



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

Кафедра гидрометрии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

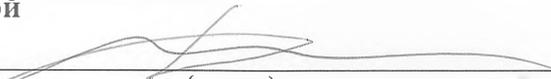
На тему Определение плановых деформаций реки
Оредеж в районе базы практик РГГМУ
с использованием БПЛА

Исполнитель Загретдинова Гульназ Амировна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель доцент
(ученая степень, ученое звание)

Гаврилов Илья Сергеевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

2018 г.

Санкт-Петербург
2018



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 **Определение плановых деформаций реки**
Оредеж в районе базы практик РГГМУ
с использованием БПЛА

Исполнитель **Загретдинова Гульназ Амировна**
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____
(ученая степень, ученое звание)

Гаврилов Илья Сергеевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

«__» _____ 20__ г.

Санкт–Петербург
2018

Оглавление	
Введение	4
Глава 1 Типы русловых процессов	5
1.1 Типизация русловых процессов (ГГИ и МГУ).	5
1.2 Современные представления о причинах меандрирования	11
1.3 Ограниченное меандрирование	13
1.4 Прогнозирование плановых деформаций русла	14
1.5 Гидроморфологический анализ руслового процесса	17
1.5.1 Определения. Задачи анализа	17
1.5.2 Исходные материалы для гидроморфологического анализа	18
1.5.3 Обработка исходных материалов	20
1.5.4 Оценка скорости деформаций речных русел и пойм	21
1.5.5 Восстановление прежних положений русла по аэрофотоснимкам	23
1.5.6 Схема выполнения гидроморфологического анализа	26
Глава 2 Дистанционные методы изучения окружающей среды	28
2.1 Дистанционные методы получения информации о Земле	28
2.1.1 История использования данных аэрокосмического мониторинга	32
2.1.2 Развитие аэрофотогеодезических исследований	35
2.2 Аэрокосмические методы в гидрологической практике	38
2.3 Геометрические свойства снимков	41
2.4 Основы дешифрирования аэрокосмических снимков	45
2.5 Общие положения декодирования	47
2.6 Методика дешифрирования аэроснимков	51
Глава 3 Применение БПЛА	53
3.1 Классификация БПЛА	56
3.2 Технические характеристики квадрокоптера	58
3.3 Программа Автокад	60
Глава 4 Изучение береговой линии	63
4.1 Анализ изменения правого берег	63

4.2 Анализ изменения левого берега	66
4.3 Создание ортофотоплана	69
Заключение	70
Список использованной литературы	71
Приложения	72

Введение

Целью работы является определение плановых деформаций реки Оредеж в районе базы практик РГГМУ за 2014 – 2017 годы с использованием БПЛА, а также разработка методики прогноза русловых деформаций на малой реке, где эти деформации измеряются в сантиметрах. Река Оредеж находится в Гатчинском районе, Ленинградской области РФ. Наблюдения производились с помощью аэрометода, в частности прибора - квадрокоптера с прикрепленной фото-видео камерой GoPro (GoPro). Аэрометод - это визуальный метод наблюдения с применением фото- и видеотехники с летательных аппаратов. Промежуточным результатом наблюдений являются аэрофотоснимки. Съемка с воздуха с применением дистанционной радиоуправляемой техники в гидрометрической практике на данный момент является самым удобным, быстрым и актуальным способом получения информации о русле реки. В настоящее время проводится детальное изучение этого метода для применения в гидрологической практике. При наличии наблюдений за некоторый период на одном и том же объекте, желательно за несколько лет, имеется возможность анализировать динамику явлений и объектов, в частности, плановую деформацию русла реки. Преимуществом наблюдения с воздуха - аэрофотосъемки - также является возможность охвата крупных площадей земной поверхности.

Аэросъемка в гидрологии дает возможность получения визуальных наблюдений, расходов воды, особенно необходимых для изучения труднодоступных территорий, так же во время таяние ледяного покрова весной, ледоходов, при строительстве гидроузлов, при паводках и так далее. Аэрофотосъемка позволяет увидеть динамику изменения русла и изучить процесс меандрирования рек.

1 Типы руслового процесса

1.1 Типизация русловых процессов (ГГИ и МГУ).

Типизация циклически развивающихся процессов важна потому, что она содержит элемент прогноза. Действительно, зная начальные, промежуточные и конечные стадии развития процесса, сравнивая эту схему с наблюдающейся на данный момент стадией развития, можно предвидеть конечную, а, следовательно, и промежуточные стадии развития процесса. Поскольку макроформы определяют собой морфологический тип реки, наибольший интерес представляет именно их типизация. Таким образом, типизация макроформы, есть типизация руслового процесса.

Анализ картографических и аэрофотосъемочных материалов, проведенный при создании гидроморфологической теории для типизации руслового процесса, показал, что все его разнообразие может быть сведено к семи основным типам (Великанов). Однако такая схематизация не исключает возможность появления местных отклонений от схемы развития данного основного типа, поскольку местные природные условия способны вносить существенные видоизменения в эти схемы. При сложных гидрографах стока на одном и том же участке реки может существовать одновременно несколько типов макроформ, особенно в тех случаях, когда смена водного режима не приводит к коренной перестройке русла.

Существенную специфику в развитии форм транспорта наносов вносят ограничивающие условия — особенности геологического строения дна речной долины, уменьшающие средний уклон и, следовательно, среднюю скорость течения, что способствует уменьшению расхода донных наносов. Вместе с тем извилистое русло приводит к усилению неравномерности скоростного поля потока, что должно увеличивать расход донных наносов (продольный уклон, определяемый положением базиса эрозии, делит реки на две большие группы. При больших продольных уклонах водной поверхности русловой процесс усложняется в результате появления пойм и участия в русловом процессе не только донных, но и взвешенных наносов, среди ограничивающих факторов

особое место занимает положение базиса эрозии, определяющее общее падение реки, при одном и том же падении осредненный профиль водной поверхности может сильно варьировать, с изменениями извилистости русла, а эта извилистость так или иначе связана с расходом наносов.)

Первоначально были сделаны попытки типизировать реки и устойчивости их русел (М. А. Великанов). Вопросы морфологии русел оставались вне этой типизации. В дальнейшем (К- И. Россинский и И. А. Кузьмин предложили деление рек на три типа:

- a. периодически расширяющиеся
- b. меандрирующие
- c. блуждающие (многорукавные).

Подобную типизацию разработали также американские ученые Л. Б. Леопольд и М. Г. Вольман (прямые, извилистые и разветвленные). Наиболее полная классификация типов деформаций речных русел разработана в ГГИ Н. Е. Кондратьевым и И. В. Поповым.

В типизации ГГИ выделено семь типов деформаций речных русел, т. е. семь типов переотложения наносов. Ленточногрядовый тип руслового процесса представляет собой простейшую форму транспорта наносов, осуществляющуюся путем сползания по руслу одиночных ленточных гряд. Общие очертания русла — прямолинейные или слабоизвилистые. Отсутствие распластанности русла свидетельствует о соответствии расходов наносов и воды определенному уклону реки. Движение донных наносов осуществляется в виде перемещения цепи ленточных гряд, являющихся мезоформами.: Побочневый тип. Транспорт донных наносов осуществляется в виде сползания крупных гряд с перекошенным в плане положением их гребней. Выступающие вперед наиболее возвышенные части этих гряд располагаются попеременно, то у левого, то у правого берега реки. В межень они обсыхают, образуя побочни, расположенные вдоль по реке как бы в шахматном порядке. Гребень затопленной части гряды образует перекаат, а ее подвалье—плёс. Побочневый режим движения наносов часто возникает не только в условиях ухудшения

условий транспорта наносов, но и при естественном или искусственном ограничении плановых деформаций реки. Ограниченное меандрирование. Избыток предельного уклона (уклона дна долины) для переноса донных наносов приводит к образованию относительно слаборазвитых излучин. Деформации излучин осуществляются путем сползания вниз по течению реки с сохранением их форм и размеров. Размываемой оказывается часть вогнутого берега ниже вершины: излучины, а намываемым—участок выпуклого берега также ниже этой вершины. При образовании излучин создается пляж — образование, подобное побочню. Последний закономерно сползает, в то время как пляж может смещаться только вместе со сползанием-всей излучины. Участок берега, огибаемый излучиной, представляет собой пойменный массив, поверхность которого наклонена обычно вниз по течению реки и от прирусловой части к притеррасной (присклоновой). На поверхности пойменного массива часто наблюдаются гривы (следы прежних береговых валов); в плане они огибают нижнюю часть выпуклого берега излучины. В разрезе пойменный: массив сложен наносами той же крупности, что и донные наносы в русле, а верхние слои представлены отложениями взвешенных наносов, обычно слоистых (толщина слоев примерно соответствует размерам половодья). В период половодья поток спрямляется, пересекая пойменные массивы, в межень он извилистый. Свободное меандрирование. Процесс характерен тем, что излучины русла проходят замкнутые циклы переформирования, при которых русло из прямого участка достигает Состояния петли, постепенно увеличивая свою кривизну и асимметричность. Затем происходит прорыв ее перешейка, после; чего весь-цикл деформаций повторяется. В начале меандрирования до углов разворота порядка 75° наблюдается сползание впоследствии при углах $120—150^\circ$ оно полностью прекращается. В дальнейшем происходит разворот излучин вокруг фиксированных точек в перегибах русла. В результате угол разворота достигает $240—270^\circ$. Основная излучина в результате прорыва перешейка петли русла превращается в старицу, отчленяясь от реки, и становится пойменным озером

серповидной в плане формы. Беспрепятственное свободное меандрирование проходит в условиях отсутствия ограничивающего влияния склонов долины, т.е. при наличии ее широкого дна. В этом случае пояс меандрирования неоднократно переходит от одного склона долины к противоположному, образуя пойменные массивы, огибаемые не одной излучиной, как при ограниченном меандрировании, а целой серией излучин, которые, обладая общими признаками, свойственными одной излучине, позволяют их рассматривать как целостное морфологическое образование — более крупное чем пойменный массив, огибаемый одной излучиной. Для массивов, огибаемых серией излучин, характерен наклон их поверхности вниз по течению реки и в направлении от русла к склонам долины. Незавершенное меандрирование. В условиях хорошо затопляемых пойм и резких различий в крупности донных и взвешенных наносов и соответственно пойменной и русловой частей аллювия циклы, развивающиеся по схеме свободного меандрирования, могут оказаться прерванными образованием спрямляющего потока. Он может возникать даже на ранних стадиях меандрирования, если глубина затопленной поймы велика. Иногда отторгаются только пляжи — незаросшие участки выпуклых берегов. Образование потока, спрямляющего излучину, происходит постепенно. Первоначально он действует только в высокое половодье, но, постепенно разрабатываясь, принимает в себя и меженные расходы. Старое главное русло отмирает, спрямляющий же поток начинает повторять весь цикл развития. Таким образом, в случае незавершенного меандрирования мы впервые встречаемся с явлением раздвоения русла. Полная смена цикла развития в этих условиях обычно продолжается несколько десятилетий. Спрявление русла ведет к перестройке транспорта наносов потоком. Пойменная многорукавность есть дальнейшее развитие незавершенного меандрирования. Образуется серия спрямляющих протоков и сеть протоков вторичного происхождения, соединяющая эти спрямляющие протоки. Образование длинных протоков в притеррасной пойме, спрямляющих целые пойменные массивы, а не только отдельные излучины, чаще всего встречается в низовьях больших рек. Каждый

проток может развиваться самостоятельно и в них могут появляться ленточные гряды, побочни и излуины. Перекрывание отдельных протоков надвигающимися скоплениями наносов в руслах, и; которых они начинаются или в которые впадают, ведет к процессам затухания и возобновления деформаций. Русловая многорукавность. Это случай, когда река столь перегружена наносами, что для их транспорта предельный уклон оказывается недостаточным. Для обеспечения перемещения наносов река вынуждена расширять свое русло т. е. увеличивать фронт перемещения наносов. Разделение по тока на рукава происходит, в результате обсыхания незатопленных вершин ленточных гряд, движущихся в распластанное русло не цепочкой, а разбросано по ширине реки. Если вершины песчаных гряд — не заросшие, то тип русловой многорукавности может быть назван осередковым. Однако часто осередки в результате отложения на них наносов благодаря заметанию их поверхности превращаются в мелкие подводные образования — острова. В этом случае это островная русловая многорукавность. В случаях, если вершины ленточных гряд необсыхают, такой, тип процесса может быть назван блуждающим руслом (русло часто меняет свое положение, всегда имеется затопленные протоки). Таким образом, в случае русловой многорукавности имеются три основные разновидности: блуждающие русла, осередковая и островная многорукавность всякая классификация должна содержать общий для различных типов признак. В приведенной выше типизации ГГИ такими признаками являются мера использования потоком уклонов дна долины и способность потока, транспортировать донные наносы. С этой точки зрения отмечается:

а. все меньшее использование потоком уклона дна долины — при переходе от ленточногрядового типа к пойменной многорукавности;

б. уменьшение транспортирующей способности потока последовательно от русловой многорукавности, ленточногрядового типа процесса к пойменной многорукавности. При этом высокая транспортирующая способность русловой многорукавности связана не с использованием уклона, а с расширением русла, т.е. расширением живого сечения, увеличивающим

фронт перемещения наносов. Заметим также, что, если тип руслового процесса при ленточных грядах, побочнях и осередках определяется движением мезоформ речного русла, то во всех остальных случаях он обусловлен разными типами макроформ. По этой же причине исследование ленточных гряд и побочней должно в основном производиться гидравлическими методами, в остальных случаях необходимо привлекать характеристики всего бассейна, т. е. основные ведущие и независимые факторы, каковыми является водный режим, сток наносов и ограничивающие условия.

1.2 Современные представления о причинах меандрирования

Большинство рек России, стран бывшего СССР и всего мира имеют извилистое русло. Процесс формирования извилистых русел может быть признаком меандрирования, в ином же случае причиной этого процесса может быть обтекание рекой некоторых местных препятствий.

При вынужденном меандрировании в горных условиях препятствиями являются трудноразмываемые склоны речных долин, скопление крупнообломочного материала, выходы скальных пород. В районах с болотистой местностью поток равнинных рек протекающий среди болот, образует не развивающиеся излучины. Происходит это в следствии прохождения участка с плотным торфом или армированной растительностью. Возможность оценить скорость развития излучин (перемещений в плане) и связь их с определяющими факторами появляется при возникновении определенных морфологических образований в русле и существовании закономерности роста и расширения отдельных, и ряда смежных излучин. [2]

Термин «меандр», используемый для названия процесса, приводящего к образованию подобных форм — меандрирование, и самих излучин — меандры речные происходит от имени реки Меандр – ныне Большой Мендерес, река в Эгейском регионе западной части Малой Азии, на юго-западе Турции.. Река имеет четко выраженные плавные повороты русла. Причины меандрирования до сих пор не определены точным понятием. Выделяют более тридцати гипотез, некоторые из которых описаны выше. Другие гипотезы, объясняются свойствами потока, например, у рек, стекающих по ледникам, имеющие берега однородного строения, из льда. Причиной считают воздействие силы Кориолиса.

Речной поток находится в состоянии неустойчивого равновесия и любое незначительное воздействие отклоняет его от изначального направления.

Причина образования излучин по этой теории случайна, но развитие серии нижерасположенных излучин идет закономерно в результате возмущений, возникающих под влиянием импульса отражений потока.

Тип руслового процесса является формой транспорта наносов, причины меандрирования не имеют общего основания.

Меандрирование формируется благодаря многим факторам. Первый из которых – в потоке должен присутствовать материал - донные и взвешенные наносы, при движении формирующие отложения, с их помощью формируется пойма – намываемая часть дна речной долины. Вторым фактором – выраженные половодья на реке. Третьим – растительность на выпуклых берегах излучин, которая выполняет функцию закрепления свеженамытых участков поймы. [2]

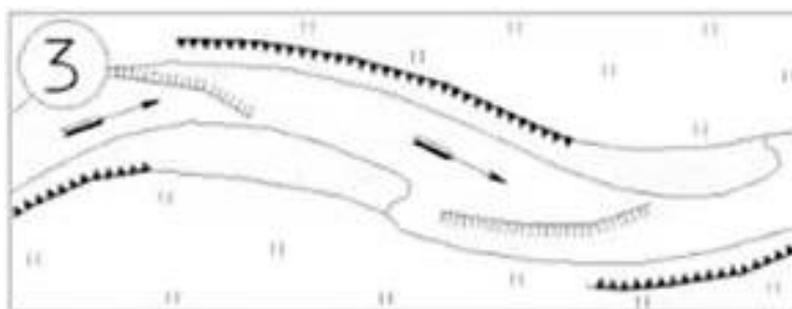
Механизм передачи наносов от размываемого берега к противоположному – намываемому на данный момент является не до конца изученным. В курсах гидрологии суши и динамики русловых процессов причиной является наличие в потоке поперечной циркуляции.

1.3 Ограниченное меандрирование

Основные принципы. Схема деформаций, пойменный массив и его признаки.

Деформация русла при ограниченном виде меандрирования (рис 1.3.1) – простейшей формой изменения положения излучин – описывается как слабоизвилистое русло, с углом разворота 120 градусов, закономерное сползание излучин вниз по течению без особых изменений форм и размеров этих излучин. По обоим берегам реки располагаются пойменные массивы. Подмыв этих массивов с верхней стороны и наращивание с низовой приводят к сползанию излучин без существенного изменения их плановой очертаний. Название ограниченное не описывает тип руслового процесса дословно, поэтому следует иметь ввиду, что ограниченное меандрирование имеет две основополагающие характеристики - слабоизвилистый и сползающий вниз поток. [3] На рисунке

представлено



ограниченное меандрирование из типизации ГГИ

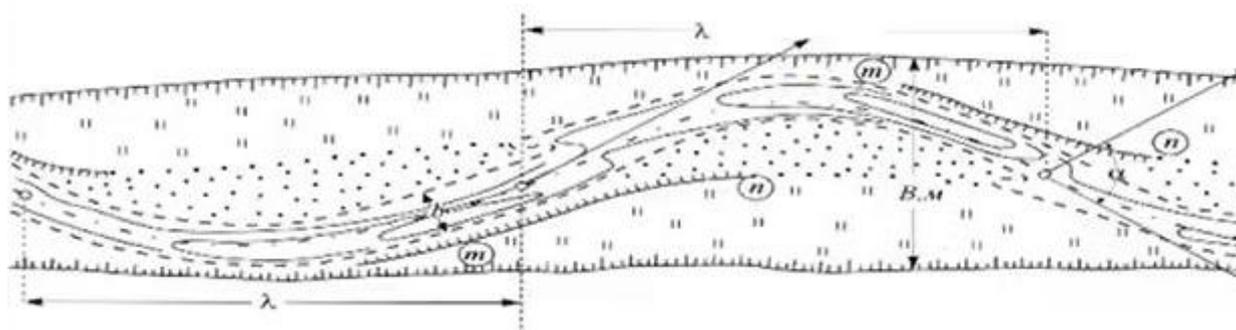


Рисунок 1.3.1 Ограниченное меандрирование

Рисунок 1.3.2 Схема ограниченного меандрирования (ВСН 163-83)

1.4 Прогнозирование плановых деформаций русла

а. Прогноз плановых деформаций русла на заданный срок составляется на основании экстраполяции значений смещения берегов русла, определяемых совмещением планов русла, выполненных с интервалом не менее 5-7 лет (достоверность прогноза существенно возрастает при наличии трех разновременных съемок, в том числе одной на момент проектирования перехода).

б. Совмещение планов выполняется по координатной сетке или по не изменяющим своего положения деталям местности.

в. Характер установленных при совмещении съемок зон плановых деформаций должен сопоставляться с фактическими деформациями (в ходе морфологического обследования участка русла при низких уровнях воды) по следующим признакам:

- зонам размыва должна соответствовать четко выраженная бровка берега, крутой береговой откос, лишенный растительности, со следами недавних обрушений;

- зонам намыва должны соответствовать сглаженные бровки берега, пологое очертание берегового откоса;

- должны быть опознаны на каждом из совмещенных планов наиболее характерные морфологические элементы, такие, как вершины и точки перегиба линий бровок вогнутого и выпуклого берегов, гребни и подвалья мезоформ и т.п.

Экстраполируя смещение характерных точек русла по направлению и по числовому значению, получают положение русла на прогнозируемый срок. При этом необходимо принимать во внимание обстоятельства, способные изменить характер русловых деформаций, в частности приближение излучины к коренному склону долины или останцу, образование спрямляющих протоков на смежных излучинах и др.

г. Оправдываемость прогноза следует считать тем выше, чем надежней исходные планы и их совмещение, подробнее освещен русловыми

съемками предыдущий ход развития излучины, меньше вариация интенсивности планового перемещения излучины за период совмещения съеомок и прогнозируемый период, продолжительней по сравнению с периодом колебаний водности срок прогноза и промежутки времени между следующими друг за другом исходными русловыми съемками.

е. При отсутствии съеомок предшествующих положений данного участка (излучины), но наличии подобных материалов по одной или нескольким излучинам рассматриваемого морфологически однородного участка прогноз плановых деформаций составляется следующим образом.

Границы зон плановых деформаций устанавливаются при морфологическом обследовании участка перехода по указанным признакам и на основании русловой съемки по смещению линии наибольших глубин относительно геометрической средней линии русла (в любом створе, нормальном к осевой линии русла, берега перемещаются от средней линии в сторону линии наибольших глубин).

Смещение береговой линии в произвольном створе данной излучины вычисляется по формуле

$$L_{\text{б}} = k C_{\text{макс}} T_{\text{пр}} (H_{\text{макс}} - H) / (H_{\text{пл}} - H) \quad (1.4.1)$$

где $H_{\text{макс}}$ - наибольшая глубина в расчетном поперечнике; $C_{\text{макс}}$ - наибольшая глубина в пределах всей излучины; H - средняя глубина двух смежных перекатов (глубины должны быть приведены к одному уровню); $T_{\text{пр}}$ - период прогноза (проектный срок эксплуатации сооружения); k - коэффициент скорости развития излучины, зависящий от степени ее развитости, выражаемой значением угла разворота ; определяется по дополнительной табл.

Входящая в формулу 1.4.1 максимально возможная для рассматриваемого морфологически однородного участка скорость плановых деформаций вычисляется по формуле 2

$$C_{\text{макс}} = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{\text{макс } i} / k_i)}{n_{\text{н}}} \quad (1.4.2)$$

где $C_{\text{макс}}$ - наибольшая скорость смещения берегов в пределах каждой излучины, для которой имеются данные совмещения русловых съемок (средняя по периметру вогнутого берега скорость размыва берега каждой излучины составляет 0,66 наибольшей на данной излучине); k - табличные значения коэффициента скорости развития соответствующей излучины; n - число излучин, по которым имеются данные совмещений.

f. . При полном отсутствии данных по смещению берегов в пределах рассматриваемого участка следует использовать материал по другой реке, которую можно рассматривать в качестве аналога. В качестве аналога можно рекомендовать реку с тем же типом руслового процесса, а для определения скоростей деформаций использовать их связь с определяющими факторами при данном типе руслового процесса. Для получения таких связей могут быть использованы дополнительные данные.

г. На вогнутых берегах излучин меандрирующих рек, как правило, не следует предусматривать капитального берегоукрепления с целью предотвращения (или замедления темпов) естественных плановых деформаций русла.

1.5 Гидроморфологический анализ руслового процесса

1.5.1 Определения. Задачи анализа.

Гидроморфологическим анализом называется комплекс приемов изучения натуральных материалов с целью выявления форм проявления руслового процесса, его закономерностей и связей с определяющими факторами.

В круг вопросов, входящих в гидроморфологический анализ, включается: выявление морфологических образований в руслах и на поймах рек, получение количественных характеристик русловых и пойменных форм, их изменений (деформаций), факторов, определяющих процесс, и выявление связей этих факторов с деформациями речных русел и пойм.

Использование данных гидроморфологического анализа в научных целях дает материал для установления закономерностей формирования речного русла, поймы и составляющих их морфологических элементов. Знание этих закономерностей позволяет разработать морфологические методы расчетов и прогнозов руслового процесса и должно лежать в основе разработки гидравлической теории русловых форм.

Практически выводы, полученные в результате гидроморфологического анализа руслового процесса, уже на ранних стадиях проектирования сооружений на реках и в их поймах позволяют решать задачи, связанные с выбором места расположения сооружений, общей оценкой условий их эксплуатации, с выбором оптимальной в данных условиях конструкции сооружения и наиболее эффективной системы защитных мероприятий.

1.5.2 Исходные материалы для гидроморфологического анализа

Основой для суждения о свойствах руслового процесса являются картографические и аэрофотосъемочные материалы, геоморфологические, геологические и гидрологические сведения.

Для определения деформаций надо располагать съемками за разные годы и за возможно более длительный период времени. Более частые съемки необходимы в тех случаях, когда деформации не носят длительное время однонаправленного характера и протекают относительно быстро, например, при побочневом типе руслового процесса и при разновидностях пойменной многорукавности.

Слишком частые съемки при малых скоростях деформаций русла и поймы малопригодны из-за больших погрешностей при сопоставлении. Средняя скорость деформаций будет определена более точно, если за период сопоставления наблюдались годы с разной водностью.

Мелкомасштабные топографические карты позволяют установить типы руслового процесса, как это сделал С. И. Пиньковский при сопоставлении карты распределения основных типов руслового процесса на реках СССР. Мелкомасштабные карты также можно использовать для оценки скорости плановых деформаций путем сравнения количественных характеристик макроформ за разные годы без наложения таких карт.

Анализ руслового процесса по аэрофотоснимкам имеет существенные преимущества по сравнению с использованием карт, составленных по наземным съемкам, поскольку аэрофотоснимок документально фиксирует все то, что имело место на местности в момент съемки, вследствие чего сомнения в точности изображений могут быть связаны лишь с разномасштабностью снимков. Пользование трансформированными снимками избавляет их от искажений.

Аэрофотоснимок позволяет видеть местность с большой подробностью и обзорностью, что очень важно для выявления морфологических образований в руслах реки на их поймах.

При пользовании аэрофотоснимками можно получить не только плановые, но и высотные изображения, т. е. видеть местность объемно. Это особенно существенно для оценки глубин речного русла. Если на аэрофотоснимке видно дно русла, то при стереоскопических измерениях всегда известно, какому элементу подводного рельефа соответствует промерная точка.

Особенно хороший эффект дает использование аэрофотоснимков как основы полевого картирования. При этом оптимальным следует считать случай, когда одновременно имеются и материалы аэрофотосъемки, и карты.

С помощью картографического и аэрофотосъемочного материала при исследованиях руслового процесса производится:

- a. выделение макроформ речного русла, получение их количественных характеристик и закономерностей развития;
- b. оценка деформаций речного русла
- c. полевое картирование характеристик руслового процесса и обуславливающих его факторов.

Для гидроморфологического анализа требуются также данные об условиях стока воды и наносов, ледовых явлениях и других гидрологических и гидравлических характеристиках, об истории развития речной долины, строении аллювия, о геоморфологии, геологии и почвах водосбора изучаемой реки, о его растительном покрове и хозяйственных мероприятиях на нем и в долине реки. Эти данные необходимы для суждения об источниках поступления наносов в реку, их транспорте по ней, об ограничивающих русловой процесс условиях, о режиме деформаций.

Данные должны быть получены и в том случае, если по своему составу и подробности они позволяют составить только общие, качественные суждения. Важно, чтобы собранные данные позволяли проследить не только их временные характеристики, но и особенности пространственного распределения их по длине реки для и площади водосбора.

1.5.3 Обработка исходных материалов

Первоочередной работой является подготовка картографических аэрофотосъёмочных материалов к гидроморфологическому анализу. Существенным моментом этой подготовки является приведение карт аэрофотоснимков к одному масштабу.

Далее определяются количественные характеристики макроформ речного русла. В этих целях строится средняя линия русла, определяются точки ее перегиба, устанавливаются линии шагов излучин побочней, определяются угловые характеристики этой средней линии и другие характеристики макроформ.

После этого намечаются границы морфологически однородных участков. При этом надо иметь в виду, что они не должны выходить за пределы бесприточных участков реки с тем, чтобы при определении абсолютных значений характеристик макроформ иметь однородные ряды этих значений.

Следующей операцией является оценка скорости русловых деформаций.

1.5.4 Оценка скорости деформаций речных русел и пойм

Оценка скорости деформаций макроформ ведется на основе сравнения карт различных лет съемки. Получение этих данных по большому числу макроформ позволяет считать средние значения деформации надежными.

Для сопоставления надо установить дату съемки, которая отличается от даты издания карты. Особенно это касается лоцманских карт, где местная ситуация неоднократно накладывается на одну основу.

Сопоставлению подлежат хорошо выраженные бровки, положение которых мало зависит от высоты стояния уровня воды в момент съемки.

Для сопоставления положения контуров подвижных внутрирусловых образований мало убедиться в том, что на смежных съемках они являются идентичными. Сопоставление проводится по одноименным горизонталям дна.

Различают два вида сравнения карт - сопоставление и совмещение. В первом случае съемки разных лет располагаются одна под другой в хронологическом порядке в общей координатной сетке. Общая координатная сетка на планах строится следующим образом.

На съемках каждого распознаются общие ориентиры, через которые проводится линия, занимающая на всех съемках одно и то же пространственное положение. Эта линия является опорной для построения сетки произвольных квадратов.

Под совмещением карт понимается непосредственное наложение разновременных съемок друг на друга. Это наиболее показательный прием сравнения карт.

Совмещение следует производить по участкам, охватывающим не более 2-3 смежных макроформ речного русла. Оно производится по координатным сеткам планов или по общим ориентирам. Планы совмещаются в хронологической последовательности парами. Кроме того, производится совмещение первого и последнего года съемки.

На совмещенных планах обозначаются зоны размыва и намыва берегов. После этого производятся измерения значений смещения хорошо выраженных бровок берегов русла и вычисляются значения в м / год.

При рассмотрении совмещенных планов важным критерием правильности сравнений положений бровок берегов является установление соответствия выявленных деформаций их общему ходу, свойственному тому типу руслового процесса, который наблюдается на анализируемом участке реки.

Наибольшие трудности возникают при оценке плановых деформаций намываемых берегов, поскольку бровка таких берегов выражена неотчетливо. Наиболее точно контур намываемого может быть установлен по гребню пляжа или гребню первого от реки берегового вала.

Оценка высотных деформаций речного русла и морфологических образований выполняется по так называемым схемам деформаций. Они представляют собой план участка реки с изолиниями значений размыва и намыва дна русла. Информативность схемы значительно повышается, если на ней одновременно показаны границы морфологических образований в русле реки. Схема деформаций составляется путем совмещения планов русловых съемок разных лет и сравнения положения горизонталей дна.

Использование схемы деформаций дает наибольший эффект в том случае, если кроме горизонталей, на съемках будут показаны характерные элементы мезо - и микроформ, например, и гребни, контуры подвалов гряд и т.д. Тогда схема деформаций будет содержать не только данные об их размерах, но и показывать, почему они произошли, т. е. будет выявлять структуру форм транспорта наносов.

Изменения высотного положения и скорости сползания ленточных гряд, побочней, осередков устанавливаются на основе совмещения разновременных продольных профилей русла.

1.5.5 Восстановление прежних положений русла по аэрофотоснимкам

Суть восстановления заключается в следующем.

На аэрофотоснимках пойм меандрирующих рек хорошо видна система дугообразно изогнутых полос, напоминающих не полностью развитый веер. Эти системы представляют собой следы прежних положений береговых валов, отошедших от русла реки в глубь поймы в ходе его плановых деформаций. Каждая полоска, составляющая веер, характеризует прежнее положение выпуклого берега излучины. Первый от реки вал характеризует положение выпуклого берега излучины, непосредственно предшествующее современному положению русла, второй от реки вал - еще более раннее и т.д.

Проводя линии, соответствующие гребням валов, можно получить ряд последовательных положений бровок выпуклого берега русла. Прделав такую операцию по ряду смежных излучин и приняв положение бровок выпуклых берегов русла за опорные линии, можно проинтерполировать их от одной излучины к другой и получить общий контур русла, предшествующий данному, в бровках меженных берегов. Построение осуществляется последовательно от современного русла в глубь поймы.

Главная ценность восстановления прежних положений русла по аэрофотоснимкам заключается в возможности получить общую схему развития излучины. Эта схема выявляется достаточно надежно и убедительно. Для количественных же оценок ее надо применять с осторожностью. Получение полных схем деформаций речных излучин позволяет выявлять тенденции их деформаций, исследовать характер взаимодействия смежных излучин, оценить возможные крайние положения пояса меандрирования, выявить участки реки и отдельных излучин с разной скоростью плановых деформаций или, во всяком случае, устойчивые и неустойчивые в плане.

Восстановление прежних положений речного русла по аэрофотоснимкам практически осуществляется следующим образом.

Из контактных отпечатков составляется накидной монтаж с таким расчетом, чтобы он освещал не менее 3-4 смежные излучин русла. На накидном монтаже очерчивается произвольная рамка, оконтуривающая исследуемые излучины. Затем на снимки накладывается калька, на которую переносится эта рамка, современный контур русла и гребни прежних береговых валов, отчетливо видимые на аэрофотоснимке.

На полученную схему вееров валов вновь накладывается калька, на которую переносится рамка и прочерчивается положение первого от реки вала. От этой линии восстанавливаются перпендикуляры длиной, равной ширине современного русла. Таким путем получается положение русла реки, предшествующее современному. Такое же построение производится по смежным излучинам. Концевые участки линий, оконтуривающих русло соединяются между собой пунктирными линиями и таким путем получают очертания нескольких смежных излучин, предшествующих современным. Пунктирные линии позволяют видеть участки, на которых положения русла основаны на опорных линиях, и участки, проведенные гипотетически, т. е. восстановленные менее надежно.

Как видим, на каждой кальке получается только одно положение русла. Для того чтобы получить схему развития излучины следует наложить кальки одну на другую по очерченным на них рамкам и нанести ряд прежних положений русла в совмещенном виде. Построение можно упростить, совмещая только средние линии русла.

Срок переформирования речного русла определяются камеральным путем и с помощью полевого дешифрирования аэрофотоснимков.

Камеральный путь сводится к оценке скорости плановых деформаций на основе сопоставления карт разных лет съемки распространения этих сроков на более древние положения речного русла.

О сроках переформирования речного русла можно судить по ежегодной толщине наилка или по возрасту древесной растительности на правом от реки береговом валу.

Возраст берегового вала может быть приближенно оценен исходя из существующих данных о сроках формирования современной поймы и подсчета числа валов, ее образующих. [5]

Общее число вееров перемещения русла в пределах дна долины может быть оценено по числу валов в современном поясе меандрирования, умноженному на число смен этого пояса. Общее число смен пояса может быть подсчитано по числу высотных ступеней на пойме (высотные ступени на пойме могут быть определены по аэрофотоснимкам стереоскопически). Каждому поясу меандрирования свойственна своя высота его общей поверхности.

1.5.6 Схема выполнения гидроморфологического анализа

Опыт выполнения гидроморфологического анализа руслового процесса позволяет рекомендовать определенную схему его осуществления при решении конкретных практических задач.

Рассмотрим общую схему гидроморфологического анализа. Он разбивается на ряд последовательных этапов.

То обстоятельство, что можно располагать надежной типизацией руслового процесса и определять его тип по уже существующим материалам, позволяет поставить первым обязательным этапом его исследований на конкретных участках предварительные камеральные работы.

Они заключаются в сборе картографических, аэрофотосъемочных, гидрологических, геологических геоморфологических материалов, уже имеющихся по объекту исследований, интерпретации полученных данных по русловому процессу (выделение типа процесса, определение его количественных характеристик, закономерностей развития и связей с определяющими процесс факторами).

Вторым этапом является проведение полевых работ, направленных на получение недостающих данных и уточнение данных, полученных в результате обработки существующих материалов.

Третий этап заключается в обобщении материалов предварительного камерального анализа полевых исследований.

В итоге обобщения должен быть получен материал, характеризующий развитие руслового процесса на исследуемом участке реки как основа для разработки его теории, методов расчета и прогноза, необходимых для оценки влияния деформаций речных русел и пойм на хозяйственную деятельность.

Можно предложить следующую схему обобщения материалов о русловом процессе по конкретному участку реки.

1. Цель и задачи исследования.

2. Характеристика условий формирования стока воды и наносов – основных факторов руслового процесса:

a. особенности развития эрозии на водосборе (источников поступления наносов)

b. условия транспорта наносов по длине реки (участка) – особенности распространения по длине участка поводочной волны, переотложений наносов, особенности ограничивающих факторов

c. краткая история формирования речной долины, террас и поймы реки. Сведения о современных и унаследованных морфологических образованиях

3. Типы руслового процесса по бесприточным участкам:

a. границы и длины морфологически однородных участков, общая характеристика каждого из них. Причины смены типа процесса

b. общие тенденции развития руслового процесса на каждом морфологическом участке. Общие тенденции в развитии крупных форм русла, их связь с мезо – и микроформами, особенности обмена наносами между руслом и поймой реки, изменения в соотношении взвешенных и донных наносов

c. оценка влияния русловых пойменных деформаций на хозяйственную деятельность (существующую и проектируемую)

4. Типичные схемы развития макроформ. Их морфологические гидравлические характеристики в виде таблиц, схем, графических и аналитических зависимостей, их обобщения по участкам

5. Оценка скорости деформаций русла и поймы реки (таблицы, совмещенные планы, зависимости от определяющих факторов)

6. Прогноз деформаций русла (будущей топографии участка русла и поймы реки)

7. Программа и указания по дальнейшим исследованиям руслового процесса на участке

Более подробное описание приведенной схемы гидроморфологического анализа можно найти в ряде нормативных документов, опубликованных Государственным гидрологическим институтом. [5]

2 Дистанционные методы изучения окружающей среды

2.1 Дистанционные методы получения информации о Земле

Современный мир не перестает удивлять нас новыми открытиями и достижениями. В наши дни человек владеет колоссальными знаниями. Область его интересов и деятельность ограничиваются не только Землей, а выходят и за ее пределы. Наука и технологии служат человеку в первую очередь для улучшения качества его жизни и становятся теми средствами, с помощью которых можно находить более эффективные способы решения экономических, экологических и социальных проблем. Сегодня все более активно используются данные о нашей планете, получаемые с искусственных спутников и пилотируемых космических аппаратов. Они называются данными дистанционного (удаленного) зондирования. Этот широко применяемый в наши дни термин — синоним словосочетаний «изображение Земли из космоса» и «космические снимки Земли». К основным достоинствам дистанционного зондирования можно отнести возможность мониторинга (от лат. monitor — тот, кто предупреждает) или регулярных наблюдений за динамикой географических процессов. Дистанционные методы исследования окружающей среды были известны еще в древнем Риме. В XVIII в. люди научились получать первые снимки-рисунки различных объектов с помощью фотокамеры — камеры-обскуры (от лат. camera — комната и obscura — темная). С развитием фотографии появилась возможность моментально получать детальные и точные снимки. Сначала проводилась фотосъемка местности (с воздушных шаров и воздушных змеев, позднее — с аэростатов и аэропланов). Первый космический снимок Земли был сделан в 1960 г. За последние годы развитие компьютерных технологий и ГИС привели к тому, что данные спутникового мониторинга нашли применение в самых разных областях — от сельского хозяйства до геоэкологии. Это позволило оперативно реагировать на малейшие изменения в окружающей среде и предупреждать опасные явления и процессы. Одно из известных вам направлений использования космических снимков — метеорология. Изучение атмосферы Земли — одна из самых сложных научно-

практических задач. Возможности дистанционных методов зондирования позволили вести наблюдение за атмосферой на обширных пространствах в режиме реального времени и отслеживать формирование облачности (определять тип и мощность облачности, получать ее стереоскопическое изображение, измерять температуру и т.д.). Слежение за формированием и передвижением циклонов позволило заранее прогнозировать опасные для человека явления природы (ураганы, смерчи, торнадо) и тем самым предупреждать их тяжелые последствия. Скрыть объявление Космическая съемка незаменима при составлении метеопрогнозов, прогнозировании опасных атмосферных явлений, при исследовании радиационного баланса Земли. Она позволяет определять местоположение локальных источников загрязнения (теплоэлектростанций, целлюлозно-бумажных комбинатов и др.) и вести наблюдение за экологической ситуацией в районах захоронения токсичных отходов. Важное практическое направление использования космоснимков — учет природных ресурсов. Дистанционное зондирование значительно упростило оценку их запасов, особенно в труднодоступных районах. Так, при изучении лесных ресурсов стало проще производить подсчет площадей лесов, определять тип лесонасаждений и возраст деревьев, доминирующие породы и объем биомассы. Упростились не только картографирование лесных массивов, но и контроль за их сохранностью, включая контроль за рубками, границами водоохранных зон и т.п. Спутниковые данные помогают раннему (оперативному) обнаружению пожаров. Известно, что при площади очага пожара менее 5 га его ликвидация осуществляется десантом всего из 4—6 человек, то есть относительно легко и быстро. Природные стихийные бедствия, такие как наводнения, лесные пожары, цунами, ураганы, землетрясения, извержения вулканов, торнадо и другие, наносят огромный экономический ущерб и приводят к человеческим жертвам. Поэтому мониторинг чрезвычайных ситуаций очень важен. Использование дистанционных методов зондирования позволяет прогнозировать возникновение чрезвычайных ситуаций, локализовать

опасные явления на начальных стадиях развития и значит — уменьшить возможный ущерб. В настоящее время наземные службы России контролируют 27% площади лесного фонда, 47% — находятся под охраной авиационной лесной службы. Неохраняемая площадь составляет 26%, или около 300 млн га. Над этой площадью контроль осуществляется только при помощи спутниковой съемки. С ее помощью можно выявить вновь возникающие очаги пожара даже под дымовой завесой, а в случае возгорания торфа — даже при отсутствии открытого пламени. Применение дистанционного зондирования в изучении минеральных ресурсов позволяет исследовать условия залегания горных пород и оценить объемы предполагаемых месторождений. Эффективно использование космических снимков и при поиске нефти, природного газа, угля, решении проблем развития альтернативных источников энергии, таких как геотермальная, энергия солнца и ветра, а также при строительстве и эксплуатации атомных и гидроэлектростанций. Космические снимки используют для изучения водных и биоресурсов, в частности для определения запасов фитопланктона и рыбного промысла, для исследования ареалов обитания различных видов животных. Применение космических снимков в сельском хозяйстве позволяет повысить эффективность использования земель, так как они «видят» районы с угнетенной растительностью и помогают определить, куда и сколько нужно внести удобрений, где и как часто производить полив, когда можно собирать урожай. Применение космических снимков для исследования морских акваторий также позволяет решать разнообразные хозяйственные задачи: исследовать ледовую обстановку, осуществлять контроль над рыболовством. Кроме того, они обеспечивают проведение мониторинга температурного режима и солености воды, изучение изменений береговой линии шельфа. Особенно заинтересованы в дистанционном зондировании морских акваторий научно-исследовательские организации и компании, занимающиеся добычей морепродуктов и полезных ископаемых в шельфовой зоне и обеспечивающие судоходство и навигацию. Космические снимки позволяют оценить запасы снега и льда, что вместе с

анализом температурных показателей дает возможность прогнозировать скорость таяния снега и предупреждать наводнения. Обнаружение и локализация ледяных заторов, на сибирских реках, например, позволяют избежать резкого подъема уровня воды и связанных с ним бедствий. Развитие хозяйственной деятельности неразрывно связано с использованием природных ресурсов. Интенсивное их потребление в прошлом веке привело к существенному ухудшению экологической ситуации во многих районах страны. Система спутникового мониторинга помогает своевременно обнаруживать загрязнения водных объектов и почв, воздуха и снежного покрова, мест разрывов нефте- и газопроводов, оценить выбросы загрязняющих веществ промышленными предприятиями и своевременно бороться с проблемами обезлесения и опустынивания. На сегодняшний день практически не осталось направлений в исследовании Земли, в которых бы не использовались космические снимки. Применение спутникового мониторинга дает возможность управлять территориями, правильно и своевременно принимать решения в случае возникновения чрезвычайной ситуации. Напомним, что для дешифрирования космического снимка в первую очередь необходимо определить, какое это явление (объект) изображено на снимке и на какой территории. Затем — найти явление (объект) на карте, определить его географическое положение, качественные и количественные характеристики.

2.1.1 История использования данных аэрокосмического мониторинга.

Дистанционные методы исследования окружающей среды ведут свою историю с древнейших времен. Например, еще в Древнем Риме существовали изображения различных географических объектов в виде планов на стенах зданий. В XVIII в. определение размеров и пространственного положения предметов происходило по его рисованным изображениям в центральной проекции, которые получали с помощью камеры-обскуры с возвышенных мест и судов. Исследователь получал снимки-рисунки, графически фиксируя оптическое изображение. Уже при съемке производился отбор и обобщение деталей изображения. Следующими этапами в развитии дистанционных методов стали открытие фотографии, изобретение фотообъектива и стереоскопа. Фотографическая регистрация оптического изображения позволила получать практически моментальные снимки, которые отличались объективностью, детальностью и точностью. Французский геолог и альпинист Э. Цивиаль выполнил фотографирование в Пиренеях и Альпах. Фотографии местности, сделанные с высоты птичьего полета с воздушных шаров и воздушных змеев, сразу же получили высокую картографическую оценку. Для различных военных и гражданских целей использовались снимки с привязных аэростатов и аэропланов. Первые самолетные съемки совершили революцию в дистанционном зондировании, но они не позволяли получать необходимые мелкомасштабные изображения. Однако в 1920 —1930-е гг. фотосъемка местности с самолетов широко применялась для создания лесных, топографических, геологических карт, для изыскательских работ. Следующим этапом стало использование баллистических ракет. Первый снимок земной поверхности был получен при помощи фотоаппарата, установленного на баллистической ракете *Fau-2* немецкого производства, запущенной в 1945 г. с американского ракетного полигона *White Sands*. Ракета достигла высоты 120 км, после чего фотоаппарат с отснятой пленкой был возвращен на Землю в специальной капсуле. До конца 1950-х гг. космическая съемка поверхности

Земли осуществлялась с высот до 200 км исключительно с использованием аппаратуры, устанавливаемой на баллистических ракетах и зондах. Несмотря на несовершенство методики получения снимков при фотографировании с баллистических ракет, они широко применялись благодаря их относительной дешевизне для изучения растительности, типов использования земель, для нужд гидрометеорологии и геологии и при исследованиях природной среды. Началом систематического обзора поверхности Земли из космоса можно считать запуск 1 апреля 1960 г. американского метеорологического спутника *TIROS-1* (*Television and Infrared Observation Satellite*). Первый отечественный ИСЗ аналогичного назначения, «Космос-122», был выведен на орбиту 25 июня 1966 г. Работа спутников серии «Космос» («Космос-144» и «Космос-156») позволила создать метеорологическую систему, впоследствии разросшуюся в специальную службу погоды (система «Метеор»).

Уже со времени второго пилотируемого полета Г.С.Титова на корабле «Восток-2» (1961) производилась съемка Земли. В качестве съемочной аппаратуры использовались ручные фотокамеры. Со второй половины 1970-х гг. космические съемки стали проводиться в массовом порядке с автоматических спутников. Первым спутником, нацеленным на исследование природных ресурсов Земли, стал американский космический аппарат (КА) *ERTS* (*Earth Resources Technological Satellite*), впоследствии переименованный в *Landsat*, дававший разрешение на местности в 50 — 100 м. По-настоящему широкие перспективы открылись перед дистанционным зондированием с развитием компьютерных технологий, переносом всех основных операций по обработке и использованию данных съемок на компьютеры, особенно в связи с появлением и широким распространением ГИС. Сейчас задачи оперативного спутникового контроля природных ресурсов, исследования динамики протекания природных процессов и явлений, анализа причин, прогнозирования возможных последствий и выбора способов предупреждения чрезвычайных ситуаций считаются неотъемлемым атрибутом методологии сбора информации о состоянии интересующей территории (страны, края, города), необходимой

для принятия правильных и своевременных управленческих решений. Особая роль отводится спутниковой информации в геоинформационных системах, где результаты дистанционного зондирования поверхности Земли (ДЗЗ) из космоса являются регулярно обновляемым источником данных, необходимых для формирования природоресурсных кадастров и других приложений, охватывая весьма широкий спектр масштабов (от 1:10 000 до 1:10 000 000). При этом информация ДЗЗ позволяет оперативно оценивать достоверность и в случае необходимости проводить обновление используемых графических слоев (карт дорожной сети, коммуникаций и т.п.), а также может быть использована в качестве растровой «подложки» в целом ряде ГИС-приложений, без которых сегодня уже немыслима современная хозяйственная деятельность.

2.1.2 Развитие аэрофотогеодезических исследований

В истории России возможно отметить четыре этапа формирования, развития и совершенствования аэрофотогеодезических исследований. Начальный этап принадлежит к окончанию девятнадцатого века.

Восемнадцатого мая 1866 года Руководитель военно-воздухоплавательной части поручик А. М. Кованько, с помощью воздушного шара, принадлежавшего Русскому техническому обществу, с возвышенности около километра заполучил первейшие снимки центра города Санкт-Петербурга и акватории Финского залива. Снимки были осуществлены при косом наклоненном положении оси обыкновенного фотоаппарата с форматом снимка 12X16 сантиметров. В тот же период В. И. Срезневский изобрел первую российскую фотокамеру с целью фотографирования с воздуха форматом 24X24 см, а в 1898 году отечественный конструктор Р. Ю. Тиле придумал автоматизированное устройство с несколькими камерами, названное им панорамографом. [1]

Данными фотоаппаратами сделаны первые опытные съемки с воздушных шаров. В конце первого десятилетия двадцатого века в период боевых маневров свершилась первая в нашей стране, аэрофотосъемка с летательного аппарата. Через три года полковником отечественных войск В. М. Потте в первый раз для этой цели в свет вышел полуавтоматический пленочный аэрофотоаппарат для плановой аэрофотосъемки, исполнивший немаловажную значимость в становлении российской и мировой аэрофотосъемки.

Теоретические и практические исследования в сфере аэрофотографии были собраны в труде из трех томов Р. Ю. Тиле «Фотография в современном развитии», труде полковника российских войск В. Ф. Найденова «Измерительная фотография и применение ее в воздухоплавании» и в иных произведениях. Необходимо выделить, что в дореволюционный промежуток развития аэрофотогеодезии в нашей стране аэрофотосъемочные работы носили эпизодический вид, проделывались отдельно и надлежащего распространения

не приобрели. Вторым этапом рассматриваемых исследований наступает с распоряжения В. И. Ленина (1919 год) об организации Высшего геодезического управления, была установлена цель - стремительное изучение территории государства в топографическом отношении с замыслом повышения и формирования производительных мощей.

Надлежало определить аэрофотосъемочные труды на стойкую предметно-техническую базу и с этой целью, разработать оптико-механическую промышленность, обучить и организовать квалифицированные кадры, исследовать научные основы способов производства этих работ и улучшения материалов аэрофотосъемок. В 25 году XX века при объединении «Добролет», а через некоторое время, при обществе «Укрвоздухпуть» формируются первейшие производственные аэрофотосъемочные отделения, осуществляющие аэрофотосъемки согласно целям различных хозяйственных учреждений (лесных, аграрных, и других). Ближе к 30-м годам выполнены первые аэрофотосъемочные работы в рамках задач гидрологии — для болотистых мест и гидрографического дешифрирования.

Увидели свет первые публикации, доказывающие обширный потенциал и достоинства аэрофотосъемочных методов исследований в области гидрологии. Одновременно с подготовкой сотрудников в ряде высших учебных заведений и НИИ государства происходило формирование российского аэрофотосъемочного; и фотограмметрического приборостроения. В 1935 г. профессором М. М. Русиновым были изобретены широкоугольные ($2p=100^\circ$) и сверхширокоугольные ($2p=120^\circ$) объективы, резко увеличивающие полосу захвата территории на аэрофотоснимке.

Это разрешило кардинально облегчить методологию фотограмметрической обработки снимков и уменьшить размер полевого геодезического обоснования съемок. Вторым периодом характеризуется также широкими исследованиями по созданию стереофотограмметрических методов и устройств для обработки снимков (ученые М. Д. Коншин; Т. В. Романовский и Ф. В. Дробышев). В последующий послевоенный период развития

аэрофотогеодезических исследований немалый интерес уделяется повышению точности стерео-измерений на снимках. В эти годы были созданы универсальные стереопроекторы Романовского (СПР) и Дробышевские стереографы (СД), а также более совершенные аэрофотоаппараты серии АФА-ТЭ. Положено начало неограниченному внедрению вычислительной техники, появились новые фотоэлектронные разновидности съёмки местности. Тогда же создаются методические основы декодирования аэроснимков (Л. М. Гольдман). Разработанные методы повсеместно используются при выполнении работ по гидрографическому дешифрированию фотоснимков в ходе рекогносцировочных и детальных исследований водных объектов суши. С выходом человека в космос открылась новейшая фаза в формировании аэрокосмических методов изыскания водных объектов суши (четвертый этап). Следом за полученными в августе 1961 года, первыми снимками Земли с космоса. Последовательно передаваемые на землю спутниковые телевизионные изображения успешно используются гидрологами при оценке выходов речных вод на поймы во время половодий, оценке ледовой обстановки на озерах, водохранилищах и морях, картографировании снежного покрова и решении иных задач в оперативной практике гидрометеорологической службы. Работниками образованной 43 года назад лаборатории аэрокосмических методов ГГИ с недавнего времени изобретены и благополучно введены в практику разные технологии гидрологических исследований по изображениям со спутников. Помимо этого, данной лабораторией с помощью использования материалов аэрофотосъёмки и аэрогидрометрии разработаны способы получения сведений о скорости поверхностного течения речного потока и в водоемах, методы анализирования плановых деформаций речных русел, картографирования наледей подземных вод и другое. Безусловно аэрофотогеодезические методы исследований в ближайшем будущем получат глобальное использование в оперативной практике гидрологического обеспечения народного хозяйства, будут непременно в использовании при планировании природозащитных действий по итогам контролирования и

оценки состояния водных объектов Земли на базе аэро- и космической информации.[1]

2.2 Аэрокосмические методы в гидрологической практике.

Общая характеристика аэрокосмических съемок местности.

В предыдущей главе описывалось, аэрофотогеодезические исследования водных объектов суши производятся на основе всестороннего изучения изобразительных свойств фотоснимков или другого вида информации, получаемых в результате проведения аэрокосмических съемок территории. Данные съемки включают ряд процессов, основными из которых являются, летносъёмочный, фотолабораторный, топографо-геодезический и фотограмметрический.

Суть и задачи каждого из этих процессов сводятся к следующему; задачей летносъёмочного процесса является фотографирование территории в различных зонах спектра и изготовление снимков заданного масштаба. Помимо этого, получают инструментальные данные, о положении съёмочной аппаратуры в момент фотографирования. Фотолабораторная деятельность предусматривает фотографическую обработку и копирование фотоснимков, полученных в полете.

Топографо-геодезический процесс заключается в определении координат отдельных точек местности, изобразившихся на снимках. Такие данные необходимы для географической привязки снимков и установления, их связи с геодезической системой координат.

Декодирование изображений рассматривается как составляющая часть топографической и геодезической операции. Стереофотограмметрическая работа включает в себя обработку получаемых изображений с целью их модифицирования в заранее определенные картографические проекции в виде преобразованных изображений, фотопланов или фотосхем.

Благодаря выполнению данных процессов получают, материалы съемок, причем материалы, помимо в виде фотографий, но и в виде графиков и регистрограмм, которые фиксируют физические свойства вод поверхности Земли.

Помимо авиационных съемок участка в практике гидрометеорологической службы России также имеют место и аэровизуальные наблюдения водных объектов суши как один из аэрометодов изучения природных ресурсов.

Эти исследования в основном предназначены, для оперативного изучения труднодоступных районов. Изменяя условия наблюдения, аэровизуальные методы позволяют изучать с высоты каждый водный объект в его естественной форме и натуральном размере. Аэровизуальные исследования проводятся на предварительных запланированных маршрутах.

В этом случае обычно применяют самолеты с низкой скоростью и вертолетами.

Высота и скорость полета избираются в зависимости от деталей осмотра гидрологического объекта или явления.

Плоды аэровизуальных исследований рек, озер, болот и других объектов географии отмечаются в виде пометок и эскизов на маршрутных схемах, картах, малоформатными фотоаппаратами. Изыскания зачастую имеют рекогносцировочный вид, при обследовании ледовой обстановки или анализа формы затопления пойм реки паводками. Прodelывают их также и для систематического изучения территории при исследовании динамики снежного покрова на водосборах и другие процессы. С целью улучшения эффективности гидрологических исследований при одновременном повышении их качества как правило наблюдения с воздуха дополняют или замещают изыскания.

Заключения аэровизуальных исследований имеют субъективную форму, так как данные принимаются с помощью зрения человека, и в связи с этим прячет в себе неточности и грубые ошибки.

Аэрокосмические съемки территории считаются существенно точным способом изучения водных объектов, в силу того, что фиксируется мгновенное состояние поверхности земли на снимках.

Что касается проблем гидрологии, основными выделяются:

— дистанционный характер изучения предмета или явления;

— способность получать последовательную или непрерывную информацию в масштабах каждого водосбора, крупных территорий или в глобальном масштабе;

—одновременное получение однородной информации для всей исследовательской области;

— применение материалов съемок в отрасли прогнозирования и расчетов речных стоков, развития различных гидрологических процессов и явлений, а не исключительно для рассмотрения проблем инвентаризации и употребления водных ресурсов;

— гарантия улучшения качества и продуктивности исследований;

— усовершенствование эргономических обстоятельств обработки материалов съемок в камеральных условиях.

В зависимости от типа приемника излучения воздушные и космические съемки подразделяются на фотографические и фотоэлектронные: телевизионные, инфракрасные, радиометрические, ультрафиолетовые и тому подобные.[1]

2.3 Геометрические свойства снимков.

Ориентирование и масштаб снимка.

Аэроснимок представляет собой центральную проекцию участка местности. Изображение местности в уменьшенном виде строится геометрически на аэроснимке прямолинейными проектирующими лучами, направленными от точек местности к центру проектирования объективу аэрофотоаппарата. Причем каждой точке местности соответствует только одна точка на перспективном изображении, каждой прямой на местности только одна прямая, но не наоборот. Из сущности центральной проекции следует одно из геометрических свойств аэроснимков, оптическая обратимость, т. е. возможность восстановить связку проектирующих лучей, существовавших в момент фотографирования. Свойство оптической обратимости используется при обработке аэроснимков для преобразования их из наклонных в горизонтальные и приведения аэроснимков к одному масштабу. Аэроснимок, плоскость которого в момент фотографирования занимала строго горизонтальное положение, называется горизонтальным. Положение аэроснимка относительно центра проектирования определяется значением фокусного расстояния камеры и положением главной точки аэроснимка. Если из центра проектирования опустить перпендикуляр на плоскость негатива, то основание этого перпендикуляра будет называться главной точкой аэроснимка, а длина перпендикуляра фокусным расстоянием.

Координаты главной точки в системе координат снимка и значение фокусного расстояния объектива аэрофотоаппарата являются элементами внутреннего ориентирования аэроснимка. Если угол отклонения оптической оси аэрофотоаппарата от вертикали не превышает 3° , а при космической фотосъемке 10° , то аэрокосмическую съемку называют плановой. В случае больших углов наклона съемку называют перспективной, а снимки

наклонными, или перспективными. Величины, определяющие положение фотоснимка относительно геодезической системы координат, называются

элементами внешнего ориентирования снимков. Таких элементов шесть: три линейных и три угловых. К линейным элементам относятся три пространственные координаты центра проектирования, к угловым три угловых поворота вокруг пространственных осей координат. При этом два угловых поворота определяют направление, в пространстве главного луча, а третий характеризует угол поворота снимка в своей плоскости. Для горизонтальных снимков два угловых элемента внешнеориентирования равны нулю, так как главный луч связки проектирующих лучей занимает отвесное положение. Итак, положение аэроснимка относительно центра проектирования, определяется тремя элементами внутреннего ориентирования, а положение аэроснимка (или связки проектирующих лучей) относительно геодезической системы координат — шестью элементами внешнего ориентирования. Масштаб планового аэроснимка плоской местности приблизительно равен отношению величины фокусного расстояния объектива аэрофотоаппарата к высоте фотографирования и является величиной постоянной. Для рельефной местности рассматриваемый масштаб непостоянен и зависит от превышений сфотографированных точек местности относительно произвольно выбранной начальной плоскости. Масштаб планового космического фотоснимка для центра снимка определяется также отношением фокусного расстояния космической съемочной камеры к расстоянию от центра проектирования до подспутниковой точки. При перспективной космической фотосъемке масштаб изображения является величиной переменной. [1]

Если оптическая ось аэрофотоаппарата в момент фотографирования не занимала строго отвесного положения, а центры проектирования двух смежных аэроснимков не располагались в одной горизонтальной плоскости, масштаб изображения в различных частях аэроснимков и самих аэроснимков будет иметь разные значения. Для приведения аэроснимков к одному масштабу, в пределах всей площади кадра, требуется выполнение фотограмметрических работ по их преобразованию. Наклонный аэроснимок как центральная проекция имеет ряд характерных точек и линий.

Выше отмечалось, что масштабы изображения местности на горизонтальном и наклонном аэроснимке различаются своей изменчивостью. В случае наклонного аэроснимка масштаб горизонтального аэроснимка сохраняется лишь по горизонтали, проходящей через точку нулевых искажений. Если предположить, что горизонтальный и наклонный аэро-снимки получены при одном положении центра проектирования и наклонный аэроснимок пересекается с горизонтальным по линии неискаженных масштабов, проходящей через точку нулевых искажений, то вдоль других линий, параллельных, масштаб является постоянным, но отличным от неискажённого и всюду разным. В отличие от этого вдоль линий, секущих горизонтали, масштаб будет переменным. Линия неискаженных масштабов делит снимок на две части в нижней части масштаб крупнее масштаба горизонтального снимка, в верхней мельче. В соответствии с этим длины отрезков, измеряемых на наклонном аэроснимке, будут отличаться от тех значений, которые были бы измерены на горизонтальном аэроснимке. Вследствие искажения длин отрезков на аэроснимке из-за наклона оптической оси аэро-

фотоаппарата возникают искажения форм и размеров изображений объектов местности на аэроснимках. Космическая фотосъемка выполняется с высот свыше 200 км. Поэтому изображение на снимках искажается за счет влияния кривизны поверхности земли. В общем случае задача исправления космических фотоизображений за счет влияния кривизны поверхности земли сводится к преобразованию одной перспективной проекции в другую с использованием аналитических зависимостей между координатами, точек

снимка и местности, решаемых на ПК.

В практике гидрологических исследований широко используются также сканерные телевизионные, тепловые и радиолокационные снимки.

Сканирующий процесс является одним из источников значительных геометрических искажений, аэро- и космических снимков. Эти искажения обусловлены разномасштабностью изображения вдоль и поперек направления

съемочного маршрута, которое строится, по принципу наклонной дальности. Кроме того, изображения искажаются, за счет влияния рельефа местности, несогласованности скорости движения носителя и скорости развертки сканирующего устройства, из-за асинхронности работы электронных преобразователей и оптических систем, а также за счет искажения сигналов процессе его преобразования, передачи, и приема.

Для учета, и устранения геометрических искажений сканерных снимков применяется система опорных координатных меток, которые располагаются равномерно по всему полю изображения. Эта система, симметричных перекрестий позволяет обнаруживать криволинейность сканирующих строк, несовпадение начала и конца строк с границами поля изображения, неравномерность, распределения строк сканирующего растра. Опорные координатные сетки должны быть калиброваны с точностью не ниже $\pm 1-2$ мкм.

Геометрические искажения фотографических и сканерных аэро- и космических снимков максимально устраняются в процессе фототрансформирования снимков.

2.4 Основы дешифрирования аэрокосмических снимков.

Дешифрирование снимков заключается в выявлении и распознавании объектов местности, установлении их качественных и количественных характеристик и взаимосвязей по аэро космическим изображениям земной поверхности. Различают топографическое и специальное, или отраслевое дешифрирование.

Топографическое дешифрирование объектов местности, как наиболее универсальный вид общегеографического дешифрирования, заключается в обнаружении и распознавании объектов гидрографии, растительности всех типов, различных угодий, строений и сооружений, населенных пунктов, дорог, отдельных форм рельефа, т. е. тех объектов, которые отображаются на топографических картах и планах. [1]

Гидрографическое дешифрирование — это специальное дешифрирование, имеющее своей целью изучение водных объектов суши и их водосборов и получение необходимых их гидрологических характеристик. Сопоставляя плановые аэроснимки разных лет, можно получить данные об эволюции гидрологических процессов, например, плановых деформаций русла реки, формирования руслового процесса, степени размываемости берегов, зарастании водных объектов и др. Особо ценную информацию для исследования гидрологических процессов содержат последовательные телевизионные изображения земной поверхности, получаемые с помощью радиотелевизионных комплексов. Телевизионные спутниковые изображения позволяют исследовать такие гидрологические процессы и явления, какими являются динамика снежного покрова, характер затопления речных пойм во время половодий, изменения ледовой обстановки крупных озер и водохранилищ, изменение границ снеговой линии в горах и др. В процессе гидрографического дешифрирования при стереоскопическом рассматривании аэроснимков наиболее точно по сравнению с традиционными методами устанавливаются границы водосборов, определяются средние уклоны их

поверхностей, наличие и характеристика террас речных долин, крутизна склонов, высота, обрывов и другие характеристики рельефа, влияющие на характер речного стока. Материалы многозональной космической фотосъемки и тепловой аэросъемки позволяют успешно проводить природоохранные мероприятия по защите водной среды от загрязнений промышленными сточными водами. Созданные по материалам аэрокосмических съемок местности фотокарты мелководных участков озер, водохранилищ и шельфовых морских мелководий служат хорошей плановой основой для дешифрирования и отображения контуров водной растительности, выходов коренных пород, определения мутьевых выносов рек, для изучения подводного, рельефа и др.

Перечисленные возможности дешифрирования водных объектов суши по аэрокосмическим снимкам не являются исчерпывающими. Постоянное совершенствование съемочной аппаратуры, измерительной техники, разработка новых типов матриц с высокой разрешающей способностью способствуют успешному решению целого ряда более сложных, комплексных задач в оперативной практике. Это выполняется по аэрокосмическим снимкам путем всестороннего изучения взаимосвязанных гидрологических объектов и явлений с другими факторами той географической среды, составной частью, которой они являются. Без использования географических закономерностей любое, в том числе и гидрографическое, дешифрирование снимков в ходе аэрофотогеодезических исследований водных объектов суши обречено на неудачу.

2.5 Общие положения декодирования

Процесс дешифрирования снимков сложен и многогранен. Полнота извлечения информации со снимков, ее качество и количество определяются многими факторами, рассматриваемыми в теории дешифрирования снимков. В первую очередь к ним относятся географические особенности снимаемой территории, определяющие изобразительные свойства фотоизображения, а, следовательно, и дешифрируемость: внешний облик ландшафтов, находящийся в непосредственной зависимости от смены сезонных аспектов, спектральная отражательная способность объектов местности, освещенность и интервал яркостей ландшафта. Учет этих особенностей позволяет добиться не только максимального разделения объектов на фотоизображении, но и наиболее выразительной передачи на аэроснимках типичных особенностей местности. Потенциальная информативность аэроснимков зависит от технических особенностей получения резкого и детализированного фотоизображения местности. Изучая вопросы теории дешифрирования снимков, нельзя не обратить внимания на психофизиологические особенности анализа фотоизображения в ходе распознавания и определения сущности объектов местности. Наряду со знанием географии района и условий аэрофотосъемки, с технической подготовленностью и оснащенностью исполнитель должен обладать необходимыми качествами зрительного восприятия фотоизображения местности, соответствующим запасом представлений и понятий, умением использовать приемы логического мышления в связи с конкретной направленностью дешифрирования.

Географические и технические особенности получения фотоизображения местности на снимках в конечном счете обуславливают потенциальную информативность снимков. Получение фотоизображения водных объектов суши с высокими дешифровочными качествами во многом предопределяет методику использования фотоинформации. Поскольку фотоизображение отражает местность не в обобщенном картографическом виде, а со всеми

фотографическими полутонами, то это обстоятельство в некоторых случаях осложняет дешифрирование объектов и определение их качественных и количественных характеристик. Так, форма изображения объектов представляет собой вид сверху, размеры объектов местности не соответствуют их реальным значениям, и непостоянны в зависимости от масштаба фотографирования, натуральные цвета объектов заменяются черно-белыми тонами, если съемка выполняется в черно-белом виде. С другой стороны, строгая геометрическая определенность положения объектов на фотоизображении, их взаимосвязь при условии хорошей разрешающей способности фотоизображения помогает специалисту правильно оценивать те процессы и явления, которые являются предметом специальных исследований. В общем случае процесс дешифрирования аэрокосмических изображений характеризуется тремя последовательными этапами:

- зрительное восприятие изучаемых объектов и явлений по их фотоизображениям;
- создание представлений об объектах и явлениях;
- установление окончательных выводов о существовании исследуемых объектов и явлений.

Зрительное восприятие фотоизображения местности как начальная стадия дешифровочного процесса определяется совокупностью нескольких факторов, главными из которых являются чувствительность глаза к оптическим контрастам, разрешающая способность, глаза и стереоскопичность человеческого зрения. Человеческий глаз способен различать десятки ахроматических тонов, как выражение яркостных контрастов между объектом и фоном изображения. С ростом контрастности фотоизображения увеличивается и разрешающая способность глаза. Поэтому для повышения эффективности дешифрирования аэроснимков требуется или увеличение яркости освещенности фона, или увеличение контраста. Второй путь является более действенным, но до определенных пределов, ибо чрезмерное повышение

контрастности фотоизображения приводит к потере мелких деталей изображения.

На втором этапе процесса дешифрирования снимков формируются представления об отдельных элементах местности, топографические представления о местности по отдельным направлениям, общее представление о заснятой территории и устанавливаются характеристики тех элементов, которые имеют наибольшее значение по направлению исследования. По результатам соответствующих экспериментальных исследований установлено, что при чтении топографической карты и дешифрировании фотоизображения местности имеют место два вида, представлений: образы реальной местности и условно схематизированные, уменьшенные образы местности. Развитие представлений второго типа наиболее полно проявляется именно при чтении фотоизображения на аэроснимках. Схематизированным образом представлений; принадлежит ведущая роль в распознавании объектов местности и получении информации, об исследуемых явлениях. Наиболее устойчивыми образами представлений является гидрографическая и дорожная сеть, наименее устойчивыми контуры и структура естественных угодий, геоморфологические формы. Установление окончательных выводов о существовании исследуемых объектов и явлений является заключительным и наиболее ответственным этапом дешифрирования снимков. Специфика этого этапа состоит еще и в том, что в результате выделяются порой очень незначительные по своим размерам объекты, но имеющие для конечной цели большое значение. Процесс исследования и формирования заключений протекает при активной дифференциации сходных на аэроснимке, но по сути различных объектов в силу частных изменений некоторых их признаков. Космические изображения обладают рядом особенностей по сравнению с аэрофотоизображениями. Основной из них является охват больших пространств с высокой оптической генерализацией контуров и выделением основных природных закономерностей. Поэтому дешифрирование космических фотоснимков предполагает избирательное изучение внешних и внутренних элементов природной

обстановки с оценкой их характерных свойств, изучение и установление характеристик тех элементов, которые важны для решения поставленной задачи.

В зависимости от сложности сфотографированной местности с точки зрения дешифрирования, масштаба аэроснимков, их разрешающей способности на практике используются различные методические схемы дешифрирования, общая суть которых заключается во всестороннем извлечении информационного потенциала аэроснимков и вспомогательных материалов картографического, гидрологического или другого назначения с учетом географических, технических и психофизиологических факторов дешифрирования.

2.6 Методика дешифрирования аэроснимков.

В методическом отношении основой общегеографического и специального дешифрирования является принцип сочетания полевых и камеральных работ. Объем камерального дешифрирования зависит от характера снимаемой территории, масштаба фотографирования, разрешающей способности фотоизображения, конкретной задачи дешифрирования, полноты учета психофизиологических факторов дешифрирования и следующих методических соображений:

1) фотоизображение местности на аэро- и космических снимках должно иметь наибольшую потенциальную информативность именно по тем объектам, которые представляют наибольшее значение для целенаправленного дешифрирования;

2) камеральному дешифрированию снимков предшествует сбор новейших картографических и литературно-справочных материалов на территорию съемки;

3) для территорий со сложной ситуацией камеральное дешифрирование должно предваряться созданием специальных эталонов дешифрирования;

4) камеральное дешифрирование объектов местности на снимках ведется при их стереоскопическом рассматривании;

5) при любом соотношении объемов полевого и камерального дешифрирования весь комплекс работ по распознаванию объектов местности, по возможности, выполняется одним и тем же исполнителем;

6) для повышения достоверности отображения объектов местности на снимках исполнитель, должен обладать достаточной профессиональной подготовкой, знанием географических особенностей снимаемой местности и положительными психофизиологическими данными;

7) с целью обеспечения надежности обнаружения малых по размерам объектов полезно увеличение изображений. Перед постановкой работ по дешифрированию снимков в обязательном порядке составляются редакционные указания по дешифрированию, определяющие принципы

дешифрирования и состав работ. После их изучения, а также анализа имеющихся на район исследования картографических материалов, географических описаний, справочных и других вспомогательных материалов уясняется общий характер дешифрируемой местности, для чего осуществляется общий обзор фотоизображения местности на изготовленных фотопланах или фотосхемах. Поскольку анализ фотоизображения преимущественно производится по принципу от общего к частному, от общих очертаний к содержанию контуров, от непосредственно видимых на снимках объектов к косвенно дешифрируемым, то для исключения грубых просмотров вначале обрабатываются крупные и легко распознаваемые объекты, затем более мелкие и сложные объекты. Совершенствование методики дешифрирования снимков в общем виде заключается в увеличении объема камеральной ее части за счет полевой при одновременном улучшении качества и достоверности дешифрирования.

В последние годы в связи с бурным развитием ортофототрансформаторов и ортофотосистем широкое распространение получил метод дифференциального фототрансформирования снимков, позволяющий преобразовывать центральную проекцию исходного аэроснимка в ортогональную, устраняя при этом искажения, обусловленные рельефом местности. Некоторые неудобства при дешифрировании контуров дна мелководных участков рек, озер, водохранилищ и морей создает на фотоизображении рисунок водной поверхности. При наличии определенного навыка, особенно при стереоскопическом рассматривании снимков, это препятствие не является существенным, так как рисунок поверхности воды сильно не ухудшает ни контрастности, ни четкости изображения подводной ситуации. Таким образом, принципиальная основа методики дешифрирования снимков заключается во всестороннем использовании информационного потенциала снимков с учетом географических, технических, психофизиологических факторов дешифрирования с целью надежного

определения качественной и количественной характеристик изучаемых объектов и правильного отражения общего характера снимаемой местности.

3 Применение беспилотных летательных аппаратов

Беспилотный летательный аппарат, коротко БПЛА. В условиях высокого и возрастающего антропогенного воздействия на природу особое внимание следует уделить существующему экологическому заповеднику биосферы. То, как этот резерв используется в ограниченной степени, регулирование состояния природной среды, сохранение высокого качества биосферы и способность природы к размножению, должны быть научно определены. В этом контексте в настоящее время существуют различные инструменты и знания для мониторинга факторов, влияющих на окружающую среду и окружающую среду.

Среди них стационарные станции в районах, где требуется повышенное внимание - их большой минус - отсутствие мобильности; непосредственное вовлечение людей в наблюдение, физические ограничения на людей и отсутствие способности проводить наблюдения в труднодоступных и опасных районах; использование автомобилей не может быть использовано в труднодоступных и орошаемых районах; с помощью лодок можно использовать только на поверхности воды, однако большим преимуществом является высокая пропускная способность, например, на океанских судах; с помощью воздушных судов, ограниченной пропускной способностью, но в то же время доступность по районам использования; С помощью космических аппаратов большой плюс - это способность использовать во всех областях, но есть большой минус, который доступен только для богатых стран.

С помощью воздушных систем, вертолетов или зондов проводится оперативное обследование крупных наземных и водных поверхностей, а также для мониторинга окружающей среды. В мире в последние годы интенсивное развитие инструкций по использованию самолетов на искусственном интеллекте (беспилотный летательный аппарат - БПЛА).

Эти технологии имеют ряд преимуществ, они не требуют специально подготовленных участков и пусковых комплексов, они относительно недороги, в отличие от крупных воздушных комплексов, и не связаны с каким-либо риском для человека. Самое большое развитие, и в результате - распространение в мире получило крылатый или воздушно-подобный БПЛА. Многие страны мира успешно разрабатывают и внедряют типы вертолетов БЛА для различных видов деятельности, включая мониторинг окружающей среды.

Особенностью этих комплексов является возможность укороченного взлета и посадки, что определяет их основные преимущества (по сравнению с БПЛА типа самолета). Особое внимание следует уделять воздушному судну, беспилотным. Электроника миниатюрная и наноэлектроника позволяют создавать как небольшие, так и большие летательные комплексы в широком диапазоне возможностей: от простого фото- и видео наблюдения в видимом спектре до установки тепловизионных камер и лазерных считывателей.

Если мы рассмотрим возможность использования БПЛА для нужд экономики, получив данные, доступные для простого человека, то существует много перспектив для развития этих технологий.

И сегодня установка оборудования для цифровой обработки изображений, а именно фотоаппаратов и видеокамер, позволяет использовать небольшие беспилотные системы в следующих популярных областях: аэрофотосъемка и подробные воздушные карты зон или перспективные измерения с проекцией на горизонте с целью использования жилого фонда, планирование использования сельскохозяйственных и промышленных зон - это, в частности, относится к районам с плотными зданиями; исследование зон, в которых опасные и токсичные вещества высвобождаются и хранятся, которые ограничивают доступ к человеку, или даже опасно; Используйте этот вариант, чтобы получить представление о необычных птичьего полета с высоты птичьего полета. Небольшие беспилотные комплексы качества исполнения отвечают самым высоким стандартам, и работа с их применением позволяет им рекомендовать дистанционное зондирование дистанционного мониторинга

небольших площадей и для точечных данных аэрофотосъемки для строительства в режиме реального времени.

Кроме того, пространственные характеристики данных, полученных с помощью БПЛА, используются для контроля состояния природных и техногенных систем. Например, сравнивая такую информацию на аэрофотоснимках разных лет стрельбы, можно понять динамику изменений на береговой линии крупных рек или влияние антропогенной активности на природные ландшафты. На основе изображения на аэрофотоснимках типа почвы (разные оттенки), растительного покрова и т. Д.

В результате аэрофотосъемки с БПЛА включены данные о пространственном расположении объектов рельефа в обработанных изображениях и технических характеристиках конкретного объекта. Эти данные могут использоваться для создания и обновления цифровых топографических карт и цифровых топографических карт. Поэтому использование БПЛА является одним из самых современных методов отображения территории.

Аэрофотосъемка с БПЛА из космоса и традиционная имеет следующие преимущества: низкая высота (позволяет снимать на высотах от 100 до 1000 м); высокое разрешение на местности (вы можете увидеть мельчайшие детали рельефа и предметы даже на один сантиметр); способность стрелять под углом к горизонту (перспективная стрельба), что невозможно с космическими снимками и довольно сложно в традиционной аэрофотосъемке; возможность съемки панорамных снимков (спутниковая и традиционная аэрофотосъемка не имеют такой возможности);

Возможны подробные снимки мелких предметов; Технология аэрофотосъемки с БПЛА позволяет аэрофотосъемку небольших объектов и небольших площадок, где другие виды аэрофотосъемки являются убыточными, а в некоторых случаях технически невозможными; Возможность выбора погодных условий и времени суток для аэрофотосъемки; Эффективность, весь цикл от ходьбы до стрельбы до получения окончательных результатов занимает

несколько часов за один день; низкая стоимость, намного дешевле, чем традиционные методы аэрофотосъемки; Экологическая безопасность, электродвигатель используется для работы, что обеспечивает практический мир и экологическую чистоту полетов.

3.1 Классификация БПЛА

Существуют несколько типов беспилотных летательных аппаратов:

- беспилотный неуправляемый
- беспилотный автомат
- беспилотный летательный аппарат с дистанционным управлением (БПЛА)

БПЛА подразделяется на такие связанные параметры, как масса, время, расстояние и высота полета. Следующие классы автомобилей характеризуются: «микро» (условное название) - весом до 10 кг, временем полета около 1 часа и высотой полета до 1 км; «Мини» - масса до 50 кг, время полета несколько часов и высота 3-5 километров; средний («midi») - до 1000 кг, с временем 10-12 часов и высотой до 9-10 км; тяжелый - с высотой до 20 километров и временем полета 24 часа и более. В мире имеется большое количество гражданских и малых классификаций по БПЛА, которые отличаются по своим характеристикам и характеристикам (цель, вес, размер, продолжительность и высота полета, система взлета и посадки, наличие систем для автопилота и навигации, формат фотографии и видеозаписи и т. д.).

Для определения координат и скорости движения современные БПЛА обычно используют спутниковые навигационные приемники (GPS или ГЛОНАСС). Угол выравнивания и угол перегрузки определяются с помощью гироскопов и акселерометров. В качестве управляющих устройств обычно используются специализированные компьютеры на базе цифровых сигнальных процессоров или ПК / 104, используются компьютеры MicroPC с операционными системами реального времени (QNX, VME, VxWorks, XOberon).

Программное обеспечение обычно написано на языках высокого уровня, таких как C, C ++, Modula-2, Oberon SA или Ada95. Для передачи на контрольную точку видеоданных, полученных от бортовых датчиков, БПЛА включает в себя радиопередатчик, обеспечивающий радиосвязь с приемным оборудованием. В зависимости от формата изображений и степени их сжатия

полоса пропускания цифровых радиолиний может составлять несколько сотен Мбит / с. Кроме того, приемник команд управления и передатчик служебной



(телеметрической) информации должен быть включен в бортовое радиооборудование БПЛА.

Рисунок 3.1.1 Квадрокоптер

3.2 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).

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.

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

Технические возможности данного аппарата:

Общая масса	До 1,2 кг (0,25 кг полезный груз)
Температура применения, минимальная	-15 °С
Температура применения, максимальная	+50 °С
Радиус действия	2 км
Время полета, максимальное	25 минут
Скорость полета, средняя	5 м/с
Скорость полета, максимальная	10 м/с
Высота полета	До 0,5 км
Дальность полета	7 км

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 был оборудован камерой GoPro Hero Black Edition 3.

Основные характеристики камеры:

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.
Пыле и влагонепроницаемый	-
Ударопрочный корпус.	-

3.3 Программа Автокад

AutoCAD – это Система Автоматического Проектирования (САПР). Она относится к классу программ CAD (Computer Aided Design), которые предназначены, в первую очередь, для разработки конструкторской документации: чертежей, моделей объектов, схем и т. д.

Программа позволяет строить 2D и 3D чертежи любых назначения и сложности с максимальной точностью.

Разработчиком программы является американская компания Autodesk, которая является на мировом рынке признанным лидером среди разработчиков систем САПР. Название программы – AutoCAD – образуется от английского Automated Computer Aided Drafting and Design, что в переводе означает «Автоматизированное черчение и проектирование с помощью ЭВМ».

Пользователи AutoCAD всегда имеют под рукой эффективную систему документации. Она позволяет создавать разнообразные проекты, работать с таблицами и текстовыми вставками, ускоряет проверку чертежей, а также взаимодействует с MS Excel. Для работы с двухмерными проектами лучшей утилиты просто не найти, ведь она располагает самими необходимыми инструментами. Программа обладает удобным интерфейсом, пользователю доступно масштабирование изображений, а также панорамные функции. Кроме основного функционала для составления чертежей, утилита посредством ссылок позволяет выполнять привязку объектов, которые хранятся в иной базе данных. Еще один дополнительный и весьма полезный инструмент AutoCAD – вывод на печать нескольких чертежей одновременно. Последняя версия утилиты располагает инструментами для трехмерного проектирования, дает возможность просматривать модели под различными углами, экспортировать их с целью создания анимации, проверять интерференцию, извлекать данные для проведения технического анализа.

AutoCAD поддерживает несколько форматов файлов:

- DWG – это закрытый формат файла, разрабатываемый непосредственно утилитой в котором хранится непосредственно сам чертеж. Данный формат

позволяет хранить как двумерные, так и трехмерные объекты, а также поддерживается другими приложениями компании Autodesk.

- DXF – открытый формат, используется для обмена данными с пользователями иных САПР;

- DWF – для публикации 3D-моделей и чертежей.

Все перечисленные форматы позволяют работать с несколькими слоями, в результате чего проектирование становится особенно удобным, ведь в такой способ над каждым объектом можно трудиться по отдельности. Слои при необходимости можно отключать, делая тем самым объекты невидимыми. Помимо этого, программа поддерживает чтение и запись (посредством процедур экспорта/импорта) файлов таких форматов: SAT, DGN, 3DS.

AutoCAD позволяет эффективно и легко разрабатывать проекты, визуализировать их, составлять проектную документацию.

Сотни миллионов специалистов по всему миру ежедневно создают в AutoCAD электронные документы или используют его в качестве платформы для более специализированных настроек и приложений. В течение 35 лет AutoCAD эволюционировал от простейшего помощника при выполнении чертежей до мощной графической операционной платформы, объединяющей все этапы работы над проектом: разработку концепций, выполнение геометрических построений и расчетов, работу с базами данных и атрибутами, взаимодействие с многочисленными приложениями Windows, оформление рабочей документации, управление структурой электронного проекта, презентацию решений, подготовку макета для печати, а также инструментарий для создания программных приложений.

Некоторые использованные в нашем случае инструменты AutoCad

- Линия (Line).

Линия - это часть прямой линии, задаваемая двумя крайними точками с нулевой шириной (1 пиксель). Линия является наиболее фундаментальным примитивом для любого чертежа. Для его обрисовки вводим команду Рисовать

/ Линия. Линию, как любой др. примитив можно нарисовать путем выбора с помощью мыши соответствующей пиктограммы на панели инструментов.

- Полилиния (Pline)

Полилиния - ломаная линия. Этот примитив в AutoCADe рисуется командой Рисовать / Полилиния и далее может быть задан стиль линии Формат / Стиль линии.

Глава 4 Изучение береговой линии

4.1 Анализ изменения правого берега

Для оценки изменения береговой линии реки мы пользуемся данными наблюдений за 2014-2017 года реки Оредеж. Наблюдения производились с помощью квадрокоптера с прикрепленной фото-видео камерой ГоПро (GoPro).

Используя программу Автокад, проводим полилинию по линии растительности.



Рисунок 4.1.1 Участок реки Оредеж, фото 2014 г.



Рисунок 4.1.2 Участок реки Оредеж, фото 2015 г.



Рисунок 4.1.3 Участок реки Оредеж, фото 2016 г.



Рисунок 4.1.4 Участок реки Оредеж, фото 2017 г.



После совмещения линий берега за 4 года получаем рисунок

Рисунок 4.1.5 Участок реки Оредеж, фото 2014 г. с линиями берега и мостков 2015-2017 годов

При анализе измененной линии берега за 4 годы мы получили средние значения изменения в 30 см

4.2 Анализ изменения левого берега

Следующим этапом было провести тот же анализ левого берега участка реки Ордеж



Рисунок 4.2.1 Участок реки Ордеж, фото 2014 г. С линиями берегов и
МОСТКОВ



Рисунок 4.2.2 Участок реки Оредеж, фото 2015 г. с линиями берегов и
МОСТКОВ



Рисунок 4.2.3 Участок реки Оредеж, фото 2016 г. с линиями берегов и



МОСТКОВ

Рисунок 4.2.4 Участок реки Оредеж, фото 2017 г. с линиями берегов и
МОСТКОВ



Рисунок 4.2.5 Участок реки Оредеж, фото 2014 г. с линиями двух берегов
и мостков. Изменения за 2015-2017 годов

Как видно на рисунке 4.2.5 происходит намывание левого берега и частичный размыв правого, плавное смещение по течению реки. «Фокус» «кусочного» размывания правого берега в районе мостков происходит из-за особенности Оредежи. Заболоченная пойма имеет приличный слой торфа, который является связывающим материалом. Он препятствует размыву в верхних слоях грунта и со временем возникает большая подвижка правого берега, который можно отследить в результате данного мониторинга. Суммарное «съедание берега составляет 0,9 метра.

4.3 Создание ортофотоплана

Для получения общего вида изменения русла мы создали ортофотоплан за 2014 год и 2017 год, так же были использованы материалы кафедры гидрометрии РГГМУ



Процесс обработки снимков и создание ортофотоплана

Рисунок 4.3.1 Ортофотоплан 2014 год



Рисунок 4.3.2 Совмещенные снимки с квадрокоптера 2017 год

Заключение

В работе были определены плановые деформации реки Оредеж в районе базы практик РГГМУ за 2014 – 2017 годы с использованием БПЛА, а также разработана методика прогноза русловых деформаций на малой реке, где эти деформации измеряются в сантиметрах. Наблюдения производились с помощью аэрометода. Были обработаны материалы наблюдений прошлых лет и совмещены разновременные снимков для определения плановых деформаций реки Оредеж. Мы получили совмещенные снимки участка реки и проанализировали смещение береговой линии реки.

Список использованной литературы

1. Аэрофотогеодезические исследования водных объектов суши, 1991-Ю. А. Федоров
2. Русловые процессы. Учебник. - СПб.: РГГМУ, 2014. – 504 с. Барышников Н. Б., Исаев Д. И. с 205
3. Ведомственные строительные нормы 163-83, учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов)
4. Ведомственные строительные нормы 37-67, Технические указания по применению аэрометодов на изысканиях мостовых переходов
5. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. – Гидрометеиздат, 1982 – Н.Е. Кондратьев, И.В. Попов, Б.Ф. Смищенко
6. <https://urban3p.com>
7. <https://geeksus.ru>
8. Русловые процессы: теория и практика. Избранные труды. М.: Географический факультет МГУ. 2008.-330с Маккавеев Н.И.

Приложение 1 Ортофотоплан 2014 года

