столь низкое разрешение неприемлемо. Никакие операторы спутников не ведут в настоящее время сплошную съёмку территории России в среднем и высоком разрешении. Такая съёмка осуществляется на заказ, поэтому данные из архивов фрагментарны во времени и в пространстве. В прошлом относительно регулярную съёмку России со средним разрешением осуществляли американские спутники серии БАПБЗА*, однако в 2003г. последний спутник серии практически вышел из строя. Эффективной заменой БАПБЗА1: во многих странах (в том числе - в Скандинавии) стали снимки французских спутников серии SPOT, а также снимки индийских спутников IK8. Однако съёмка России с этих спутников также проводится на заказ. Кроме того, возможность и эффективность съёмки России этими спутниками во многом определяется наземной инфраструктурой (а проще - наличием или отсутствием станций приёма космической информации в зоне прямой видимости).

В связи с этим очевидно несостоятельными выглядели представления о возможности быстрой закупки необходимых данных в зарубежных архивах. Что касается бесплатных

данных в интернете (включая и новый проект Open Earth), то речь идёт только о мелких рекламных фрагментах или о снимках значительной давности (более 3 лет).

Составляющие системы космического мониторинга Необходимыми компонентами системы космического мониторинга являются:

- система наземных станций приема информации, охватывающая всю страну;
- наличие актуальных лицензий на приём информации с космических аппаратов;
- центры обработки информации и работы с архивами;
- специализированное программное обеспечение для обработки снимков.

Большой опыт комплексного решения задач дистанционного зондирования буквально в последние годы накапливается сразу несколькими российской компаниями включая, полный цикл организации работ: производство наземных станций разного класса, покупку лицензий и прямой приём информации с космических аппаратов, создание архивов космической съёмки, разработку программного обеспечения для обработки снимков. Наземные станции (аппаратно-программные комплексы) производства «СканЭкс» в настоящее время составляют основу российского парка станций. В настоящее время приём информации с нужных спутников осуществляют порядка пяти станции. Остальные станции МПР в последние годы практически не финансировались, и, по сути, прекратили работу. Кроме того, для приёма данных среднего и высокого разрешения эти станции необходимо модернизировать.

Второй составляющей системы мониторинга является наличие актуальных лицензий на приём информации с зарубежных космических аппаратов (при отсутствии в настоящее время необходимых российских спутников). К 2007 г. Российские центры располагают лицензиями на прямой приём информации (для всей территории России) с космических аппаратов IRS-1C/ 1D, IPS-P6, SPOT-4 а также со спутников EROS-A и Radarsat-1. Очевидно, однако, что финансовое обеспечение систематической съёмки всей России может быть обеспечено только силами государства или широкого государственно-частного партнерства - такая задача не по силам отдельной небольшой компании.

Эксплуатация сети наземных станций и наличие актуальных лицензий позволили создать крупнейший в России архив космических снимков, доступный для заказов по интернету (более 96000 сцен). Разработан ряд программных продуктов по обработке снимков - ScanMagic, ScanEx Image Processor, ScanEx и SAR Processor.

Указанные продукты позволяют производить углублённую тематическую обработку изображений, создавать карты, модели, экспортировать данные в распространённые ГИС.

2 ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ГИДРОЛОГИИ РЕШАЕМЫЕ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ.

Выделим основные задачи гидрологических исследований, которые принципиально возможно решить

1. Гидрография рек
 - 1.1 Выделение речной сети
 - 1.2 Определение характерного рисунка речной сети ЕЗ. Выделение ложбин стока и лощин
 - 1.3 Выделение водоразделов речных систем (оконтуривание речных бассейнов)
 - 1.4 Определение типа реки по источнику питания
 - 1.5 Выделение и типизация приустьевых участков (дельта, эстуарий) и его элементов
 - 1.6 Выявление слепых устьев рек (висячих дельт)
2. Гидрография озер
 - 2.1 Выделение озер
 - 2.2 Определение типа озера по характеру водообмена (сточные, бессточные, проточные, временно сточные и др.)
 - 2.3 Определение генетического типа озерной котловины
 - 2.4 Различение пресных и минеральных (соленых) озер
 - 2.5 Определение типа минеральных озер (самосадочные, сухие и др.)
 - 2.6 Выявление основных частей озер и водохранилищ и их элементов (береговой склон, побережье, береговая отмель)
 - 2.7 Определение линии уреза воды озер и водохранилищ
 - 2.8 Выделение прибрежной растительности и определение степени зарастания и фазы зарастания озер и водохранилищ
 - 2.9 Выявление цветения озер и водохранилищ
3. Русловые процессы рек
 - 3.1 Выявление элементов строения пойм крупных рек (излучины, меандры, фурки, старицы и др.)

- 3.2 Выделение и типизация русла реки (фуркирующее, меандрирующее и др.)
- 3.3 Определение типа меандрирования русла
- 3.4 Выявление и типизация крупных русловых форм и их элементов (гряды, перекапы, плесы, затоны и др.)
- 3.5 Выявление структуры молодых пойменных образований (острова, отмели, косы, отмостки, бичевники и др.)
- 3.6 Определение типа руслового процесса
- 3.7 Определение распределения мутности по руслу реки
- 3.8 Выявление взвеси твердого стока рек в устье рек и ее распределение
- 4. Гидрометрия рек и озер
 - 4.1 Определение коэффициента извилистости реки
 - 4.2 Определение густоты речной сети
 - 4.3 Определение длины и изрезанности береговой линии озер и водохранилищ
 - 4.4 Определение температуры водной поверхности крупных водоемов
- 5. Оценка ледовой обстановки морей, озер, рек и водохранилищ
 - 5.1 Установление возраста льдов и определение возрастного состава льдов в зоне
 - 5.2 Выявление начальных видов льдов
 - 5.3 Выявление форм неподвижного льда (припай, подошва припая, лед на берегу, стамуха и др.)
 - 5.4 Выявление и оценка пространств чистой воды среди льда (разводье, полынья, промоина и др.)
 - 5.5 Выявление и оценка дрейфующих льдов (ледовитость, сплоченность и др.)
 - 5.6 Определение характеристик ледяной поверхности (торосистость, заснеженность, загрязненность льда и др.)
 - 5.7 Оценка стадии таяния льдов
 - 5.8 Выявление неравномерности схода льда на реках (вскрытия).

5.9 Выявление ледовых заторов на реках, участков русла с течением воды
поверх льда и др.

6. Паводки и наводнения

6.1 Выявление границ затопленных территорий

6.2 Выявление границ зон затопления

6.3 Выявление причин затопления поймы (ледовых заторов, заломов и др.)

7. Снежный покров

7.1 Выявление границ областей устойчивого снежного покрова

7.2 Определение состояния снега

7.3 Выявление границы схода снежного покрова

8. Ледники

8.1 Выявление и типизация ледников

8.2 Выявление области питания и стока ледника

8.3 Выявление поверхностных и боковых морен ледника

Наименование задачи	Тематическая карта (схема)	Картируемые слои	Уровень и масштаб, тыс.	Разрешение, м	Спектр. диап. зоны, мкм	Съемочный прибор	Сезон съемки	Освоенность технологии решения
1. Выделение речной сети	Топографическая, гидрографическая, речного и поверхностного стока и др.	Речная сеть	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50; Дет-10	170-500; 30; 5-15; 1	0.4-1.1 3.5-70см	МОБ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Ы188-Ш; А8ТЕК; РА1Ч; 1К0Т408; ЮШАК8АТ	Бесснежный	Опытная
2. Определение характерного рисунка речной сети	Топографическая, гидрографическая, речного и поверхностного стока и др.	Речная сеть	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50;	170-500; 30; 5-15;	0.4-1.1	МСЮ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Ы188-Ш; А8ТЕК; РАТ4;	Бесснежный	Опытная
3. Выделение ложбин стока и ложин	Гидрографическая	Элементы речной сети	Осн-200; Дет-50; Дет-10;	30; 5-15; 1	0.4-1.1 1.55-1.75;	МСУ-Э; ЕТМ+; Ы188-Ш; А8ТЕК; РАИ; 1КОКЮ8	Бесснежный	Опытная
4. Выделение речной долины и ее элементов (бровка, склон, дно, пойма, террасы и др.)	Геоморфологическая и др.	Речные долины и их элементы	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50; Дет-10	170-500; 30; 5-15; 1	0.4-1.1	МОЭ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Ы188-Ш; А8ТЕК; РАЫ; 1КОШ8		Опытная
5. Выделение водоразделов речных систем (оконтуривание речных бассейнов)	Земель водного фонда, речных бассейнов и др.	Границы участков типов земель водного фонда, уточненные границы бассейнов рек и водных объектов	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50	170-500; 30; 5-15;	0.4-1.1	МОЭ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Ы188-Ш;		Опытная
6. Определение типа реки по источнику питания	Гидрологического районирования	Реки различных типов питания	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50	170-500; 30; 5-15;	0.4-1.1	МОЭ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Ы188-Ш; А8ТЕК	Бесснежный	Подходы
7. Выделение и типизация приустьев	Геоморфологическая и др.	Дельты, эстуарии и др.	Обз-Ю000; Осн-200;	170-500; 30; 5-15;	0.4-1.1	МОЭ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+;	Бесснежный	Подходы

Наименование задачи	Тематическая карта (схема)	Картируемые слои	Уровень и масштаб, тыс.	Разрешение, м	Спектр. диап. зоны, мкм	Съемочный прибор	Сезон съемки	Освоенность технологии решения
тьевых участков (дельта, эстуарий) и его элементов			Дет-50			П88-1П; А8ТЕЯ		
8. Выявление слепых устьев рек (висячих дельт)	Гидрографическая, геоморфологическая и др.	Слепые устья рек	Осн-200; Дет-50	30; 5-15	0.4-1.1	МСУ-Э; ЕТМ+; Е188-Ш; А8ТЕЯ; РАИ	Бесснежный	Подходы
9. Выделение озер	Топографическая и ДР-	Озера	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50	170-500; 30; 5-15	0.7-1.1	МСУ-Э; ЕТМ+; Е188-ИИ; А8ТЕЯ	Бесснежный	Опытная
10. Определение типа озера по характеру водообмена (сточные, бессточные, проточные, временно сточные и др.)	Гидрографическая, речного и поверхностного стока (водобалансовая) и др.	Озера различных типов	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50;	170-500; 3040; 5-15;	0.4-1.1	МСЮ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Е188-Ш; А8ТЕЯ; РАМ	Бесснежный	Опытная
11. Определение генетического типа озерной котловины	Гидрографическая, речного и поверхностного стока (водобалансовая) и др.	Озерные котловины разных генетических типов	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50	170-500; 30; 15	0.4-1.1	МОЭ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Е188-Ш; А8ТЕЯ	Бесснежный	Подходы
12. Различение пресных и минеральных (соленых) озер	Гидрографическая, речного и поверхностного стока (водобалансовая) и др.	Озера пресные и минеральные (соленые)	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50	170-500; 30; 15	0.4-0.6	МОЭ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Б188-Ш; А8ТЕЯ	Бесснежный	Подходы
13. Определение типа минеральных озер (самосадочные, сухие и др.)	Гидрографическая, речного и поверхностного стока (водобалансовая) и др.	Минеральные озера разных типов	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50	170-500; 30; 5-15	0.4-0.6	МСЮ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Е188-Ш; А8ТЕЯ	Бесснежный	Отсутств.

Наименование задачи	Тематическая карта (схема)	Картируемые слои	Уровень и масштаб, тыс.	Разрешение, м	Спектр. диап. зоны, мкм	Съемочный прибор	Сезон съемки	Освоенность технологии решения
14. Выявление основных частей озер и водохранилищ и их элементов (береговой склон, побережье, береговая отмель)	Геоморфологическая и др.	Береговой склон, побережье, береговая отмель и др.	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50	170-500; 3040; 5-15	0.4-1.1	МСЮ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Ы88-111; А8ТЕК	Бесснежный	Подходы
15. Определение линии уреза воды озер и водохранилищ	Гидрографическая, речного и поверхностного стока (водобалансовая) и др.	Линия уреза воды	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50; Дет-10	170-500; 3040; 5-15; 1	0.7-1.1	МОБ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Ы88-Ш; А8ТЕК; 1КСЖ08	Бесснежный	Опытная
16. Выделение прибрежной растительности и определение степени зарастания и фазы зарастания озер и водохранилищ	Санитарного состояния водоемов	Зарастающие участки озер и водохранилищ	Осн-200; Дет-50; Дет-10	30; 5-15; 1	0.4-1.1	МСУ-Э; ЕТМ+; Ы88-Ш; А8ТЕК; РАЫ; 1КОШ8	Бесснежный	Опытная
Выявление цветения озер и водохранилищ	Санитарного состояния водоемов	Участки цветения	Осн-200; Дет-50	30; 5-15	0.4-1.1	МСУ-Э; ЕТМ+; Ы88-Ш; А8ТЕК; РАМ	Бесснежный	Опытная
Выявление элементов строения пойм крупных рек (излучины, меандры, фурки, старицы и др.)	Опасных гидрологических процессов	Участки проявления русловой и береговой эрозии	Дет-50	5-15	0.4-0.8	ЕТМ+; А8ТЕЯ; РАМ	Бесснежный	Опытная

Наименование задачи	Тематическая карта (схема)	Картируемые слои	Уровень и масштаб, тыс.	Разрешение, м	Спектр. диап. зоны, мкм	Съемочный прибор	Сезон съемки	Освоенность технологии решения
Выделение и типизация русла реки (фуркирующее, меандрирующее и др.)	Геоморфологическая и др.	Русла рек разных типов	Обз-ЮОО; Осн-200; Дет-50	170-250; 30; 5-15	0.4-1.1	МОБ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; 088-111; А8ТЕЯ; РАИ	Бесснежный	Опытная
Определение типа меандрирования русла	Геоморфологическая, русловых процессов и др.	Меандры разных типов	Осн-200; Дет-50	30; 5-15	0.4-1.1	МОБ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Ы88-Ш; А8ТЕЯ; РАК		Опытная
Выявление и типизация крупных русловых форм и их элементов (гряды, перекаты, плесы, затоны и ДР-)	Геоморфологическая, русловых процессов и др.	Русловые формы и их элементы	Осн-200; Дет-50	30; 5-15	0.4-0.7	М0018; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; 088-111; А8ТЕЯ; РАК	Бесснежный	Опытная
Выявление структуры молодых пойменных образований (острова, отмели, косы, отмостки, бичевники и др.)	Геоморфологическая, русловых процессов и др.	Пойменные образования	Осн-200; Дет-50	30; 5-15	0.4-0.7	МСУ-Э; ЕТМ+; Ы88-Ш; А8ТЕЯ; РАК	Бесснежный	Подходы
Определение типа руслового процесса	Геоморфологическая, русловых процессов и др.		Осн-200; Дет-50	30; 5-15	0.4-0.7	МСУ-Э; ЕТМ+; 088-111; А8ТЕЯ; РАК	Бесснежный	Подходы
Определение распределения мутности по руслу реки	Руслового переноса, санитарного состояния водоема	Распределение мутности по руслу реки	Обз-ЮОО; Осн-200; Дет-50	170; 30; 5-15; 1	0.4-1.1	МСЮ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Ы88-Ш; А8ТЕЯ; РАК	Бесснежный	Опытная

Наименование задачи	Тематическая карта (схема)	Картируемые слои	Уровень и масштаб, тыс.	Разрешение, м	Спектр. диап. зоны, мкм	Съемочный прибор	Сезон съемки	Освоенность технологии решения
Выявление взвеси твердого стока рек в устье рек и ее распределение	Руслового переноса, распределения твердого стока рек, санитарного состояния водоема	Распространение твердого стока рек в береговой зоне акваторий	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50; Дет-10	170; 30; 5- 15; 1	0.4-1.1	МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Ы88-Ш; А8ТЕК; РАИ; 1К-ОК08	Бесснежный	Опытная
Определение коэффициента извилистости реки	Геоморфологическая		Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50	170; 30; 5-15	0.4-1.1	МСУ-Э; ЕТМ+; Ы88-Ш; А8ТЕК; РАК		Опытная
Определение густоты речной сети	Густоты речной сети	Районирование по густоте речной сети	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50	170; 30; 5-15	0.4-1.1	МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Ы88-Ш; А8ТЕК; РАК		Опытная
Определение длины и изрезанности береговой линии озер и водохранилищ	Геоморфологическая	Береговая линия озер и водохранилищ	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-25	170; 30; 5-15	0.7-1.1	МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Ы88-Ш; А8ТЕК; РАК	Бесснежный	Опытная
Определение температуры водной поверхности крупных водоемов	Распределения температур	Распределение температуры на поверхности водоема	Обз-Ю000	1000	10.0- 12.5 (день) 3.5-4.0 (ночь)	МОЭ18; КОАА	Бесснежный	Опытная
Установление возраста льдов и определение возрастного состава льдов в зоне	Обзорные, оперативные и специальные ледовые карты режимного характера, а также крупномасштабные ледовые карты и планы	Возрастной состав льдов	Осн-200; Дет-50	30; 5-15	0.4-0.7	МСУ-Э; ЕТМ+; Ы88-Ш; А8ТЕК		Подходы
Выявление начальных видов	Оперативные и специальные ледовые	Ледовая обстановка	Осн-200; Дет-50	30; 5-15	0.4-0.7	МСУ-Э; ЕТМ+; Ы88-Ш; А8ТЕК;	Осень	Опытная

Наименование задачи	Тематическая карта (схема)	Картируемые слои	Уровень и масштаб, тыс.	Разрешение, м	Спектр. диапазоны, мкм	Съемочный прибор	Сезон съемки	Освоенность технологии решения
льдов	карты режимного характера, а также крупномасштабные ледовые карты и планы					РАК		
Выявление форм неподвижного льда (припай, подошва припая, лед на берегу, стамуха и др.)	Оперативные и специальные ледовые карты режимного характера, а также крупномасштабные ледовые карты и планы	Формы неподвижного льда	Осн-200; Дет-50; Дет-10	30; 5-15; 1	0.4-1.1	МСУ-Э; ЕТМ+; Ы88-Ш; А8ТЕК; РАК; 1КОК08		Опытная
Выявление и оценка пространств чистой воды среди льда (разводье, полынья, промоина и ДР-)	Обзорные, оперативные и специальные ледовые карты режимного характера, а также крупномасштабные ледовые карты и планы	Пространства чистой воды среди льда	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50; Дет-10	170; 30; 5- 15; 1	0.7-1.1 3.5-70 см	МОБ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Ы88-Ш; А8ТЕК; РАК; 1КОК08; КАПАК8АТ		Имеется
Выявление и оценка дрейфующих льдов (ледовитость, сплоченность и др)	Обзорные, оперативные и специальные ледовые карты режимного характера, а также крупномасштабные ледовые карты и планы	Дрейфующие льды	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50; Дет-10	170; 30; 5- 15; 1	0.7-1.1 3.5-70 см	МОЭ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; П88-Ш; А8ТЕК; РАК; 1КОК08; КАОАК8АТ		Имеется
Определение характеристик ледяной поверхности	Оперативные и специальные ледовые карты режимного	Характеристики ледовой поверхности	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50;	170; 30; 5- 15; 1	0.7-1.1 3.5-70 см	МОИ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Ы88-Ш; А8ТЕК;		Опытная

Наименование задачи	Тематическая карта (схема)	Картируемые слои	Уровень и масштаб, тыс.	Разрешение, м	Спектр. диап. зоны, мкм	Съемочный прибор	Сезон съемки	Освоенность технологии решения
сти (торосистость, заснеженность, загрязненность льда и др.)	характера, а также крупномасштабные ледовые карты и планы		Дет-10			РАМ 1КСЖ08; КАОАК.8АТ		
Оценка стадии таяния льдов	Оперативные и специальные ледовые карты режимного характера, а также крупномасштабные ледовые карты и планы	Характеристики ледовой поверхности	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50; Дет-10	170; 30; 5- 15; 1	0.7-1.1 3.5-70 см	МСШ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; 1Л88-Ш; А8ТЕК; РАИ; ПСОМ)8; КАБАК8АТ		Имеется
Выявление неравномерности схода льда на реках (вскрытия).	Оперативные и специальные ледовые карты режимного характера, а также крупномасштабные ледовые карты и планы	Ледовая обстановка	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50;	170-1000; 30; 5-15	0.4-1.1 3.5-70 см	МОЭ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Ы88-Ш; А8ТЕК; РАМ КАЕ)АК8АТ	Весна	Опытная
Выявление ледовых заторов на реках, участков русла с течением воды поверх льда и др	Оперативные и специальные ледовые карты режимного характера, а также крупномасштабные ледовые карты и планы	Ледовая обстановка	Осн-200; Дет-50; Дет-10	30; 5-15; 1	0.4-0.8 3.5-70 см	МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Ы88-Ш; А8ТЕК; РАТС; КАЭАК8АТ		Опытная
Выявление границ затопленных территорий	Весенних половодий и летних паводков, границ зон затопления, оперативные карты МЧС,	Затопленные участки	Обз-Ю000; Осн-200; Дет-50; Дет-10	170-1000; 30; 5-15; 1	0.7-1.1 3.5-70 см	М0018; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Е188-Ш; А8ТЕК; РАМ 1К01С08; ЯАОАК8АТ	Весна-лето	Опытная

Наименование задачи	Тематическая карта (схема)	Картируемые слои	Уровень и масштаб, тыс.	Разрешение, м	Спектр. диап. зоны, мкм	Съемочный прибор	Сезон съемки	Освоенность технологии решения
	весенних половодий и летних паводков							
Выявление границ зон затопления	Границ зон затопления	Границы зон затопления половодий и паводков и для различных режимов работы ГЭС	Обз-ЮОО; Оен-200; Дет-50	170-1000; 30; 5-15	0.7-1.1 3.5-70 см	МСЮ18; МСУ-СК; МСУ-Э; ЕТМ+; Ы188-Ш; А8ТЕК; ЯАВАК8АТ	Бесснежный	Опытная
Выявление причин затопления поймы (ледовых заторов, заломов и др.)	Дежурные и оперативные карты	Заломы, заторы, ледовые плотины и др	Осн-200; Дет-50; Дет-10	30; 5-15; 1	0.4-0.7 3.5-70 см	МСУ-Э; ЕТМ+; Ы188-Ш; А8ТЕК; РАМ; КАЭАК8АТ	Весна, лето	Подходы
Выявление границ областей устойчивого снежного покрова	Устойчивого снежного покрова	Границы устойчивого снежного покрова	Обз-2500; Обз-ЮОО; Осн-200	1000; 170; 30	0.4-0.8 3.5-70 см	МОЭ18; МСУ-Э; ЕТМ+; Ы188-Ш; КАБАЯ8ЛТ	Осень, зима, весна	Опытная
Определение состояния снега	Прогноза приточности, оперативные карты МЧС	Границы устойчивого снежного покрова, состояние снежного покрова	Обз-ЮОО; Осн-200	170-500; 30	0.4-0.8 3.5-70 см	МСЮ18; МСУ-Э; ЕТМ+; 088-111; КАЭАК8АТ	Осень, зима, весна	Опытная
Выявление границы схода снежного покрова	Динамики границы снеготаяния, прогноза приточности	Граница снеготаяния	Обз-2500; Обз-ЮОО; Осн-200	250-1000; 170; 30	0.4-1.1 1.3-1.75 3.5-70 см	МОЭ18; МСУ-Э; ЕТМ+; 088-111; ЯАОАК8АТ	Весна	Опытная
Выявление и типизация ледников	Гляциологическая, геоморфологическая	Ледники разных типов	Обз-ЮОО; Осн-200	170-500; 30	0.4-0.7 3.5-70 см	МСЮ18; МСУ-Э; ЕТМ+; 088-111; КАЭАК8АТ	Бесснежный	Подходы

Наименование задачи	Тематическая карта (схема)	Картируемые слои	Уровень и масштаб, тыс.	Разрешение, м	Спектр. диапазоны, мкм	Съемочный прибор	Сезон съемки	Освоенность технологии решения
Выявление области питания и стока ледника	Гляциологическая	Области питания и стока ледников	Обз-ЮОО; Осн-200; Дет-50	170-500; 30; 5-15	0.4-0.7 3.5-70 см	МОБ18; МСУ-Э; ЕТМ+; 1Л88-Ш; РАИ	Бесснежный	Подходы
Выявление поверхностных и боковых морен ледника	Гляциологическая, геоморфологическая	Ледниковые морены	Осн-200; Дет-50	30; 5-15	0.4-0.7 3.5-70 см	МСУ-Э; ЕТМ+; Б188-Ш; КАЭАК- 8АТ	Бесснежный	Опытная

2.1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА В ГИДРОЛОГИИ.

2.1.1 Обновление карт по космическим снимкам.

Топографические карты

Топографические карты дают нам представление об окружающем нас мире и позволяют ориентироваться в нем, показывая все видимые элементы местности с одинаковой подробностью. На них отображаются: рельеф, гидрография, растительность, почвы и грунты, населенные пункты, дорожная сеть, социально-экономические и другие объекты, что позволяет комплексно оценивать территорию. Топографическими масштабами принято считать ряд 1:10 000-1:200 000.

На данный момент на карте мира практически не осталось белых пятен - топографические карты покрывают почти всю поверхность суши нашей планеты, хотя не все они одинаково детальные. Территория России к 1988 г. была полностью покрыта картами в масштабе 1:25 000, а около трети территории страны - в масштабе 1:10 000. Однако большая часть этих карт не обновляется систематически.

Между тем, современный мир очень изменчив: растут города, появляются новые поселения, строятся дороги, коммуникационные сети, инженерные сооружения, осваиваются новые районы добычи полезных ископаемых, вырубаются леса, изменяется структура землепользования. Поэтому постоянно возникает задача обновления топографических карт. Так как государственные топографические карты основных масштабов для России уже созданы, составление топографических карт заново требуется реже - только в случае кардинальных изменений, таких как строительство новых городов и крупных сооружений.

В качестве первичного материала для топографических карт традиционно использовались аэрофотоснимки. Космические цифровые снимки открывают новые возможности: удешевление повторных съемок, увеличение площади охвата местности и снижение искажений, связанных с рельефом. Кроме того, упрощается генерализация изображения на мелкомасштабных картах: вместо трудоемкого упрощения крупномасштабных карт можно сразу использовать космические снимки среднего

разрешения. Поэтому съемки из космоса используются все шире и шире, и в перспективе могут стать основным методом обновления топографических карт.

При выборе снимков для составления карт определенного масштаба учитывают графическую точность рисовки и печати карт (ОД мм). Например, снимки должны иметь пространственное разрешение не хуже 100 м для карт масштаба 1:1 000 000 и не хуже 10 м для карт масштаба 1:100 000. Соответственно по снимкам 1К8-1СЛ) PAN с размером пикселя 5,8 м можно составлять многие элементы содержания карт масштаба 1:50 000 и мельче (некоторые элементы топографических карт, такие как отдельно стоящие деревья, ширина рек в масштабе карты и др., требуют более детальных снимков). Снимки Ladsat 7 ETM+ и Тегта А8ТЕЯ с размером пикселя 15 м позволяют составлять многие элементы содержания карт масштаба 1:200 000 и мельче. Некоторые параметры, например длину, ширину и материал мостов, изображаемых на картах 1:200 000, нельзя получить по снимкам, поэтому необходимо привлекать дополнительные источники данных.

При обновлении карт наносятся лишь изменения контуров элементов, а при составлении карт необходимо определить точное положение этих элементов. Поэтому для составления топографических карт требуются космические снимки более высокого разрешения, чем для их обновления.

Причем следует учитывать, что при составлении и обновлении топографических карт определенного масштаба одни и те же типы космических снимков могут быть пригодны или непригодны для различных элементов содержания топографических карт.

Космические снимки позволили не только ускорить составление и обновление тематических карт, но и открыть новые явления, а также создать новые типы карт. Например, только на космических снимках видны системы облачности, оперативная съемка которых позволяет метеорологам уточнять прогнозы и следить за опасными стихийными явлениями, например ураганами. Геологи составляют по мелкомасштабным космическим снимкам карты линеаментов и кольцевых структур, необходимые для разведки полезных ископаемых. На крупномасштабных аэроснимках эти структуры не видны.

Снимки широко используются для обновления геологических, геоморфологических, гидрологических, океанологических, метеорологических, геоботанических, почвенных, ландшафтных карт. Для каждого типа тематических карт имеется своя методика их составления и обновления по космическим снимкам, использующая в определенном сочетании рисунок снимка и значения яркости в каждой его точке (соответствующие спектральной отражательной способности поверхности, ее температуре или другим характеристикам, в зависимости от типа снимка). Использование космических снимков при составлении тематических карт способствует увеличению детальности карты и рисовке контуров, в большей мере соответствующих природному рисунку.

При тематическом картографировании требования к точности нанесения положения объекта обычно несколько ниже, чем для топографических карт. Поэтому по одним и тем же снимкам можно составлять тематические карты более крупного масштаба. Например, снимки, получаемые со спутников 1К.8 спектрометриком РАИ с размером пикселя 5,8 метра, пригодны для создания некоторых элементов содержания топографических карт масштаба 1:50 000, а для целей тематического картографирования — вплоть до масштаба 1:10 000 (конечно, это зависит и от тематик* карт).

Важно отметить, что использование космических снимков, в сочетании с полевыми исследованиями, позволяет оперативно обновлять различные серии государственных карт, в том числе карты лесной таксации, карты почв, геоботанические карты.

2.1.2 Обновление мелкомасштабной карты типов болот Западно-Сибирской равнины по космическим снимкам

Традиционно для составления мелкомасштабных карт растительности использовался метод ключей. Для типичных (ключевых) участков экспедициями собирались подробные геоботанические данные. Затем полученная информация распространялась на участки, похожие на ключевые и таким образом заполнялась вся площадь карты. Похожие участки (однотипные по увлажнению, экспозиции, абсолютной высоте, преобладающим видам растений) выделялись на основе анализа топографических карт, карт лесной таксации, ранее составленных карт растительности на отдельных участках, аэро и космических снимков (при их наличии). При этом карты растительности для одной и той же территории могли существенно различаться в связи с разными подходами к составлению, разным назначением карт, разным качеством и полнотой исходных материалов. Например, сравнивая Типологическую карту болот (1977, масштаб 1:2500000) и Карту растительности Западно-Сибирской равнины (1976, масштаб 1:1 500 000), на более мелкомасштабной карте 1977 г. контуры болот более подробные и лучше согласуются с гидрографической сетью территории. Это связано как с разным назначением карт, так, по-видимому, и с качеством исходных материалов.

Поскольку к настоящему моменту практически вся территория России покрыта современными цифровыми многозональными снимками Google Earth, открываются новые возможности для картографирования растительности. Автоматизированное дешифрирование фрагмента космического снимка на тот же район Западной Сибири позволило значительно детализировать контуры болот различных типов и ввести дополнительный тип — моховые болота (практически лишены лесной растительности).

Снимки такой детальности пригодны для составления карт более крупного масштаба (1:100000- 1:1000000).

2.1.3 Мониторинг ледовой обстановки.

Для слежения за изменением ледовой обстановки в морях составляют ледовые карты. Важные преимущества космической съемки — повторяемость поступления информации и оперативность обработки — дают возможность фиксировать состояние быстро изменяющихся природных явлений на различные моменты времени. Автоматизированные технологии позволяют отличать льды от облаков и разделять лед по сплоченности. В результате по спутниковым данным создаются динамические карты ледовой обстановки в период навигации, а также в осенне-зимний и весенний периоды (наступление ледостава, очищение ото льда).

Среди ледовых карт, получаемых по космическим снимкам, выделяют:

- крупномасштабные карты и планы состояния ледового покрова масштаба 1:100 000 и крупнее на ограниченных территориях (в заливах, проливах, портах);
- оперативные ледовые карты масштаба 1:200 000-1:300 000;
- обзорные ледовые карты (среднемесячные, среднедекадные). Такие карты отображают состояние ледяного покрова на пространстве нескольких морей (соответствуют масштабу 1:7 500 000 и мельче). Они предназначаются для научного исследования, при разработке ледовых прогнозов;
- специальные карты, характеризующие режим льдов. К ним относятся карты вероятности преобладания льда того или иного возраста, карты среднего и экстремального положения кромок и границ льда, карты средней торосистости, карты разрушенности и т.д. На этих картах в обобщенном виде представляются результаты обработки первичных обзорных и оперативных ледовых карт.

Ледовая обстановка в Карском море

Через Карское море проходит крупнейшая транспортная магистраль, связывающая западные и восточные регионы России — Северный морской путь. Эта транспортная артерия используется для перевозки минерального сырья из арктических регионов России. Доставка газа и нефти морским путем в перспективе может оказаться выгоднее строительства газо и нефтепроводов. Поэтому транспортные артерии России привлекают внимание грузоперевозчиков во всем мире.

Главным препятствием для прохода судов является лед. Ледостав в Карском море начинается уже в середине октября. Образующиеся ледовые поля постоянно находятся в движении под действием ветра и течений. Наиболее тяжелые условия плавания складываются в так называемых ледяных массивах, которые не до конца разрушаются даже в самые теплые месяцы года. Проводка транспорта через эти массивы возможна только

с помощью ледоколов. Во время теплых зим ледовая обстановка в западной части Карского моря бывает благоприятна и позволяет проходить танкерам ледового класса без сопровождения ледоколами. От качества ледовых и синоптических прогнозов зависит правильная расстановка ледокольных и авиационных сил на трассе. Большой территориальный охват, единовременность космической информации позволяют эффективно использовать спутниковые данные для обеспечения навигации и круглогодичного плавания по Северному морскому пути.

В настоящее время средства дистанционного зондирования позволяют получать оперативную информацию о ледовой обстановке с периодичностью раз в несколько суток (с учетом облачности) и пространственным охватом территории 2 300 км (спутники Тегга/Дциа, радиометр МСЮ18).

На снимках представлены примеры наблюдений ледовой обстановки в западной части Карского моря за зиму-лето 2001 г. Хорошо виден процесс разрушения ледяного поля и вынос льда в открытое море.

Ледовая обстановка в Финском заливе

Финский залив занимает 7% площади Балтийского моря. В суровые зимы ледовый покров в Финском заливе и Балтийском море позволяет пешком дойти от Санкт-Петербурга до Стокгольма. Во льдах Финского залива осуществляется ледокольная проводка караванов судов в порты Санкт-Петербурга, танкеров — в нефтеналивной порт Приморск. Поэтому важной задачей является постоянное слежение за ледовой обстановкой в акватории Финского залива в зимний период и во время весеннего таяния льдов. Типичны случаи, когда под действием ветров западных направлений сплоченность льда нарушается, появляются торосы и наслоения льда толщиной до 8-10 метров. При усилениях ветра возможны взломы неподвижного льда

и отрывы от него отдельных льдин на границе неподвижного и дрейфующего льда, что создает дополнительные препятствия судоходству.

На космических снимках Финского залива уверенно распознаются участки ровного льда, след от ледокольной проводки судов, нагромождения торосов, трещины в результате деформации льда, скопления дрейфующих льдов. Хорошо определяются положение кромки льда, крупные полыньи, нарушения зон сплоченности льда.

Синтезированные многозональные снимки незаменимы при дешифрировании льдов, находящихся на разных стадиях таяния (разрушенности) в весенний период. Так, в ближнем инфракрасном диапазоне тающий лед изображается более темными тонами, чем лед без признаков таяния. При этом, чем более лед водонасыщен, а следовательно, разрушен, тем разница в спектральной яркости больше. Поэтому при помощи космических снимков можно прогнозировать места разрушений льда и вовремя предупреждать любителей зимней рыбалки об опасности оказаться на дрейфующей льдине.

На многих реках северного полушария, текущих с юга на север, во время весеннего вскрытия рек существует опасность образования скоплений льда в русле — ледяных заторов. Заторы льда уменьшают живое сечение реки и вызывают подъем уровня воды в месте скопления льда и на некотором участке выше него. Это часто приводит к наводнениям, а в заселенной местности — к большим экономическим потерям. Снимки из космоса позволяют специалистам произвести оценку состояния рек и водоемов в период вскрытия от льда, а также определить точное местонахождение и протяженность ледяных заторов.

При помощи космических снимков можно выявить места, благоприятные для образования заторов. Это крутые повороты русла в сочетании с сужением реки, участки разветвления русла с малой скоростью течения, впадения крупного притока, если этот приток вскрывается раньше основной реки, различные препятствия в русле (острова, конусы выноса) и др. Нередко затор возникает в тех местах, где осенью при замерзании реки имели место деформация льда и торошение. Поэтому спутниковая информация может быть использована также для прогнозирования заторов льда на реках, особенно в обширных труднодоступных районах.

17 мая 2003 г. среднем течении реки Обь (Рисунок 15). за счет поступления из верхнего течения относительно теплой талой воды произошел распад ледяного покрова на отдельные массивы с полыньями на всю ширину реки. Расход воды в реке увеличился, что привело к вспучиванию отдельных участков льда и образованию участков деформированного ледяного покрова (наслоение, торошение). Анализ спутниковых данных может служить основанием для принятия мер по предупреждению ледяных заторов, а также для координации наземных наблюдений и авиаразведок.

Возможности радиолокационной съемки для мониторинга ледовой обстановки

Особо следует отметить возможности радиолокационной съемки для оперативного наблюдения за ледовой обстановкой, особенно в полярных и приполярных широтах. Важнейшим преимуществом по сравнению с оптическими съемочными системами является то, что радиолокационную съемку, например с канадского спутника КАОАК8АТ-1, можно проводить и днем, и ночью при любых погодных условиях: облака для такой съемки прозрачны. В условиях зимы с очень коротким световым днем и при продолжительных периодах непогоды радиолокационная съемка может быть единственной технологией для получения оперативной информации о состоянии земной поверхности. Зимой на севере, а также в умеренных и южных широтах типична ситуация, когда сплошная облачность держится неделю и более, что не позволяет вести съемку в оптическом диапазоне. Радиолокатор 8 АК на борту спутника КАЭАК8 АТ -1 дает возможность получения изображений с разрешением 8, 25, 50 и 100 м. Области применения этих снимков включают обеспечение судоходства и наблюдение за ледовой обстановкой, оперативный мониторинг ледяного покрова, изучение береговой линии и др.

Радиус обзора одной станции приема снимков КАПАК.8АТ-1 около 2 000 км — этого вполне достаточно для покрытия территории, сопоставимой с бассейном р. Лены. Регулярный и всепогодный мониторинг ледовой ситуации на реке мог бы намного уменьшить последствия наводнения весной 2001 г. в городе Ленске, ущерб от которого оценен в 5,8 млрд, рублей.

Использование одних оптических данных недостаточно для регулярного мониторинга ледовой обстановки на северной акватории Каспийского моря из-за частой облачности. Радиолокационная съемка позволяет преодолеть это препятствие. Представленные снимки КАПАК8АТ-1 приняты в условиях густой облачности.

2.1.4 Мониторинг снежного покрова.

Распределение снежного покрова и его динамика на равнинных территориях

С помощью космической информации можно фиксировать границы распространения снежного покрова на обширных территориях. Повторные снимки создают условия для изучения динамики изменения снежных площадей. Наличие снега на открытых безлесных участках определяется с большой достоверностью и точностью. При дешифрировании снежного покрова лесных территорий приходится ориентироваться на заснеженность открытых площадок: болот, вырубок, озер. Оперативное картографирование снежного покрова и скорость отступления его границ в весенний период традиционно используются для решения практических задач, прежде всего, для гидрологических прогнозов. Средствами гидрологического моделирования определяется водозапас, осуществляется прогноз стока, снегового половодья в бассейнах рек. Ряд параметров для этого можно получить дистанционными методами. Это площадь бассейна реки, покрытая снегом, лесистость, распаханность и др. Некоторые параметры можно оценить косвенно. Например, зоны, охваченные снеготаянием, выявляются в ближнем инфракрасном диапазоне спектра, а мощность снежного покрова рассчитывается по ряду последовательных снимков, скорости продвижения границ снегонакопления и температуре воздуха. Оперативные данные о снегозапасе бассейнов рек служат основой для принятия решений, например, о частичном спуске водохранилищ в период весеннего снеготаяния для предотвращения паводков.

В перспективе планируется перейти к определению из космоса мощности снежного покрова средствами микроволновой радиометрической съемки. Тем самым будет возможно для бассейнов крупных рек напрямую получать карты снегозапаса, а имея

данные о плотности снега, — водоза- паса снежного покрова. В настоящее время препятствием для широкого применения служит низкое пространственное разрешение.

2.1.5 Изучение распределения снежного покрова и его динамики в горах

Сезонный снежный покров играет исключительную роль в процессах сахморазвития горных регионов, определяет формирование и режим речного стока, оледенения и снежных лавин. Оказывая существенное воздействие на климат, он сам служит индикатором изменения климата.

Карты распределения снежного покрова, полученные по результатам дистанционного зондирования, помогают понять пространственные особенности и взаимосвязи ледниковых систем, оценить вклад разных факторов в формирование ледников и условий их существования. Точную информацию о режиме, распределении и изменчивости снежного покрова необходимо иметь для успешной реализации водохозяйственных мероприятий и регулирования водных ресурсов в бассейнах рек горных территорий при имеющемся дефиците воды в степной зоне.

Для оценки географических закономерностей распределения снежного покрова на Большом Кавказе очень важно создать максимально полный статистически надежный массив данных положения его текущих границ и изучить его динамику. Ограниченное количество станций, ведущих регулярные наблюдения, не дает адекватного представления о многолетней изменчивости распределения снежного покрова в различных частях Большого Кавказа (особенно в высокогорье). Данных же о межгодовой изменчивости снегозапасов безнадежно мало. Поэтому для труднодоступных горных территорий и для всего региона требуется восполнить недостаток сведений с помощью мониторинга на основе постоянно действующих космических съемочных систем совместно с пунктами измерений мощности снежных толщ.

Определение положения фирновой линии в горных ледниках

Состояние горного оледенения характеризуется балансом массы ледника. Когда баланс массы положительный, то есть приход вещества (аккумуляция) больше расхода (абляции), масса льда увеличивается, ледник продвигается вперед. При отрицательном балансе масса льда уменьшается, ледник отступает, освобождая место, которое он занимал. Как правило, ледники наступают при увеличении влажности и уменьшении

температуры воздуха и отступают при уменьшении осадков и увеличении температуры воздуха. Так называемая граница питания — это важнейший пограничный уровень, проходящий там, где аккумуляция в целом за год равна абляции. Высоту границы питания за год рассчитывают математически, а плановое положение — по специальным балансовым картам, которые получают в результате трудоемких полевых наблюдений.

Чуть выше границы питания на леднике проходит фирновая линия, ограничивающая снизу область, в которой на протяжении всего года сохраняется фирн и снег. Между границей питания и фирновой линией располагается неширокая полоса «наложенного» льда. Таким образом, местоположение и конфигурация границы питания и фирновой границы связаны между собой. Фирновую линию как границу между льдом и снегом легко определить по космическим снимкам, получаемым для северного полушария в конце лета — начале осени, а зная положение фирновой линии за ряд лет, можно сделать вывод о тенденциях изменения климата целого региона.

Таким образом, картографирование снежного покрова по космическим снимкам может служить основой для изучения проблем потепления климата, повышения уровня мирового океана, затоплений густонаселенных и освоенных земель, изучения реакции компонентов ледникового комплекса на глобальные климатические изменения.

2.1.6 Наблюдения за паводками и наводнениями

Наводнения являются одним из наиболее грозных природных и техногенных явлений, приводящих к большим экономическим потерям и человеческим жертвам.

Вызываются наводнения в большинстве случаев продолжительными, интенсивными дождями и ливнями, на реках Северного полушария — бурным таянием снега, а также заторами льда. В высокогорье известны случаи, когда наводнения вызывались прорывами внутри ледниковых озер в результате аномально высоких температур воздуха и ливневых дождей. В приморских районах при сильных ветрах нередки нагонные наводнения, а при подводных землетрясениях и извержениях вулканов — наводнения, вызываемые волнами цунами. В этой ситуации важнейшими вопросами

становятся прогноз и предупреждение катастрофических событий. В России наиболее опасные наводнения случаются в период прохождения весеннего половодья.

По данным зарубежных источников, за период с 1962 по 1992 гг. число пострадавших от наводнений в мире составило 36% от общего числа пострадавших во всех природных и техногенных катастрофах. Поэтому обеспечение защиты населения и хозяйственных объектов от наводнений является приоритетным направлением.

Космическая информация позволяет не только наблюдать развитие паводка или половодья, но и получать оперативный прогноз зон затопления, оценивать принесенный ущерб, решать задачи выбора защитных дамб для сдерживания наводнения, выявлять участки, которым еще угрожает затопление и т.д. Применение компьютерных алгоритмов обработки данных делает возможным автоматическое определение границы воды и суши, площадей затопленных земель, а также выявление территорий, находящихся в опасности из-за поднимающегося уровня воды.

Большинство населенных пунктов традиционно расположено вблизи водных объектов. В последние годы отмечается тенденция ускорения застройки прибрежных территорий — пойм и прирусловых террас. Важная особенность космического мониторинга — это возможность совмещения оперативной информации о состоянии местности (фотопортрета местности) и цифровых картографических слоев ГИС, содержащих данные о планировании городского строительства, проектировании защитных сооружений, развитии инфраструктуры, для оценки риска возможного затопления.

Зимнее наводнение в устье реки Кубань, 2002 г.

Наводнение произошло в январе в результате резкого повышения температуры воздуха, выпадения осадков в виде дождя и интенсивного таяния снега. Это вызвало катастрофический подъем уровня воды в реке и ледоход в нижнем течении (участок 1 на снимке ниже). С 8 по 10 января нагон ветром с моря забил рукава р. Кубань льдом, а снижение температуры до -28°C сковало устье льдом, создав мощные ледяные заторы. Уровень воды в реке начал катастрофически подниматься, переливы через дамбы и обвалования создали прораны*, и вода затопила прилегающие территории. Подтопленными оказались населенные пункты и сельхозугодья (2).

Наводнение в июне 2002 г. на реке Лаба, бассейн реки Кубань

Причиной наводнений в бассейне р. Кубань явились интенсивные ливневые осадки (до трех месячных норм в течение 2-3 дней). Ситуацию усугубили не стаявшие из-за холодной весны запасы снега в горных районах. В результате 20 июня произошел подъем уровня воды, начиная с притоков, берущих начало в горных и высокогорных районах. С 22 июня волна паводка сместилась на равнинную территорию, затопила первую и вторую надпойменные террасы с находящимися на них десятками населенных пунктов, разрушила мосты, дороги, линии электропередачи. На сгр. '50 приведена серия снимков района реки Лаба до, во время и после событий, позволяющая оценить масштабы и последствия наводнения.

2.1.7 Оперативная оценка масштабов наводнений рек

Наблюдения за паводками и наводнениями Наводнение 1998 г. в районе г. Великий Устюг

Одно из наиболее крупных наводнений за последние 20 лет произошло в 1998 г. в районе слияния рек Сухона и Юг (Вологодская обл.) и привело к затоплению значительной части территории г. Великий Устюг в течение длительного времени. Причиной наводнения стало образование во время весеннего ледохода ледовой плотины (затора) в узле слияния притоков, а также на перекатах реки, ниже по течению. Ледяной затор, достигший максимума 4-6 мая 1998 г., вызвал повышение уровня воды в реке и затопление обширной территории поймы реки. В результате под водой оказалось больше половины площади городской территории Великого Устюга и окрестные деревни.

Космические снимки являются быстрым и относительно дешевым путем получения оперативной и точной информации о ходе наводнений. Частота съемок радиометром МСЮ18 со спутников Тера и Адиа (два-четыре раза в сутки для одной и той же территории) позволяет проводить мониторинговые наблюдения, дает возможность оперативно принимать решения, например, направлять взрывотехников для уничтожения ледовых заторов на реках.

Спутниковый мониторинг катастрофического паводка проводился в Государственном океанографическом институте на основе совместного анализа ежедневно поступавших снимков среднего разрешения Тегга МСЮ18 и ежедневной информации наблюдательной сети Дагестанского Центра по гидрометеорологии об уровнях и расходах воды и состоянии водных объектов дельты Терека. По данным мониторинга фиксировались разливы на территории дельты и оперативно оценивались масштабы затопления.

На пике паводка 26.06.2002 г. в среднем течении магистрального рукава дельты Терека были смыты защитные валы, образовался основной проран, были затоплены территории на левобережье. На основе снимков среднего разрешения в июле-августе 2002 г. был проведен экспресс- анализ процесса заливания дельты Терека после образования прорана. На спутниковых снимках отмечались границы и вычислялись площади затопления дельты. Дискретность оценок площадей затопления зависела от метеорологической обстановки в регионе во время съемки, при отсутствии облачности изменения оценивались ежедневно.

Использование спутниковых изображений позволило:

- определить районы наиболее опасных проранов и основные направления сброса паводковых вод в дельте Терека;
- обозначить границы максимального затопления в дельте Терека в период паводка и динамику площадей затопления в июне-октябре 2002 г.;
- оценить продолжительность стояния паводковых вод на залитых территориях.

2.1.8 Мониторинг опасных природных явлений ГЕНАЛДОНСКАЯ ЛЕДНИКОВАЯ КАТАСТРОФА 2002 г.

Вечером 20 сентября 2002 года около 20 часов в долине реки Геналдон, расположенной на северном склоне Большого Кавказа в Северной Осетии, произошла крупнейшая в истории России ледниковая катастрофа. Гигантский вал воды, льда и камней пронесся вниз по долине, сметая все на своем пути. Основным источником ледовых масс был ледник Колка, расположенный на северном склоне Казбекско-

Джимарайского горного массива, являющегося частью Бокового хребта Большого Кавказа.

Грандиозная по объему ледовая масса была остановлена тесниной Скалистого хребта ниже Кармадонской котловины, а порожденные ею селевые потоки не дошли до селения Гизель, насчитывающего 10 000 жителей, всего 2 км. В результате стихийного бедствия были уничтожены базы отдыха, жилые дома, инфраструктура, завод минеральных вод. По официальным данным, на конец декабря 2002 г. обнаружены останки 19 погибших, пропавшими без вести считаются 106 человек. Ледовая масса в Кармадонской котловине преградила путь боковым притокам Геналдона и образовались многочисленные подпрудные озера. Самое крупное из них затопило три улицы селения

Старая Саниба. В октябре 2002 г. ученые оценивали объем Санибанского озера в 3 млн м³. Был риск внезапного прорыва озера через ледовую массу, что могло привести к катастрофическим селям и затоплению села Гизель. Между тем, район ледника Колка, в котором начался катастрофический поток, находится в высокогорье и труднодоступен в осенне-зимнее время.

По материалам космической съемки можно предположить, как развивались события в момент катастрофы. Значительная часть ледника Колка была, по-видимому, выбита обвалами и сброшена вниз по долине. Затем гигантская масса устремилась вниз по долине, вовлекая в движение рыхлые отложения, воду, мертвые льды. Одновременно с этим ледово-каменная масса прошла по поверхности ледника Майли, оставив след, прекрасно читаемый на снимке.

После удара о Скалистый хребет основная часть льда остановилась и отложилась в Кармадонской котловине.

Геналдонская ледниковая катастрофа 2002 г.

ледовая масса, заполнившая Кармадонскую котловину, временные подпрудные озера. Ранее пологая, покрытая мореной поверхность ледника Колка после катастрофы рассечена

глубокими каньонами, на склоне г. Джимарайхох прослеживаются следы скальных обвалов; на поверхности ледника Колка вскоре после катастрофы образовалось временное озеро длиной до 300 м. Сравнивая снимки за разные даты, мы видим, что к весне 2003 г. многие подпрудные озера в Кармадонской котловине исчезли (детальные измерения показывают, что уменьшилась и площадь Санибанского озера, и значительно снизился его объем). Идет активное таяние льда, разрушение его речными потоками; центральная часть ледовой массы разбита трещинами. На снимке 11 июля 2003 г. видно, что зона скальных обвалов значительно разрослась. Высокая активность опасных природных процессов в районе делает космическую съемку важным инструментом мониторинга и предотвращения чрезвычайных ситуаций.

Гляциальная катастрофа 2002 г. стала неожиданностью для федеральных и региональных органов власти. Между тем подобные события происходили здесь и ранее. Имеются сведения о катастрофе, происшедшей около 1835 г., и через 67 лет, в 1902 г. Еще через 67 лет в 1969-1970 г. произошла пульсация ледника Колка, которая была детально изучена специалистами ИГАН СССР. После этого стационарных наблюдений в этом районе не проводилось. Применение космических снимков открывает новые возможности в исследовании потенциально опасных природных объектов во время стабилизации их состояния, позволяя прогнозировать их поведение в дальнейшем и минимизировать дорогостоящие аэронаблюдения.

3. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КВАДРОКОПТЕРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

3.1 Технические характеристики квадрокоптера

В последние годы очень активно стали развиваться компьютерные технологии и техника. Отличное сочетание техники и встроенного микрокомпьютера в нынешнее время можно встретить в самых разных сферах. Например, малые беспилотные летательные аппараты (БПЛА) активно применяются в самых различных сферах, от почты до военной разведки. Для гидрологии особенно привлекательны при производстве полевых гидрологических исследований квадрокоптеры (рис. 9).



Рисунок 1 - Квадрокоптер

Этот аппарат имеет 4 и более несущих винтов и несколько гироскопов. Стабилизация в пространстве осуществляется без участия человека, а с помощью встроенного в аппарат микропроцессора. Последние модели оборудованы GPS навигацией. Для квадрокоптера так же есть свое программное обеспечение, что позволяет настраивать его под любые условия. Таким образом аппарату можно задать

некоторые из основных параметров: максимальную высоту, маршрутные точки, по которому квадрокоптер будет выполнять полет по заданному маршруту в автоматическом режиме, скорости подъема на заданную высоту, скорости прохождения маршрута, ориентацию в пространстве и многое другое. На рисунке 10 приведен пример рабочего пространства программного обеспечения (MissionPlanner) управления квадрокоптером.

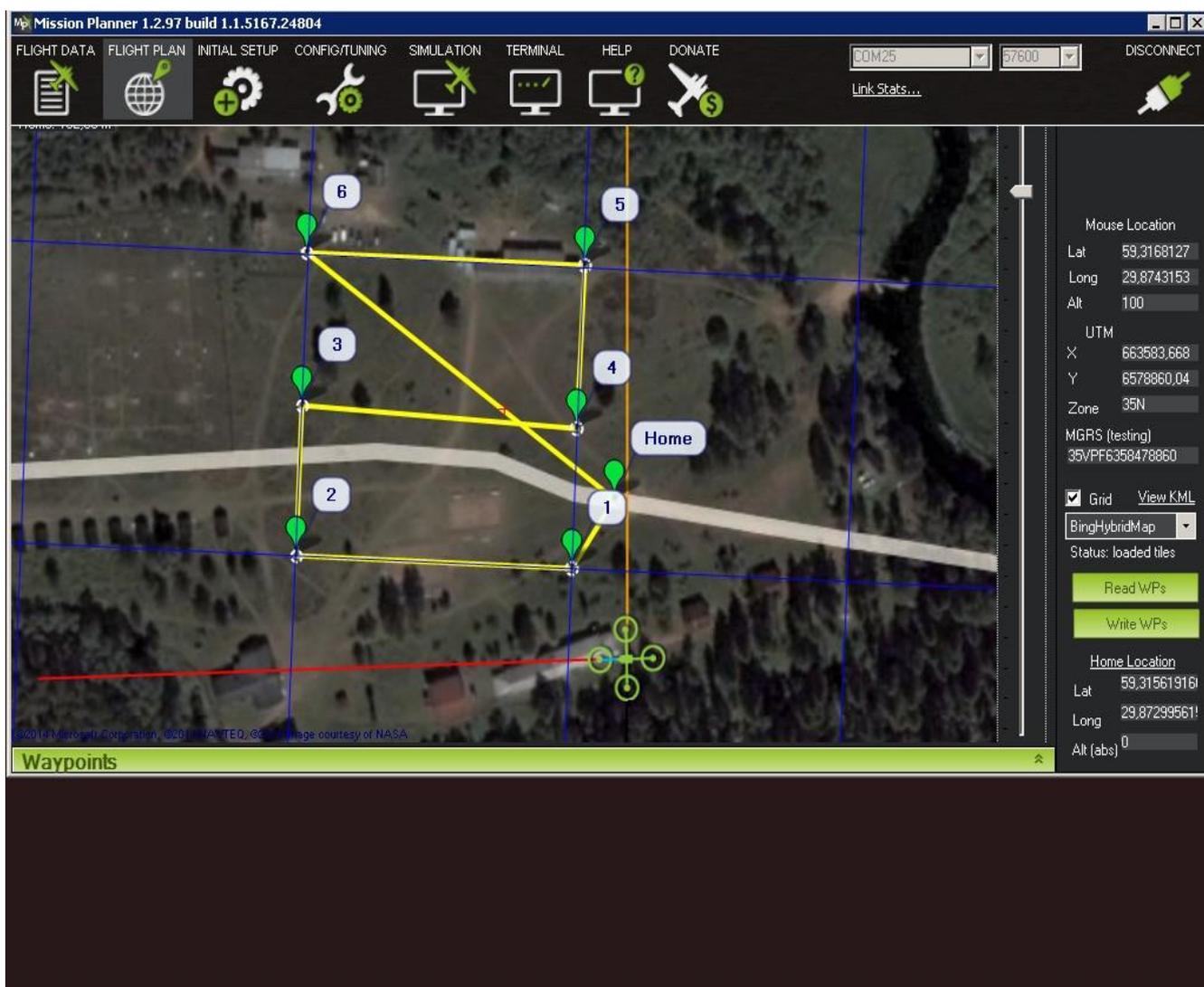


Рисунок 2 - Пример заданного маршрута полета квадрокоптера на базе практики университета

БПЛА бывают различных размеров и применяются для разнообразных задач. Цены на них варьируются от нескольких десятков тысяч и могут достигать до миллионов. Наиболее подходящей моделью квадрокоптера для проведения экспериментальных полетов в области гидрологии является Walkeraqx 350Pro.

Технические возможности данного аппарата:

- Общая масса до 1200 г. Из которых 250 г. Полезного груза
- Максимальное время полета 15 мин.
- Радиус действия в ручном режиме 1000 м.
- Максимальная скорость полета 10 м/с.
- Высота полета до 500 м.
- Дальность полета 6-7 км.
- Температура применения от -15°C до +50°C.
- Длина: 289 мм.
- Ширина: 289 мм.
- Высота: 180 мм.

В первую очередь летательный аппарат должен быть оборудован фото- и видеокамерой. На данный момент существует широкий ассортимент фотокамер с весом менее 250 граммов, что позволяет проводить аэрофотосъемку с помощью БПЛА.

Квадрокоптер мы оборудовали камерой GoProHeroBlackEdition 3. Приведем основные характеристики:

- Диафрагма f/2.8
- Разрешение 12 МРх.
- Светочувствительность 100 - 3200
- Угол охвата 90°, 127° и 170°
- Интервальная съемка 0,5, 1, 2, 5, 10, 30, 60 с.
- Wi-Fi
- Пыле и влагонепроницаемый, ударопрочный корпус.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование авиации и космических спутников Земли около пяти лет назад было основным и единственным методом для получения аэроснимков. Которые во многом необходимы для изучения и мониторинга в области гидрометрии. Теперь же, с появлением радиоуправляемых аппаратов появилась возможность применять их в гидрометрии с относительно минимальными затратами средств и времени. Сделанная мной работа возлагает большие перспективы для развития методик измерений с помощью комплекса квадрокоптера и камеры GoPro.

В перспективе видится применение подобных комплексных устройств для фиксации параметров ледохода и ледовой разведки; если научить квадрокоптер садиться на воду, то вполне реально оборудовать его ионоселективными датчиками, которые позволят определить химические элементы в воде. Уже существуют эхолоты, работающие по беспроводному каналу связи, а это значит, появится возможность осуществления промеров в труднодоступных местах. В весенний период возможно использование квадрокоптера, с закрепленной на борту камерой, для фиксирования снежного покрова на водосборе. Возможно под квадрокоптер в будущем будут разработаны специальные гидрологические приборы.

Список используемых источников:

- 1 Васильев А.В., Шмидт С.В. Водно-технические изыскания. – Л.: Применение аэрометодов в гидрометрии, 1987.