МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральная служба по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды (Росгидромет)

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

Р
52.08.874 –
2018

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАРТОГРАФИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Санкт-Петербург

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАНЫ Федеральным государственным бюджетным учреждением «Государственный гидрологический институт» (ФГБУ «ГГИ») Росгидромета

2 РАЗРАБОТЧИКИ Е.В. Орлова, канд. техн. наук (ответственный исполнитель); Н.Н. Бобровицкая, д-р геогр. наук (ответственный исполнитель); В.В. Бородулин, канд. геогр. наук; М.В. Гладкова; В.Н. Кузнецов; О.П. Дидик

3 ОДОБРЕНЫ решением методической комиссии ФГБУ «ГГИ», протокол от 22.12.2016, №3

4 СОГЛАСОВАНЫ с Управлением наблюдательной сети и гидрометобеспечения (УНСГ) Росгидромета, с Федеральным государственным бюджетным учреждением «Научно-производственное объединение «Тайфун» Росгидромета (ФГБУ «НПО Тайфун»)

5 УТВЕРЖДЕНЫ Руководителем Росгидромета ___ _____2018 г.

ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ Приказом Росгидромета от ___ _____ 2018 г. № ____

6 ЗАРЕГИСТРИРОВАНЫ ФГБУ «НПО «Тайфун» от ___ _____2018 г. за номером Р 52.08.874 –2018

7 ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ

8 СРОК ПРОВЕРКИ 2024 год

Содержание

1 Область применения..... 1

2 Нормативные ссылки..... 2

3 Термины, определения и сокращения..... 3

4 Общие положения..... 5

4.1 Классификация гидрографических характеристик..... 5

4.2 Морфометрические характеристики..... 6

4.2.1 Морфометрические характеристики водотоков..... 6

4.2.2 Морфометрические характеристики водоемов..... 8

4.2.3 Морфометрические характеристики водосборов..... 9

4.3 Морфологические характеристики..... 11

5 Топографическая основа..... 13

5.1 Картографические материалы..... 13

5.1.1 Характеристика топографических карт..... 13

5.1.2 Основные требования к картографическим материалам..... 15

5.1.3 Системы координат и высот..... 17

5.1.4 Картографические проекции..... 18

5.1.5 Разграфка и номенклатура топографических карт..... 19

5.1.6 Местная система координат..... 22

5.1.7 Содержание топографических карт..... 23

5.1.8 Масштаб картографических материалов..... 27

5.1.9 Цифровые модели местности..... 30

5.2 Космические снимки и аэрофотоматериалы..... 31

6 Определение местоположения и границ гидрографических объектов на картах и снимках 33

6.1 Подготовительные работы 33

6.2 Границы водосборов 34

6.3 Границы различных угодий 38

6.4 Истоки водотоков 42

6.5 Устья рек 45

6.6 Гидрологические посты 47

6.7 Дешифрирование водных объектов по космическим снимкам и аэрофотоматериалам 49

7 Способы определения гидрографических характеристик водотоков и водоемов 62

7.1 Общие указания 62

7.2 Определение морфометрических характеристик водотоков 62

7.3 Определение морфометрических характеристик водоемов 69

7.4 Определение морфометрических и морфологических характеристик водосборов 78

7.5 Обновление гидрографических характеристик 87

8 Традиционные методы определения гидрографических характеристик 90

9 Методы расчета гидрографических характеристик с использованием ГИС «Панорама» 101

9.1 Общие указания 101

9.2 Определение гидрографических характеристик по цифровым картам 102

9.3 Определение гидрографических характеристик по цифровым моделям местности 107

9.4 Комплекс гидрологических задач 120

Приложение А (справочное) Подбор и приобретение карт и снимков 134

Приложение Б (справочное) Вспомогательные таблицы 138

Приложение В (рекомендуемое) Примеры определения гидрографических характеристик 157

Библиография 169

Введение

Гидрологические исследования и расчеты производятся с учетом основных гидрографических характеристик водных объектов и их водосборов.

Настоящие рекомендации предназначены для определения гидрографических характеристик водотоков, водоемов и их водосборов картографическим способом.

Разработка настоящих рекомендаций вызвана:

- повышением требований к составу и точности определения основных гидрографических характеристик водотоков, водоемов и их водосборов по картографическим материалам в связи с совершенствованием методов гидрологических расчетов;
- появлением цифровых топографических карт;
- развитием современных картографических методов определения гидрографических характеристик с использованием ГИС-технологии;
- постоянным изменением гидрографических характеристик водных объектов под воздействием различных природных и антропогенных факторов.

Рекомендации разработаны в развитие «Руководства по определению гидрографических характеристик картометрическим способом», издания 1986 года [1].

В рекомендациях пересмотрены на современном уровне состав гидрографических характеристик, традиционные методы картометрических работ и рабочие таблицы к ним, дана информация по использованию цифровых карт и космических снимков, представлены методы и результаты расчета гидрографических характеристик с использованием отечественного программного обеспечения ГИС «Панорама».

В приложении к рекомендациям даны примеры определения гидрографических характеристик традиционными и современными методами.

По вопросам применения настоящих рекомендаций следует обращаться к разработчикам в лабораторию цифровой картографии ФГБУ «ГГИ» по адресу: 199053, г. Санкт-Петербург, В.О., 2-я линия, д. 23; тел. +7 (812) 323-12-49; e-mail: gost.e-ecolog.ru

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАРТОГРАФИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Дата введения – 201_–01–01
Срок действия – до 2024–01–01

1 Область применения

1.1 Настоящие рекомендации устанавливают порядок определения гидрографических характеристик водных объектов суши и их водосборов картографическим способом по топографическим картам РФ и спутниковым снимкам.

1.2 Настоящие рекомендации предназначены для использования в гидрологических исследованиях и инженерно-гидрологических расчетах в учреждениях Росгидромета согласно СП 33-101, а также для пополнения и актуализации данных ГВР и водного кадастра РФ.

Рекомендации могут быть полезны для специалистов изыскательских, научно-исследовательских и проектных учреждений при проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий, разработке гидрологического обоснования проектов в дорожном строительстве, гидроэнергетике, освоении полезных ископаемых и ведении мониторинга водных объектов, а также других целей в области освоения и защиты водных ресурсов.

2 Нормативные ссылки

В настоящих рекомендациях использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 19179–73 Гидрология суши. Термины и определения

ГОСТ 28441–99 Картография цифровая. Термины и определения

ГОСТ 32453-2017 Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек

ГОСТ Р 51608–2000 Карты цифровые топографические. Требование к качеству

ГОСТ Р 52293–2004 Геоинформационное картографирование. Система электронных карт. Карты электронные топографические. Общие требования

ГОСТ Р 52438–2005 Географические информационные системы. Термины и определения

СП 11-103-97 Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства

СП 33–101–2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик

СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96

Примечание – При пользовании настоящими рекомендациями целесообразно проверять действие ссылочных национальных стандартов – в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа РФ по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году.

Если ссылочный нормативный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящими рекомендациями следует руководствоваться замененным (измененным) нормативным документом. Если ссылочный нормативный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящих рекомендациях применены термины по ГОСТ 19179, ГОСТ 28441, ГОСТ Р 52438, а также термины с соответствующими определениями:

3.1.1

атрибутивные данные: Свойства, качественные или количественные признаки пространственных объектов, представленные в цифровом виде.
[ГОСТ Р 52155 -2003, статья 4.3]

3.1.2

геоинформационные технологии (ГИС-технологии): Совокупность приемов, способов и методов применения средств вычислительной техники, позволяющая реализовать функциональные возможности ГИС.
[ГОСТ Р 52155-2003, статья 4.1]

3.1.3

пространственные данные: Цифровые данные о пространственных объектах, включающие сведения об их местоположении, форме и свойствах, представленные в координатно-временной системе.
[ГОСТ Р 52155-2003, статья 4.2]

3.1.4

слой: Совокупность однотипных (одной мерности) пространственных объектов, относящихся к одной теме (классу объектов), в пределах некоторой территории и в единой системе координат.
[ГОСТ Р 52155-2003, статья 4.7]

3.2 В настоящих рекомендациях применены следующие сокращения:

- GPS – глобальная навигационная спутниковая система Соединенных Штатов Америки;

- TIN – триангуляционная нерегулярная сеть;

- WGS-84 – система геодезических параметров "Мировая геодезическая система" 1984 года, разработана в Соединенных Штатах Америки;

- БПЛА – беспилотный летательный аппарат;

- ГВР – государственный водный реестр;

- ГГИ – государственный гидрологический институт;

- ГИ – гидрологическая изученность

- ГИС – географическая информационная система;

- ГЛОНАСС – глобальная навигационная спутниковая система Российской Федерации;

- ГСК-2011 – геодезическая система координат 2011 года;

- ИСЗ – искусственный спутник земли;

- ДЗЗ – дистанционное зондирование земли;

- НПУ – нормальный подпорный уровень;

- ПЗ-90.11 – система геодезических параметров "Параметры Земли 1990 года" Российской Федерации;

- Росгидромет – Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;

- Росреестр – Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии;

- РФ – Российская Федерация;

- СК-42 – система геодезических координат 1942 года;

- СК-63 – система геодезических координат 1963 года;

- СК-95 – система геодезических координат 1995 года;

- УМО – уровень мертвого объема;

- ФПУ – форсированный подпорный уровень.

4 Общие положения

4.1 Классификация гидрографических характеристик

Состав необходимых гидрографических характеристик для гидрологических исследований и расчетов определен в нормативной документации: СП 33-101, СП 47.13330, СП-11-103 и согласно стандарту организации [2].

Гидрографические характеристики определяются как совокупность морфометрических и морфологических характеристик водных объектов и их водосборов, дающих достаточно полное представление о характере, форме, размерах, протяженности водных объектов и некоторых физико-географических особенностях их водосборов [1].

Морфометрические характеристики представляют собой количественные показатели водных объектов и водосборов, а морфологические - качественно-количественные показатели строения поверхности водосборов.

Морфометрические характеристики в настоящих рекомендациях подразделяются на три группы:

- морфометрические характеристики водотоков дают представление о размерах, форме, уклонах различных водотоков. К ним относятся: длина, гидрографическая длина, средний и средневзвешенный уклон, извилистость, продольный и поперечные профили;

- морфометрические характеристики водоемов характеризуют вид, форму, высотное положение, размеры ложа водоемов и объемы воды в них. К ним относятся: площадь водоема, уровень воды, НПУ и УМО водохранилища, средняя глубина, максимальная глубина, объем

озера или объем водохранилища, длина, максимальная ширина, батиграфическая и объемная кривые водоема;

- морфометрические характеристики водосборов дают представление о форме, размерах и пространственном положении водосбора. К этим характеристикам относятся: площадь, средняя высота, средний уклон склонов, густота речной и русловой сети, площадь замкнутых впадин, координаты центра тяжести.

Морфологические характеристики водосборов используются для учета влияния физико-географических особенностей строения подстилающей поверхности и почвогрунтов водосбора на водный режим водотоков и водоемов. К ним относятся: относительная и средневзвешенная озерность, количество и суммарная площадь естественных сточных и бессточных водоемов, заболоченность, распаханность, лесистость, оледененность, урбанизированность, закарстованность, характеристика рельефа, характер почво-грунтов водосбора, средняя глубина залегания уровня грунтовых вод, характеристика зарегулированности речной системы искусственными водоемами.

Гидрографические характеристики определяются по топографическим картам крупного масштаба, аэрофотоматериалам и космическим снимкам путем проведения специальных картографических работ.

4.2 Морфометрические характеристики

4.2.1 Морфометрические характеристики водотоков

4.2.1.1 Гидрографическая длина водотока представляет собой наибольшую протяженность основного русла водотока (системы

водотоков), измеряемая от истока притока, составляющего с основным водотоком наибольшую длину.

4.2.1.2 Средневзвешенный уклон водотока представляет собой условный выровненный уклон ломаного профиля, эквивалентный сумме частных средних уклонов профиля водотока.

Средневзвешенный уклон определяют только для незарегулированных водотоков, а также для участков рек, расположенных в нижних бьефах водохранилищ согласно СП 33-101.

4.2.1.3 В ряде случаев определяют:

- средний уклон русла реки, представляющий собой отношение превышения истока над устьем, определяемого по разности высотных отметок, к соответствующей длине водотока;

- длину участков канализированных рек, представляющую собой сумму длин всех каналов и канав;

- продольный профиль водотока – изображенный на графике продольный, вертикальный разрез русла по линии фарватера (наибольших глубин) или по его средней линии с обозначением высотного положения свободной поверхности в межень или половодье, линии дна, иногда высоты берегов, уклонов, километража и других характеристик русла;

- поперечный профиль водотока – изображенный на графике поперечный разрез русла по линии, перпендикулярной водотоку, характеризующий форму и уклоны дна и берегов, с обозначением высотного положения водной поверхности в межень или половодье, линии дна, иногда высоты берегов, уклонов и других характеристик русла;

- извилистость водотока, представляющую собой отношение длины водотока к прямой, соединяющей ее исток и устье (или конечные точки участка), характеризующее степень криволинейности русла.

4.2.2 Морфометрические характеристики водоемов

4.2.2.1 Площадь водоема – площадь водной поверхности водоема, ограниченная его береговой линией.

4.2.2.2 Уровень воды – высота поверхности воды в водном объекте над условной горизонтальной плоскостью сравнения.

4.2.2.3 Объем озера – количество воды в озере при определенном уровне.

4.2.2.4 Средняя глубина водоема – среднее вертикальное расстояние от поверхности воды до дна, определяемое отношением объема воды в водоеме к его площади.

4.2.2.5 Максимальная глубина водоема – наибольшее вертикальное расстояние от уровенной поверхности водоема до дна.

4.2.2.6 Длина водоема – протяженность водоема вдоль его осевой линии.

4.2.2.7 Максимальная ширина водоема – наибольшее расстояние между противоположными берегами водоема, измеряемое перпендикулярно осевой линии водоема.

4.2.2.8 НПУ водохранилища – наивысший уровень водной поверхности верхнего бьефа в нормальных условиях эксплуатации водохранилища.

4.2.2.9 Объем водохранилища полный – количество воды в водохранилище при нормальном подпорном уровне.

4.2.2.10 Объем водохранилища мертвый – объем воды, не используемый в нормальных условиях эксплуатации и не применяемый для регулирования стока.

4.2.2.11 УМО водохранилища – уровень воды, отвечающий мертвому объему. При транспортном использовании водохранилища соответствует низшему навигационному уровню воды, при котором возможно судовождение.

4.2.2.12 ФПУ водохранилища – подъемный уровень воды выше нормального, временно допускаемый в верхнем бьефе в чрезвычайных условиях эксплуатации гидротехнических сооружений.

4.2.2.13 Форсированный объем водохранилища – объем воды между ФПУ и НПУ.

4.2.2.14 Батиграфическая кривая – кривая зависимости площади водоема от глубины или высотных отметок, соответствующих различным уровням наполнения водоема.

4.2.2.15 Объемная кривая – кривая зависимости объема водоема от глубины или высотных отметок, соответствующих различным уровням наполнения водоема.

4.2.3 Морфометрические характеристики водосборов

4.2.3.1 Площадь водосбора – площадь части земной поверхности и толщи почвогрунтов, ограниченная водораздельной линией, с которой вода поступает в данный водный объект.

4.2.3.2 Средняя высота водосбора над уровнем моря.

4.2.3.3 Средняя ширина водосбора – отношение площади водосбора к его максимальной длине.

4.2.3.4 Площадь замкнутых впадин – часть поверхности водосбора, представляющая собой суммарную площадь замкнутых бессточных понижений земной поверхности.

4.2.3.5 Центр тяжести речного водосбора – точка на карте с координатами x, y, являющаяся геометрическим центром водосбора.

4.2.3.6 Для малых рек (площадью водосбора менее 200 км^2) и временных водотоков согласно СП 33-101 рекомендуется определять дополнительно следующие морфометрические характеристики:

- средний уклон склонов водосбора, который вычисляют по картам или планам в горизонталях по направлению наибольшего уклона склонов как среднее арифметическое из нескольких (5-10) определений;

- густоту речной сети водосбора, которую вычисляют как отношение суммарной длины всех водотоков (реки, каналы, канавы) на водосборе к общей площади водосбора;

- густоту русловой сети, которую вычисляют как отношение суммарной длины речных долин, сухих русел, оврагов, балок и логов к общей площади водосбора;

- тип ручейковой сети на склонах – по материалам аэрофото съемок масштаба 1:10 000 и крупнее, по космическим снимкам высокого разрешения (до 2 м), по видео и фото материалам, полученным с использованием БПЛА, или по данным полевых обследований.

4.3 Морфологические характеристики

4.3.1 Относительная лесистость водосбора определяется в процентах от общей площади водосбора (лес и кустарники на проходимых болотах в лесные угодья не включают).

4.3.2 Относительная заболоченность водосбора вычисляется в процентах от общей площади водосбора с разделением болот на верховые и низинные.

4.3.3 Относительная озерность водосбора определяется в процентах, как отношение суммы площадей всех озер, расположенных на водосборе, к общей площади водосбора.

Средневзвешенная озерность для непроточных озер определяется в процентах от общей площади водосбора с учетом расположения озер на водосборе.

4.3.4 Закарстованность водосбора определяется в процентах, как отношение закарстованной площади водосбора ко всей его площади.

4.3.5 Относительная распаханность водосбора определяется в процентах, как отношение площади распаханных земель под сельскохозяйственные культуры на водосборе ко всей его площади.

4.3.6 Характеристика типа почвогрунтов, слагающих поверхность водосбора, определяется по почвенным картам с учетом пяти основных групп почвогрунтов по механическому составу: глинистые, суглинистые, песчаные, супесчаные и каменистые.

4.3.7 Средняя глубина залегания уровня грунтовых вод (первого водоносного горизонта) определяется по гидрогеологическим картам.

4.3.8 Характеристика зарегулированности речной системы искусственными водоемами (количество, расположение и регулирующие емкости) вычисляется в процентах по соотношению площади зарегулированной к общей площади водосбора.

4.3.9 Характеристика рельефа принимается по определению:

- равнинный – относительное колебание высот в пределах водосбора менее 200 м;

- горный – относительное колебание высот на водосборе более 200 м.

4.3.10 В случае значительной застройки или наличия ледников на водосборе дополнительно рекомендуется определять следующие характеристики:

- урбанизированность водосбора, которую вычисляют в процентах, как отношение суммы площадей, занятых населенными пунктами, объектами промышленного, сельскохозяйственного и дорожного строительства, расположенных на водосборе, к общей площади водосбора;

- оледененность водосбора, которую вычисляют в процентах, как отношение суммы площадей всех многолетних ледников, снежников и наледей, расположенных на водосборе, к общей площади водосбора.

С дальнейшим развитием гидрологии, в частности методов гидрологических расчетов, возможны изменения в составе и количестве гидрографических характеристик.

5 Топографическая основа

5.1 Картографические материалы

5.1.1 Характеристика топографических карт

5.1.1.1 В качестве основных картографических материалов для определения гидрографических характеристик водных объектов и их водосборов рекомендуется использовать топографические карты РФ крупного масштаба (1:10 000-1:100 000), а также топографические планы местности и различные современные тематические карты (гидрогеологические, почвенные и др.) наиболее крупного масштаба [1].

5.1.1.2 Топографические карты являются общегосударственными картами. Они составляются в строгом соответствии с положениями, инструкциями и условными знаками, разработанными Росреестром. Современные крупномасштабные топографические карты характеризуются отсутствием существенных искажений за счет проекции, высокой точностью изображения всех элементов содержания, сплошным покрытием территории и поэтому могут быть использованы в качестве основы для проведения картометрических работ в гидрологических целях.

5.1.1.3 Точность получаемой с карты гидрографической информации зависит в первую очередь от масштаба, в котором составлена карта. Чем крупнее масштаб используемой карты, тем выше точность определяемых по ней гидрографических характеристик.

В требованиях к точности государственных топографических карт и государственных топографических планов [3] допускаются средние погрешности рельефа, приведенные в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Допустимые средние погрешности рельефа

Масштаб топографической карты, плана	Характер местности	Допустимая средняя погрешность [1)]
1:2 000	Равнинная с уклоном до 2°, открытая	0,25 h
	Равнинная с уклоном до 2°, открытая (при высоте сечения 0,5 м)	0,33 h
	Всхолмленная с уклоном от 2° до 6°, горная в долинах, открытая	
	Равнинная с уклоном до 2°, залесенная	0,38 h
	Равнинная с уклоном до 2°, залесенная (при высоте сечения 0,5 м)	0,50 h
	Всхолмленная с уклонами от 2° до 6°, горная в долинах, залесенная	
1:10 000	Плоско-равнинная с уклоном до 1°, открытая	0,25 h
	Плоско-равнинная с уклоном до 1°, залесенная	0,38 h
	Равнинная, всхолмленная, горная и предгорная в долинах с уклоном от 1° и более, открытая	0,33 h
	Равнинная, всхолмленная, горная и предгорная в долинах с уклоном от 1° и более, залесенная	0,50 h
1:25 000, 1:50 000, 1:100 000	Плоско-равнинная, равнинная, всхолмленная, горная и предгорная в долинах, открытая	0,33 h
	Плоско-равнинная, равнинная, всхолмленная, горная и предгорная в долинах, залесенная	0,50 h
[1)] h – высота сечения рельефа на карте.		

При определении гидрографических характеристик в первую очередь необходимо установить, какую точность может обеспечить топографическая карта выбранного масштаба.

Известно, что с переходом к картам более мелкого масштаба изменяются как качественные, так и количественные показатели гидрографических характеристик в результате отбора и обобщения изображаемых объектов, а, следовательно, снижается точность их определения. Так, например, за счет обобщения мелких извилин русел рек и контуров угодий сокращается их длина, а за счет отбора уменьшается количество изображаемых на карте объектов: озер, рек, отдельных участков леса, болот и других угодий. Однако использование крупномасштабных карт, обеспечивая высокую точность определяемых гидрографических характеристик, резко увеличивает объем картометрических работ. Следовательно, выбор оптимального масштаба карт, предназначаемых для определения гидрографических характеристик с требуемой точностью, является важным и ответственным подготовительным этапом картометрических работ.

5.1.1.4 При работе с картой необходимо руководствоваться условными знаками, образцами шрифтов и сокращений, действующими в период, соответствующий периоду составления и издания используемых карт, согласно руководству [1].

5.1.2 Основные требования к картографическим материалам

5.1.2.1 Используемые карты должны отображать современное состояние всех элементов содержания и, прежде всего водных объектов, их водосборов и других природных объектов местности, применяющихся для определения гидрографических характеристик.

Степень современности картографических материалов определяется, как правило, по году съемки или рекогносцировки используемой карты или картографических материалов, положенных в

основу составления этой карты. Эти сведения обычно указываются на каждом листе топографической карты. Использование устаревших картографических материалов при наличии новых, существенно отличающихся по содержанию и точности картографических материалов, для определения гидрографических характеристик недопустимо.

Для обеспечения необходимой точности гидрологических расчетов требуется, чтобы гидрологические наблюдения и гидрографические характеристики водных объектов соответствовали одному и тому же периоду. Старые карты используются для установления динамики водных объектов.

Бумажные карты должны быть в хорошем физическом состоянии, не иметь складок, разрывов, склеек и других повреждений, а также недопустимой деформации (более 1 мм на сторону трапеции).

5.1.2.2 К цифровой карте требования определены в ГОСТ Р 52293, ГОСТ Р 51608 и согласно стандарту организации [3]. Содержание цифровой карты должно соответствовать содержанию топографической карты соответствующего масштаба.

Цифровые карты создают в векторной и/или растровой формах представления. Векторную форму представления цифровой карты используют для отображения местности и решения расчетных задач, растровую форму – для отображения с целью визуального анализа местности и обстановки.

В паспортные данные цифровой карты должны быть включены: номенклатура, масштаб, проекция, вид эллипсоида, геодезические и прямоугольных координаты углов рамки листа, система координат и высот. В цифровую карту может быть также включена цифровая модель рельефа.

5.1.3 Системы координат и высот

В качестве модели поверхности земли для топографических карт используется эллипсоид вращения. Он задается двумя параметрами – длинами двух различных полуосей *a* и *b* и коэффициентом сжатия *f*.

Совокупность параметров, определяющих форму эллипсоида и его положение в теле Земли, описывается системой координат.

С 1942 года для территории Российской Федерации используется эллипсоид Красовского. На его основе были созданы системы координат СК-42 и СК-95. Согласно постановлению Правительства [4] эти системы координат будут применяться до 1 января 2021 г.

ГСК-2011 введена в действие с 01.01.2017 для выполнения геодезических и картографических работ взамен СК-42 и СК-95 согласно [4]. При этом координаты объектов в СК-42 (СК-95) и новой ГСК-2011 отличаются до 100 и более метров.

ГЛОНАСС работает в системе координат ПЗ-90.11, которая используется в России для решения навигационных задач и выполнения геодезических и картографических работ в интересах обороны [4].

В настоящее время за пределами России наиболее широкое использование получила WGS-84. GPS сообщает координаты в системе WGS-84.

Параметры эллипсоидов, применяемых в государственных системах координат указаны в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Параметры эллипсоидов

Название эллипсоидов	Год создания	Большая полуось a, км	Малая полуось b, км	Коэффициент сжатия 1/f
WGS-84	1984	6378,137	6356,7523142452	298,2572236
ПЗ-90.11	1990	6378,136	6356,751	298,25784
Красовский	1940	6378,245	6356,863	298,2997381
ГСК-2011	2011	6378,137	6356,752	298,2564151

Преобразования координат точек из одной системы в другую осуществляются согласно ГОСТ 32453.

Согласно [4] в качестве государственной системы высот используется Балтийская система высот 1977 года, отсчет нормальных высот которой ведется от нуля Кронштадтского футштока.

5.1.4 Картографические проекции

5.1.4.1 Для определения пространственных характеристик объекта (длины, площади и др.) трехмерные географические координаты переводят в прямоугольные спроецированные (метры). Метод преобразования географических координат в плоские называется проекцией.

Поверхность Земли нельзя отобразить на плоскости с сохранением всех пространственных отношений одновременно: углов, расстояний и площадей. Поэтому или площадь, или форма, или расстояние на карте будут искажены.

По характеру искажений различают: равновеликие, равнопромежуточные, равноугольные, произвольные проекции.

По виду поверхности, на которую проецируется земной эллипсоид различают проекции: азимутальные, цилиндрические, конические.

По ориентировке вспомогательной поверхности относительно полярной оси и экватора эллипсоида различают проекции: нормальные, поперечные, косые.

По виду нормальной картографической сетки проекции разделяются на: азимутальные, конические, цилиндрические, псевдоазимутальные, псевдоконические, псевдоцилиндрические, поликонические [5].

5.1.4.2 Согласно [2] на выбор проекций влияет много факторов, например, размер водного объекта, его широтное положение, конфигурация и др.

Для минимизации искажений «крупных» водных объектов и их водосборов (протяженностью более 6°) в средних широтах рекомендуется использовать цилиндрические проекции, а севернее 60-ой параллели – азимутальные или конические. При этом, для измерения длин лучше подходят равнопромежуточные проекции, а для измерения площадей – равновеликие.

В общем случае, для небольших и средних по размерам водных объектов и их водосборов, проекция должна быть подобрана так, чтобы искажения длин и площадей не превышали 2 %.

Указанным требованиям в значительной мере удовлетворяют государственные топографические карты Российской Федерации. Наибольшее искажение длин в пределах листа карты достигает 0,14 %, искажения площадей - до 0,08 %. Таким образом, при выполнении картометрических работ на топографических картах средних и крупных масштабов в пределах одной шестиградусной зоны искажениями длин и площадей можно пренебречь.

Согласно приказу Минэкономразвития [3] государственные топографические карты создаются в равноугольной поперечно-цилиндрической картографической проекции Гаусса-Крюгера в шестиградусных зонах, а государственные топографические планы создаются в трехградусных зонах.

5.1.5 Разграфка и номенклатура топографических карт

5.1.5.1 Структурным элементом государственной топографической карты или государственного топографического плана является лист топографической карты или топографического плана соответственно. Листы государственных топографических карт имеют

форму трапеций, сторонами которых являются изображения меридианов и параллелей.

Основой системы деления государственных топографических карт и планов на листы (далее – разграфка) и системы обозначения государственных топографических карт и планов (далее - номенклатура) является международная разграфка и номенклатура листов топографической карты масштаба 1:1 000 000. Листы карты по параллелям образуют пояса, каждый по 4° широты, начиная от экватора, а по меридианам - колонны, каждая по 6° долготы, границы которых совпадают с зонами картографической проекции Гаусса-Крюгера. Номенклатура листа карты масштаба 1:1 000 000 состоит из буквы, обозначающей пояс, и цифры номера колонны. Пояса обозначаются заглавными буквами латинского алфавита (от A до U), начиная от экватора к северу и югу, а колонны - арабскими цифрами (от 1 до 60) от меридиана 180° с запада на восток [3].

На рисунке А.1 (приложение А) приведена схема расположения листов карты масштаба 1:1 000 000.

На рисунке 5.1 приведена разграфка и номенклатура карт масштабов от 1:1 000 000 до 1:100 000.

Лист государственной топографической карты масштаба 1:1 000 000 содержит:

- 4 листа карты масштаба 1:500 000, которые обозначаются заглавными буквами А, Б, В, Г;

- 36 листов карты масштаба 1:200 000 с обозначением римскими цифрами от I до XXXVI;

- 144 листа карты масштаба 1:100 000, которые обозначаются арабскими цифрами от 1 до 144.

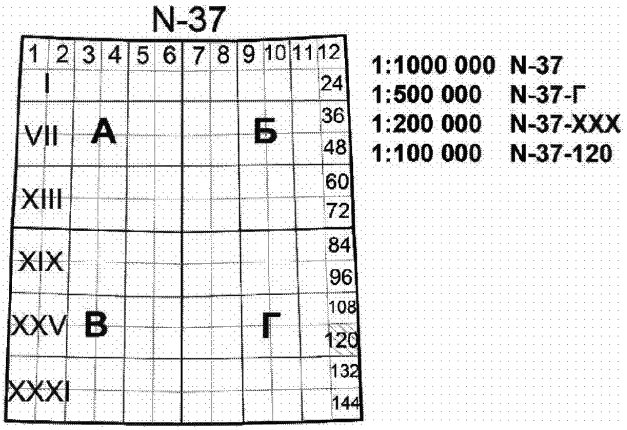


Рисунок 5.1 – Разграфка и номенклатура карт масштабов от 1:1 000 000 до 1:100 000

5.1.5.2 Лист карты масштаба 1:100 000 положен в основу разграфки и номенклатуры карт более крупного масштаба (рисунок 5.2).

В одном листе карты масштаба 1:100 000 содержатся 4 листа масштаба 1:50 000, которые обозначаются прописными буквами русского алфавита А, Б, В, Г, например, N37-120-В.

Лист карты масштаба 1:50 000 содержит 4 листа карты масштаба 1:25 000, которые обозначаются строчными буквами русского алфавита а, б, в, г, например, N37-120-В-б.

Лист карты масштаба 1:25 000 содержит 4 листа карты масштаба 1:10 000, которые обозначаются арабскими цифрами 1, 2, 3, 4, например, N37-120-В-б-4.

Лист карты масштаба 1:100 000 содержит 256 листов топографических планов масштаба 1:5 000, которые обозначаются порядковыми арабскими цифрами от 1 до 256, взятыми в скобки, например, N37-120-(8). Лист топографического плана масштаба 1:5 000 содержит 9 листов планов масштаба 1:2 000, которые обозначаются русскими строчными буквами от *а* до *и*, например, N37-120-(8-е).

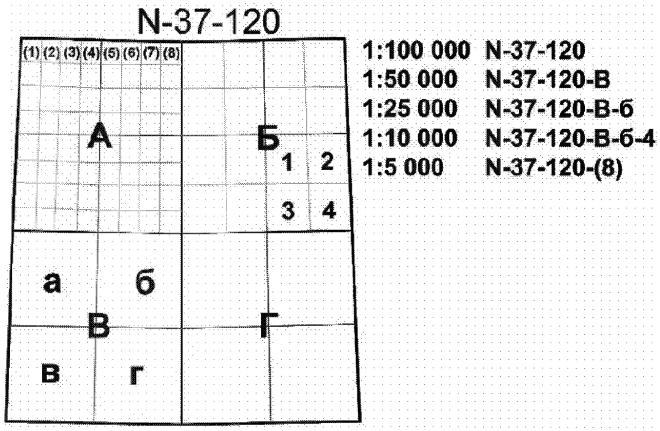


Рисунок 5.2 – Разграфка и номенклатура карт масштабов от 1:100 000 до 1:5 000

5.1.5.3 На топографической карте параллели изображаются дугами окружностей, а меридианы — прямыми линиями. Условные знаки, изображающие одни и те же объекты, на картах масштаба 1:25 000 - 1:200 000 по своему начертанию почти одинаковые и отличаются только размерами.

5.1.6 Местная система координат

В настоящее время широкое применение получили местные системы координат для работ на ограниченной территории, не превышающей территорию субъекта РФ.

Местной системой координат называется система плоских прямоугольных координат в проекции Гаусса с местной координатной сеткой. Местные системы создаются в государственной геодезической системе координат с элементами эллипсоида Красовского [6].

Начало отсчета координат и ориентировка осей координат местной системы смещены по отношению к началу отсчета и ориентировке осей координат единой государственной системы координат. С помощью параметров перехода можно перейти от местной системы к единой государственной системе координат.

Местные системы координат базируются на основе СК-63, которая была разработана на всю территорию бывшего СССР в виде блоков. Блоки СК-63 обозначаются латинскими буквами, например, «СК-63, блок V».

На картах и планах, составляемых в местных системах, применяется Балтийская система высот 1977 года. В некоторых местных системах установлено свое (местное) начало отсчета высот.

Для названий местных систем субъектов РФ установлены номера. Например, местная система Московской области называется «МСК-50».

Разграфка и номенклатура карт в местной системе аналогична разграфке и номенклатуре карт в единой государственной системе.

5.1.7 Содержание топографических карт

5.1.7.1 Из элементов содержания топографических карт для гидрологических работ наибольшее значение имеют: объекты гидрографии (озера, водохранилища, пруды, реки, ручьи, каналы, канавы, болота и др.), рельеф и почвенно-растительный покров, районы развития карста, а также населенные пункты, хозяйственные объекты и дороги [1].

5.1.7.2 Озера, водохранилища и пруды на крупномасштабных картах показываются в том случае, если их площадь в масштабе карты более 1 мм², а на мелкомасштабных картах - более 2 мм². Если озера имеют меньшую площадь, но являются характерными для данного района, они показываются на картах с некоторым увеличением площади. Независимо от размера показываются все пресные озера в засушливых и безводных районах, минеральные, лечебные, а также озера, являющиеся истоками рек.

5.1.7.3 На крупномасштабных картах показываются, как правило, все реки, каналы и канавы, независимо от их протяженности, за исключением горных районов, где на картах масштаба 1:50 000 и 1:100 000 реки и ручьи длиной менее 1 см (в масштабе карты) показываются не полностью, а с частичным отбором. Все реки

изображаются в одну или две линии в зависимости от их ширины и масштаба карты в соответствии с таблицей 5.3.

Таблица 5.3 – Изображение рек на картах разных масштабов в зависимости от их ширины

Изображение реки на карте	Ширина реки, м, на картах масштабов			
	1:10 000	1:25 000	1:50 000	1:100 000
В одну линию	До 3 включ.	До 5 включ.	До 5 включ.	До 10 включ.
В две линии с промежутком между ними 0,3 мм	Св. 3 до 5 включ.	Св. 5 до 15 включ.	Св. 5 до 30 включ.	Св. 10 до 60 включ.
В две линии с сохранением действительной ширины реки в масштабе карты	Св. 5	Св. 15	Св. 30	Св. 60

Реки, изображаемые в одну линию, показаны на картах с постепенным утолщением линии от истока к устью; реки, протекающие в пустынных районах и теряющиеся в песках, показываются с постепенным уменьшением толщины к устьевой части. Толщина линии, изображающей реку, находится в пределах от 0,1 до 0,5 мм. При изображении рек в две линии толщина каждой линии составляет 0,1 мм, а наименьший промежуток между ними составляет 0,3 мм.

Канализованные участки рек показываются на картах в одну или две линии условными знаками каналов и канав в соответствии с рекомендациями таблицы 5.4.

При изображении поймы реки, как правило, наносятся все протоки и старые русла (старицы) длиной в масштабе карты более 3 мм, а при большом их числе и сильной заболоченности поймы – свыше 5 мм.

Каналы и канавы изображаются в одну или две линии в зависимости от их ширины и масштаба карты (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Изображение каналов (канав) на картах разных масштабов

Изображение канала (канавы) на карте	Ширина канала (канавы), м, на картах масштабов			
	1:10 000	1:25 000	1:50 000	1:100 000
В одну линию	До 2 включ.	До 3 включ.	До 3 включ.	До 3 включ.
В две линии с промежутком между ними 0,2 мм	Св. 2 до 3 включ.	Св. 3 до 10 включ.	Св. 3 до 10 включ.	Св. 3 до 10 включ.
В две линии с промежутком между ними 0,4 мм	Св. 3 до 5 включ.	Св. 10 до 15 включ.	Св. 10 до 30 включ.	Св. 10 до 60 включ.
В две линии с сохранением действительной ширины канала в масштабе карты	Св. 5	Св. 15	Св. 30	Св. 60

На картах масштабов 1:10 000 и 1:25 000 обычно показываются все каналы и канавы оросительных и осушительных систем. В отдельных случаях не показываются канавы, когда расстояние между ними в масштабе карты менее 2 мм.

На картах масштабов 1:50 000 и 1:100 000 показываются каналы и магистральные канавы, а прочие канавы наносятся с разрядкой.

5.1.7.4 Береговая линия морей, озер и искусственных водоемов изображается с разделением на: постоянную и определенную, непостоянную и неопределенную (для озер на болотах, низменных, затопляемых берегов, берегов пересыхающих озер и т.п.); на картах масштаба 1:50 000 и мельче не разделяются.

Изображаемая на картах береговая линия моря соответствует линии уреза воды при наиболее высоком ее уровне во время прилива, а при отсутствии приливных явлений – линии прибоя. Береговая линия и отметки уровня озер, прудов и рек соответствуют среднему меженному уровню, а береговая линия крупных водохранилищ – НПУ. На картах показываются границы разливов крупных озер и рек.

5.1.7.5 Рельеф местности на топографических картах изображается горизонталями в сочетании с условными знаками обрывов, скал, оврагов, промоин. Изображение рельефа дополняется подписями абсолютных и относительных высот некоторых характерных точек местности. Согласно [3] для изображения рельефа

горизонталями на топографических картах, применяются высоты сечения рельефа, указанные в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Высоты сечения рельефа на государственных топографических картах масштабов 1:10 000-1:200 000 и планах

Характер местности	Основная высота сечения рельефа, м, для государственных топографических карт и планов масштабов					
	1:2 000	1:10 000	1:25 000	1:50 000	1:100 000	1:200 000
Плоско-равнинная с уклоном до 1°	0,5	1,0	2,5	10,0	20,0	20,0
Равнинная с уклоном до 2°		2,0				
Равнинная с уклоном до 2° в районах мелиорации	0,5	1,0	2,5	10,0	20,0	20,0
Равнинная с уклоном от 2° в залесенных районах	1,0 0,5 [1)]	2,0	5,0	10,0	20,0	20,0
Всхолмленная с уклоном до 4°	1,0	2,5	2,5	10,0	20,0	20,0
Пересеченная с уклоном до 6°, а также районы песчаных пустынь	2,0	2,5	5,0	10,0	20,0	20,0
Пересеченная с уклоном до 6° в районах мелиорации	2,0	2,0	5,0	10,0	20,0	20,0
Предгорная и горная с уклоном более 6°	2,0	5,0	5,0	10,0	20,0	40,0
Высокогорная	-	-	10,0	20,0	40,0	80,0

[1)] По специальному требованию.

5.1.8 Масштаб картографических материалов

5.1.8.1 Масштаб исходных карт влияет на точность цифровой информации. Чем крупнее масштаб картографических данных, тем точнее и подробнее представлена в ней информация.

В соответствии с правилами картосоставления с уменьшением масштаба спрямляются мелкие извилины рек и изображение реки на карте становится короче. Это особенно заметно на картах горной и холмистой местности.

В таблице 5.6 отражена зависимость между длиной реки и масштабом карт с которых эта длина была получена [7].

Таблица 5.6 – Длина реки на картах разных масштабов (фрагмент)

Река	Длина реки по карте, км				
	1:25 000	1:50 000	1:100 000	1:300 000	1:1 000 000
А	43,3	36,5	36,2	29,1	26,5
В	32,4	30,8	29,1	27,6	22,5
Г	-	70,8	62,6	55,8	51,0
Д	-	97,6	93,2	87,8	81,0
Е	-	-	211	201	187
Ж	-	-	252	248	224

В таблице 5.7 приведены примерные поправочные коэффициенты в длины водотоков, измеренных по картам разных масштабов. Это усредненные коэффициенты в длины линейных объектов, которые установлены опытным путем и учитывают, как уклон, так и извилистость линейных объектов [8].

Таблица 5.7 –Примерные поправочные коэффициенты длины реки на картах разных масштабов

Характер местности	Коэффициент увеличения длины реки на местности по сравнению с измеренной по карте масштаба			
	1:500 000	1:200 000	1:100 000	1:50 000
Горная	1,30	1,25	1,20	1,05
Холмистая	1,20	1,15	1,10	1,05
Равнинная	1,05	1,05	1,00	1,00

С уменьшением масштаба в разы уменьшается число изображенных на карте водоемов и водотоков.

Чем крупнее масштаб карты, тем точнее по таким картам можно произвести все виды картометрических работ, поскольку сечение рельефа чаще, подробнее изображена гидрографическая сеть и детальнее показаны все прочие элементы местности. Необходимо учитывать, что при увеличении масштаба карт значительно увеличивается объем картометрических работ.

5.1.8.2 Топографические карты среднего масштаба (1:200 000) и мелкого масштаба (1:500 000 – 1:1 000 000) разрешается использовать только для предварительных расчетов отдельных гидрографических характеристик (площади, средней высоты и др.), когда не требуется высокая точность. Для этих целей Росгидрометом рекомендовано использовать «Общую цифровую картографическую основу Росгидромета» (ЦКО Росгидромета) [9].

В таблицах 5.8 и 5.9 приводятся рекомендуемые масштабы картографических материалов для использования в соответствии с размером водных объектов и характером местности [2].

Таблица 5.8 – Масштабы карт, используемые для определения площадей водосборов, длин рек и уклонов

Характер местности	Площадь водосбора, км²			
	До 10	Св. 10 до 50 включ.	Св. 50 до 200 включ.	Св. 200
Равнинные, пустынные и заболоченные слабо расчлененные районы	1:10 000	1:25 000	1:50 000	1:100 000
Горные и холмистые сильно расчлененные районы	1:25 000	1:50 000	1:100 000	1:100 000

Таблица 5.9 – Масштабы карт, используемые для определения гидрографических характеристик водоемов

Водоемы	Примерная площадь изображения водоема на карте		Масштабы карт
	бумажной, см²	цифровой, км²	
Крупнейшие и большие	Св. 1000	Св. 1000	1:500 000 1:100 000
Средние	Св. 500 до 1000 включ.	Св. 500 до 1000 включ.	1:100 000
		Св. 125 до 250 включ.	1:50 000
Малые	Св. 100 до 500 включ.	Св. 25 до 125 включ.	1:50 000
		Св. 6 до 31 включ.	1:25 000
Самые малые	От 10 до 100 вкл.	Св. 1 до 6 включ.	1:25 000
		От 0 до 1 включ.	1:10 000

В процессе работы карты более крупного масштаба, по сравнению с рекомендуемыми в таблицах 5.8 и 5.9, должны использоваться как вспомогательные для установления и уточнения положения отдельных объектов или границ водосборов.

При наличии материалов космической съемки или аэрофотоснимков более крупномасштабных и более современных, чем используемые карты, необходимо привлекать их для установления степени достоверности карт путем их сопоставления. Эти же материалы используются для уточнения границ различных угодий и

положения гидрографических объектов на картах, особенно при изучении малых водных объектов и их водосборов [1].

При необходимости сравнения длин водотоков, площадей водоемов и водосборов, уклонов и других морфометрических характеристик, измеренных по картам, масштаб которых отличается от масштаба 1:100 000, с опубликованными данными в официальных изданиях Росгидромета, следует выполнить параллельные измерения этих характеристик по картам масштаба 1:100 000, а затем сравнить полученные результаты. Целесообразно использовать данные справочных изданий Росгидромета: «Гидрологическая изученность», «Основные гидрологические характеристики», «Ресурсы поверхностных вод СССР» и др.

5.1.9 Цифровые модели местности

5.1.9.1 Цифровые топографические карты по запросу пользователя могут комплектоваться векторными моделями местности – TIN, которые построены из отметок высот, глубин, горизонталей, изобат, урезов водных объектов и др.

Цифровые модели местности могут представляются также в сеточном (матричном формате). Вся площадь карты разбивается на элементы регулярной сетки (ячейки). Каждой ячейке соответствует только одно значение (высоты, глубины или др.).

5.1.9.2 В свободном доступе (в сети Интернет) имеется множество иностранных наборов матриц высот. Например – цифровые модели рельефа: GTOPO30, SRTM, ASTER, GDEM и др., которые не рекомендуются для определения гидрографических характеристик водных объектов РФ, поскольку находятся в системах высот, отличных от принятых в России, а также не привязаны к опорной геодезической сети РФ, и, как следствие, имеют непредсказуемые ошибки в

местоположении, не соответствуют по масштабу (их разрешение 30 м и более). В тоже время вышеперечисленные модели рельефа могут оказаться полезными для общего представления о рельефе местности и предварительной оценки данных.

5.1.9.3 В качестве моделей рельефа местности рекомендуется использовать триангуляционные модели и матрицы высот, полученные путем преобразования с цифровых топографических карт и планов РФ или данных топографической съемки местности с сечением рельефа не менее: 1 м – для равнинного рельефа и 2 м – для горной местности. При этом размер сетки в матрице высот должен соответствовать масштабу исходных данных.

5.2 Космические снимки и аэрофотоматериалы

5.2.1 При наличии более современных и подробных материалов аэрофотосъемки, в том числе, полученных с БПЛА, или космических снимков, рекомендуется привлекать их для установления степени достоверности карт путем их сопоставления. Эти же материалы используются для уточнения границ различных угодий и положения гидрографических объектов на картах, особенно при изучении малых водных объектов и водосборов.

Примерное соотношение масштаба карт с пространственным разрешением космических снимков показано в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Соотношение масштаба карт с пространственным разрешением космических снимков

Показатели	Диапазон			
Разрешение снимка, м	От 0,3 до 2 включ.	Св. 2 до 15 включ.	Св. 15 до 30 включ.	Св.30
Масштаб карты	1: 10 000 и крупнее	1: 25 000, 1:50 000	1:100 000	Мельче 1:100 000

5.2.2 В общем случае для изучения водных объектов рекомендуется использовать космические снимки с разрешением на местности от 1 до 20 м, например, снимки с ИСЗ: Ресурс-П, Монитор-Э, WorldView-1, 2, GeoEye-1, QuickBird, OrbView-3, SPOT, Landsat 8, Sentinel и др.

В настоящее время в сети Интернет доступны космические снимки и карты с картографических сервисов: Google Earth, Google Maps, Bing Maps, Яндекс.карты, Yahoo! Maps, OpenStreetMap и др.

Необходимо учитывать, что почти везде в иностранных картографических сервисах используется неоднозначная система координат «Web Mercator». Для корректного использования картографических материалов с этих Интернет-ресурсов для определения длин и площадей, необходимо перевести их в одну из официально принятых в РФ систем координат в соответствии с 5.1. Для картометрических работ, требующих отметки высоты, включая уклоны, профили, среднюю высоту и др., эти материалы не рекомендуются к использованию даже после перевода их в другую систему координат, поскольку высотная основа в данных сервисах включает в себя иностранные наборы матриц высот, которые не соответствуют по точности решаемым задачам в соответствии с 5.1.

5.2.3 В приложении А определен порядок подбора и приобретения государственных топографических карт и планов, цифровых моделей местности, космических снимков и аэрофотоматериалов, а также перечислены организации, распространяющие эти материалы.

6 Определение местоположения и границ гидрографических объектов на картах и снимках

6.1 Подготовительные работы

Определение местоположения границ объектов гидрографии или их уточнение производится в соответствии с правилами, утвержденными постановлением Правительства [10].

Для исключения грубых ошибок при измерениях, облегчения работы со сложными водными объектами и обеспечения взаимосвязанности определяемых гидрографических характеристик целесообразно провести следующие подготовительные работы [1]:

- подобрать необходимые топографические материалы соответствующего масштаба, покрывающие весь объект;

- провести анализ топографических карт с целью установления особенностей изображения на них тех или иных элементов содержания, используя для этой цели различные примечания, условные знаки и схемы, помещаемые непосредственно на листах карт;

- проверить сводку изображения измеряемых объектов и границ угодий между отдельными смежными листами карт. При наличии значительных нестыковок необходимо установить их причины и по возможности исправить с привлечением карт более крупного масштаба;

- необходимо определить способы и порядок картометрических работ. Для этих целей рекомендуется составить схему объекта и отметить на ней наиболее сложные участки, для которых необходимо использовать более крупномасштабные карты, аэрофотоматериалы, космические снимки, материалы съемки с БПЛА или провести гидрографическое полевое обследование.

6.2 Границы водосборов

6.2.1 Площадь водосбора реки является важнейшей характеристикой, в значительной степени определяющей величину стока.

Правильное установление местоположения и точное нанесение на карту границ водосборов водных объектов оказывает решающее влияние на точность определения их площадей. В свою очередь площади водосборов часто являются исходными величинами при определении многих других гидрографических характеристик, что обусловливает необходимость определения их с предельно возможной точностью.

В площадь водосбора водного объекта включаются площади, ограниченные водораздельной линией, в том числе площади всех водоемов и их водосборов и площади замкнутых впадин, отметка высоты дна которых больше отметки высоты уровня водного объекта в створе поста. Замкнутая впадина с водоемом в ней, высота уреза воды которого меньше высоты уреза воды в замыкающем створе, в площадь водосбора не включается.

Основным фактором, определяющим местоположение границ водосбора, т.е. водораздельной линии, является рельеф местности. Поэтому в зависимости от характера рельефа местности встречаются те или иные трудности при установлении границ водосбора. Применяемый на топографических картах способ изображения рельефа горизонталями, различными масштабными и внемасштабными условными знаками, отметками высот и урезов воды позволяет с достаточной точностью установить положение водораздельной линии. Она, как правило, проходит по окраинным наивысшим точкам водосбора, которыми являются холмы, возвышенности, гребни хребтов, отрогов и т.п.

Проведение границ водосбора реки или озера в горной местности или местности с достаточно четко выраженным рельефом не представляет обычно особых трудностей.

Чем слабее выражен рельеф местности, тем он менее четко отображен и на топографической карте и тем сложнее процесс установления местоположения водораздельной линии. Особенно сложно сделать это на топографических картах, покрывающих равнинные, преимущественно низменные территории, часто сильно заболоченные, с большим количеством озер, с незначительными относительными превышениями в рельефе, недостаточно подробно отображаемыми горизонталями принятого на карте сечения. В таких случаях при установлении местоположения водораздельной линии нельзя ограничиваться картами одного масштаба. Необходимо привлекать карты более крупного масштаба, где более подробно изображен рельеф местности. В сложных случаях следует использовать для этих целей аэрофотоматериалы, космические снимки высокого разрешения и различные гидрографические описания.

При проведении границ водосбора тщательному анализу подлежат все средства изображения рельефа местности: основные, дополнительные и вспомогательные горизонтали, указатели направления течения рек, отметки высот и урезов воды, условные обозначения малых форм рельефа, как естественных, так и искусственных, а также другие косвенные признаки, в той или иной степени отражающие неровности поверхности и способствующие более точному определению местоположения водораздельной линии (болота, солончаки, дороги, канавы, луга, леса и т.п.).

Особую сложность в установлении границ водосборов по картам представляют районы с большими нарушениями природных условий, вызванными хозяйственной деятельностью человека: постройкой железных и шоссейных дорог, разработками различных полезных

ископаемых и строительных материалов, особенно открытым способом (образование карьеров, шурфов и т. д.), проложением систем оросительных и осушительных каналов и канав, часто вызывающих перераспределение стока между водосборами. Устанавливать местоположение водораздельной линии в таких районах необходимо с использованием наиболее крупномасштабных топографических карт (1:25 000, 1:10 000, а при наличии и крупнее). При этом следует обращать особое внимание на расположение мостов и дорожных труб на дорогах, пересекающих естественный водосбор, устанавливать уклон канав, ограничивающих дороги, т.п.

Самым надежным способом уточнения положения водораздела в районах, сильно измененных хозяйственной деятельностью, и на доступных участках слабо расчлененной заболоченной местности следует считать полевое обследование, которое рекомендуется производить во всех случаях, когда использование всех картографических и описательных материалов не обеспечивает однозначного проведения линии водораздела.

В некоторых очень сложных районах, даже с использованием всех имеющихся картографических материалов и результатов полевого обследования, не всегда удается точно установить и провести водораздельную линию. В этих случаях рекомендуется данные о площади и других гидрографических характеристиках, определение которых связано с площадью водосбора, считать приближенными и сопровождать соответствующим примечанием. В примечании следует описать причины, обусловившие получение приближенных значений.

Границы водосборов наносятся на карты в виде красной линии. Границы водосборов большей части крупных и средних рек РФ уже определены и нанесены на схемы в соответствующих справочных изданиях Росгидромета. Но поскольку эти работы выполнялись различными организациями, специалистами разной квалификации и по

разномасштабным картам, зачастую имеются существенные разногласия в отнесении некоторых водных объектов к тому или иному водосбору. В любом случае перед началом картометрических работ необходимо проверить точность нанесения водоразделов.

6.2.2 Замкнутые впадины, выделяемые в пределах площади водосбора, представляют собой замкнутые понижения, не имеющие поверхностного стока в водный объект.

Установление их границ связано с установлением положения водораздельной линии, ограничивающей впадину. Поскольку площади замкнутых впадин всегда значительно меньше всей площади бассейна, то для установления их границ, как правило, требуется привлекать топографические карты более крупного масштаба. Выбор соответствующего масштаба карт определяется площадью замкнутой впадины и характером рельефа.

При установлении и проведении водораздельных линий, ограничивающих замкнутые впадины, необходимо использовать все средства изображения рельефа и косвенные признаки, указывающие на наличие впадин и местоположение их границ, как и при установлении границ водосборов.

Первыми признаками наличия впадин являются бессточные озера, отдельные болота, солончаки, такыры и др. Однако основным признаком, подтверждающим наличие впадины, является замкнутая горизонталь с указателем направления ската вовнутрь, часто, но не обязательно занятая внутри указанными выше объектами.

Особое внимание следует обращать на искусственные замкнутые впадины. В отличие от других элементов рельефа, изображаемых на топографических картах коричневым цветом, они печатаются черным цветом. К ним относятся различного рода карьеры, выработки и т.п.

6.3 Границы различных угодий

6.3.1 Наличие на территории водосборов различных угодий, так или иначе влияющих на гидрологический режим территории, обусловливает необходимость определения таких характеристик, как относительная лесистость, распаханность, заболоченность и др., которые выражаются в процентах от общей площади водосбора.

Для определения этих характеристик необходимо знать площади, занимаемые соответствующими угодьями, а для этого необходимо установить границы этих угодий.

При установлении границ тех или иных угодий по бумажной карте часто возникают трудности четкого нанесения их на карту из-за большой перегруженности карты другими элементами содержания. Особенно заметно это проявляется в условиях незначительного расчленения рельефа местности и большой густоты населенных пунктов. В таких сложных случаях рекомендуется всю подготовительную работу по установлению границ угодий и их оконтуриванию производить на прозрачной основе, наложенной на карту. Для этой цели могут быть использованы калька или прозрачные пластики.

На цифровой карте вопрос решается проще. Рекомендуется всю подготовительную работу производить на отдельном, вновь созданном слое. При этом можно отключить ненужные элементы содержания и работать только с необходимыми слоями информации. Такой прием обеспечивает также возможность проведения эффективного контроля картометрических работ на всех этапах.

В практике картометрических работ нередко встречаются ошибки в определении гидрографических характеристик из-за неправильности установления вида и границ угодий. Встречаются случаи, когда одни и те же угодья включаются в две характеристики, например, в лесистость

и заболоченность, заболоченность и распаханность, и т.п. С целью исключения подобных просчетов следует пользоваться приведенными ниже рекомендациями по установлению вида и границ различных угодий.

6.3.2 Для определения относительной лесистости водосбора в границы лесистых угодий включаются все леса (в том числе низкорослые леса, полностью или частично вырубленный лес, горелый лес, бурелом), различные кустарники, парки, сады, питомники, виноградники, заросли бамбука, саксаула, стланика и плантации различных технических древесных и кустарниковых культур. Лес и кустарники на труднопроходимых, непроходимых и проходимых болотах, как правило, имеющие на картах зеленый фон, в лесистость не включаются.

Лесные угодья на топографических картах наглядно показаны контуром, различными штриховыми условными обозначениями и фоновой (зеленой) заливкой. Причем, леса, парки и сады, как правило, изображены сплошным фоном, а кустарники, питомники и т.п. - растровой сеткой, дающей бледно-зеленый фон.

Все угодья, относящиеся к лесным, подразделяются еще на суходольные и заболоченные. Границы заболоченных лесных угодий, расположенных на неоконтуренных болотах, проводятся по внешним концам синей штриховки с выделением внутримассивных незаболоченных участков, площадь которых более 1 км^2.

6.3.3 Для определения относительной заболоченности водосбора в площадь болот включаются непроходимые, труднопроходимые, проходимые болота и заболоченные земли, как оконтуренные, так и не оконтуренные точечным пунктиром черного цвета.

Отдельные мелкие заболоченные участки размером не более 0,5 км^2 и узкие заболоченные поймы рек и озер, не оконтуренные на

картах, при определении заболоченности водосборов площадью более 10 км^2 не учитываются.

В площадь болот включаются также леса и кустарники по труднопроходимому, непроходимому и проходимому болоту и внутриболотные озера.

На картах болота, как правило, выделяются контуром и заполняются условными знаками синего цвета.

Выделение границ верховых и низинных болот по топографическим картам производится приближенно по типу травяной растительности и по характеру рельефа поверхности. Верховым болотам свойствен моховой тип растительности, а низинным - травяной.

Высотное положение верховых и низинных болот может быть различным, но верховые болота чаще располагаются на водораздельных участках и, как правило, имеют выпуклую форму. Низинные болота могут располагаться как в понижениях, так и на возвышенных местах, но, в отличие от верховых, они имеют плоскую поверхность и богатую разнообразную растительность (травяную, зеленомошную или лесную). Проходимые и непроходимые болота часто бывают не оконтурены на картах точечным пунктиром, поэтому перед измерением их площадей необходимо установить и провести эти границы. Границей болот в этих случаях является линия, соединяющая внешние концы условного знака - синей штриховки (рисунок 6.1).

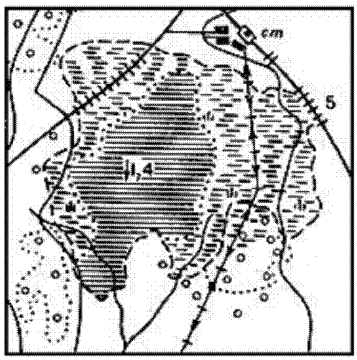


Рисунок 6.1 – Определение границ болот

При наличии гидрогеологических карт крупного или среднего масштаба границы верховых и низинных болот можно выделить точнее, так как на них они изображаются различными условными знаками.

6.3.4 Определение относительной распаханности водосбора сопряжено с некоторыми трудностями выделения на картах площадей, занятых пашнями, поскольку они не имеют специального условного знака и отображаются на картах отсутствием каких-либо заполняющих условных обозначений или фоновых заливок. Исключением являются случаи, когда небольшие участки пашни, расположенные в районах бедных ориентирами, например, среди крупных лесных или целинных массивов, выделяются контуром и подписью "П" или "пашня". К пашням относятся также огороды и различные сельскохозяйственные угодья и плантации с ежегодной вспашкой поля.

При оконтуривании угодий, относящихся к пашне, необходимо следить за тем, чтобы не включить ошибочно в площадь пашни угодья, не относящиеся к ним, заполненные на карте редкими, иногда слабозаметными условными знаками, изображающими степную травянистую растительность, полупустынную растительность, глинистые и щебеночные участки с редкой растительностью, выгоны,

моховую растительность, каменистые поверхности, лишайниковую растительность и т.п.

6.3.5 Для определения урбанизированности водосбора необходимо установить границы территорий, занятых населенными пунктами, хозяйственными постройками и шоссейными дорогами.

Под площадью населенных пунктов понимается площадь, занятая строениями (жилыми и нежилыми), дворами, улицами и площадями. На топографических картах эта площадь оконтуривается по внешним частям залитых кварталов, включая улицы, площади и внутриквартальные территории. Площади, занятые огородами, в эту характеристику не включаются, так как они относятся к пашне. Хозяйственные постройки также оконтуриваются по внешним краям условных обозначений этих объектов.

Площади водосбора, занятые шоссейными дорогами, определяются по их длине, измеряемой по топографическим картам и соответствующей ширине, показываемой на картах.

6.4 Истоки водотоков

Для определения длины водотоков требуется установить местоположение их истоков и устьев.

Истоком реки является место, с которого появляется постоянное течение воды в русле. Истоками рек могут служить озера, родники, ключи, начало открытого потока на болоте, выход на поверхность водного потока у нижнего края ледника и т.п.

У пересыхающих рек за исток принимается место на дне ложбины (балки), где начинают прослеживаться следы русла, разрабатываемого талыми или дождевыми водами.

Поскольку вопрос установления местоположения истоков рек при картографировании часто очень сложен и нередко носит условный

характер, при использовании топографических карт необходимо учитывать следующие основные правила:

- на крупномасштабных картах, в масштабе 1:100 000 и крупнее, как правило, показываются все истоки рек;

- на среднемасштабных картах, в масштабе 1:200 000 и мельче, сохраняются истоки всех больших рек, а также рек, сопровождаемых подписями названий. Точное изображение истоков рек без названия на этих картах считается не обязательным. Более того, верховья рек на них могут быть умышленно укорочены с целью исключения возможности соединения истоков рек противоположных склонов на узких водоразделах. В тех случаях, когда две реки имеют неясно выраженный водораздел, на картах должно быть показано направление течения каждой реки стрелкой в обе стороны от их истоков.

Учитывая отмеченные выше особенности изображения на топографических картах истоков рек и в целом гидрографической сети при установлении местоположения истоков необходимо руководствоваться следующими правилами:

- на топографических картах за исток реки, если он не уточнен по данным полевого гидрографического обследования, следует принимать начало ее изображения сплошной или пунктирной линией, либо ключ или родник, являющийся началом реки;

- если река вытекает из озера, то для рек, изображаемых одной линией, за ее исток принимается точка пересечения линии реки с береговой линией озера; а для рек, изображаемых двумя линиями, - точка пересечения средней линии реки с продолжением береговой линии озера;

- если река вытекает из болота, за исток реки принимается начало сплошной или пунктирной линии, изображенной на карте. Часто верховья рек, вытекающих из болот, бывают канализованы. В этом

случае истоком реки следует считать начало основного осушительного канала, являющегося продолжением реки вверх по течению;

- если река образуется слиянием двух рек, имеющих свои собственные названия, отличные от названия основной реки, то за исток (иначе - начало) основной реки условно принимается место слияния этих рек;

- если на топографической карте одна из двух составляющих рек имеет название, отличное от названия основной реки, а другая не имеет собственного названия, то за исток основной реки принимается исток составляющей, не имеющей названия.

- в тех случаях, когда река образуется в результате слияния двух и более рек, не имеющих названий, за исток следует принимать исток большего по длине составляющего притока. Если длина составляющих притоков одинакова, то принимается исток той составляющей, у которой больше площадь водосбора. Если длина и площадь водосборов составляющих рек одинаковы, то за исток основной реки принимается исток той из составляющих, у которой он имеет большую высоту. И наконец, если все указанные выше характеристики одинаковы, за исток реки принимается исток левой составляющей, а в случае трех составляющих - исток средней из них.

За начало оросительных судоходных и соединительных каналов, вытекающих из рек, озер или водохранилищ, принимается точка пересечения линии канала с береговой линией водного объекта, из которого вытекает канал.

Истоки осушительных каналов определяются так же, как истоки рек.

Во всех случаях для определения гидрографической длины речной системы за наиболее удаленный исток принимается либо исток самой реки, либо исток ее какого-либо притока, образующего с основной рекой наибольшую длину русла данной речной системы.

На картах местоположение принятых истоков отмечается красным кружком.

6.5 Устья рек

Под устьем реки подразумевается место впадения ее в другую реку, озеро, водохранилище, море или место, в котором река теряет свою воду вследствие ухода под землю (в карстовых районах), или место полного разбора на водохозяйственные нужды (орошение, водоснабжение и т.п.).

Определение местоположения устьев рек часто бывает затруднено как сложностью и разнообразием их форм, так и изменением местоположения вследствие обильного выноса рекой наносов, прорыва рукавов и образования новых проток при наводнении и т.п.

В зависимости от характера процессов, происходящих в устьевой зоне, образуются различные по форме устья рек. По очертаниям в плане устья рек подразделяются на следующие основные типы:

- нормальное устье, когда река сохраняет приближенно ширину до места впадения;

- воронкообразное затопленное устье (эстуарий или губа), постепенно расширяющееся в сторону моря в виде морского залива;

- дельта - форма устья реки, характеризующаяся наличием проток, островов, располагающихся веерообразно. По характеру отложений наносов встречаются несколько типов дельт: блокированная, выдвинутая, лопастная, клювообразная, сложная и бухтовая.

При установлении местоположения устьев рек, впадающих в море (озеро), следует учитывать, что дельты и эстуарии относятся к речным образованиям и их необходимо включать в длину реки.

Сложность и многообразие форм устьев рек позволяет установить общие правила определения местоположения лишь для наиболее выраженных устьев. Часто за устье рек, особенно крупных, судоходных, принимаются чисто условные пункты, отражающие либо исторические традиции, обусловленные судоходством, рыболовством и другими причинами, либо природные особенности водного объекта.

При установлении местоположения устьев рек по топографическим картам следует придерживаться следующих основных правил:

- в общем случае за устье реки, изображенной на карте двумя линиями и впадающей в другую реку, озеро или море, принимается точка пересечения средней линии впадающей реки с береговой линией принимающей реки, озера, моря;

- устьем реки, имеющей дельту, считается место впадения главного рукава дельты, изображенного на топографической карте более толстой линией или наибольшей шириной при изображении в две линии; при наличии нескольких одинаковых по водности рукавов основным следует считать тот, который имеет больший уклон, а если уклоны одинаковы или не могут быть установлены, то за основной принимается наиболее короткий из них. У всех многорукавных устьев, имеющих на карте названия рукавов, за устье принимается устье рукава, имеющего название основной реки;

- при впадении реки двумя рукавами в разные реки, основным из них следует считать более многоводный, а место его впадения принимается за устье;

- если река перед впадением в море образует озеро (разлив), соединенное с морем короткой протокой, за устье реки следует принимать устье протоки при впадении ее в море;

- положение устьев рек, впадающих в море с приливными явлениями, определяется на момент высокого уровня воды. На

топографических картах положение устья соответствует этому уровню воды;

- положение устьев рек, впадающих в озеро, определяется на момент межени, как и показано на топографических картах;

- положение устьев рек, впадающих в водохранилище, определяется при НПУ водохранилища, что также соответствует принятым правилам изображения на топографических картах;

- положение устьев пересыхающих рек или теряющихся в песках, болотах и разливах, при отсутствии уточняющих рекогносцировочных данных определяется по топографическим картам. За устье этих рек принимается конец обозначающих их на карте сплошных или пунктирных линий;

- если река полностью разбирается на орошение и оканчивается веером оросительных каналов, то ее устьем считается место разветвления на оросительные каналы;

- за окончание (устье) магистрального оросительного канала принимается место полного его разветвления на распределители. Окончания осушительных и соединительных каналов принимаются аналогично устьям рек.

Местоположение принятого устья реки на карте отмечается красной линией.

6.6 Гидрологические посты

6.6.1 Точность определения гидрографических характеристик до пункта наблюдений (гидрологического поста, станции) во многом зависит от точности установления местоположения этого пункта на карте (под местоположением гидрологического поста имеется в виду местоположение на реке гидрометрического створа).

Для точного нанесения гидрологических постов на топографические карты целесообразно использовать планы участков

станций и постов, а координаты определять с помощью GPS/Глонасс оборудования. Если координаты пункта гидрологических наблюдений неизвестны, то используется описание местоположения постов, помещенные в справочные издания Росгидромета. При составлении описания местоположения станций и постов необходимо, чтобы приведенные данные обеспечивали нанесение их на топографических картах масштаба 1:100 000 с точностью не менее 0,5 мм.

6.6.2 При невозможности использования географических координат применяется способ, основанный на использовании расстояния до поста от какого-либо ближайшего объекта местности, изображающегося на топографической карте точкой.

Например, местоположение гидрологического поста села Новое на реке Туне (рисунок 6.2) может быть описано одним из следующих приемов:

- пост находится в 2,0 км в направлении 114° от геодезического пункта с отметкой 56,7 м;

- пост находится севернее села Новое в 2,9 км от церкви;

- пост находится выше по течению в 5,6 км от моста у села;

- пост находится ниже по течению в 0,8 км от устья реки Уча.

На бумажной карте углы измеряют прозрачным транспортиром, а расстояния измеряют циркулем-измерителем с использованием масштабной линейки.

Местоположение пункта наблюдений на карте отмечается красной линией, пересекающей изображение реки под прямым углом. От концов этой линии проводится граница водосбора. У пункта подписывается красным цветом его номер по списку.

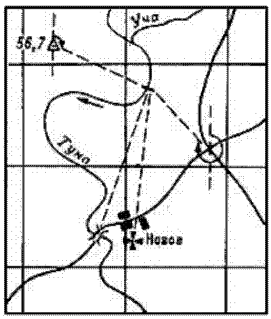


Рисунок 6.2 – Определение местоположения гидрологического поста (масштаб 1:100 000)

6.7 Дешифрирование водных объектов по космическим снимкам и аэрофотоматериалам

6.7.1 Для качественного определения гидрографических характеристик водных объектов по космическому или аэрофото снимкам, необходима максимально точная привязка снимка к цифровой карте. Характерными контурами привязки снимка служат береговая линия водоемов и рисунок гидрографической сети.

Если исследования проводятся на больших по протяженности реках или больших по площади озерах, водохранилищах и водосборах необходимо привлекать космические снимки среднего разрешения, поскольку, эти снимки имеют оптимальное соотношение размера ширины полосы съемки поверхности (порядка 100–200 км) и разрешающей способности (около 15–30 м) для решения рассматриваемой задачи.

Для получения более точных и надежных гидрографических характеристик водных объектов или водосборов на определенных, сравнительно небольших по размерам участках, следует использовать

космические снимки более высокого разрешения, аэрофотоматериалы, материалы съемки с БПЛА.

Дешифрирование космических снимков рекомендуется производить по дешифровочным признакам, которые приведены в стандарте организации [2].

Дешифрирование одного зонального снимка осуществляется в том случае, если одна из съемочных зон в наибольшей степени удовлетворяет поставленной задаче. Например, вследствие свойства воды практически полностью поглощать излучение в ближней инфракрасной зоне спектра в пределах от 0,7 до 3,0 мкм, водные объекты на снимках в этой части спектра отображаются самыми темными тонами, что облегчает дешифрирование элементов гидрографии: рек, береговой линии озер и водохранилищ, болот, обводненных и затопленных участков суши, участков с влаголюбивой растительностью и т.д.

Изображения в ближней инфракрасной зоне спектра при сравнении с одной из зон видимой части спектра всегда существенно отличаются. Поэтому для более надежного распознавания водных объектов можно использовать два снимка: в ближней инфракрасной и в одной из зон видимой части спектра в пределах от 0,4 до 0,7 мкм. Сопоставление снимков и их последовательное дешифрирование дает хорошие результаты при разделении тающего и сухого снега, наличии переувлажненных почв и в ряде других случаях.

Для наиболее качественного дешифрирования рекомендуется использование цветного синтезированного изображения из нескольких зональных снимков. Оно лучше воспринимается зрением, чем черно-белое, и иметь дело с одним снимком проще, чем с несколькими.

В общем случае для определения гидрографических характеристик водных объектов суши и их водосборов по космическим

снимкам рекомендуются цветные синтезированные изображения комбинации каналов, полученные в летний или осенний период:

- 4 (0,78–0,90 мкм), 5 (1,55–1,75 мкм) и 3 (0,63–0,69 мкм) при использовании снимков с ИСЗ «Landsat 5,7»;

- 5 (0,845–0,885 мкм), 6 (1,560–1,660 мкм), 4 (0,630–0,680 мкм) при использовании снимков с ИСЗ «Landsat 8»;

- R (0,61–0,68 мкм), G (0,52–0,60 мкм) и B (0,45–0,52 мкм) при использовании снимков с ИСЗ «Ресурс-П»;

- 8 (0,842 мкм), 11 (1,61 мкм) и 4 (0,665 мкм) при использовании снимков с ИСЗ «Sentinel-2».

Для улучшения качества изображения к этим каналам рекомендуется добавлять панхроматический канал (PAN) из видимой части спектра.

6.7.2 При дешифрировании водотоков, учитывают, что наиболее важным прямым дешифровочным признаком водотоков на снимках является их неповторимая извилистость на земной поверхности, поэтому речное русло легко отличается от любых других объектов. Косвенным дешифровочным признаком для русла являются его приуроченность к наиболее пониженным участкам рельефа.

Открытая чистая водная поверхность водотоков на снимках отображается, преимущественно, однородным равномерным темным тоном и определяется безошибочно, поскольку хорошо отличается от прилегающих участков суши. Тон изображения открытой водной поверхности всего водотока (или на отдельных его участках) будет относительно светлым, если вода в реке мутная.

Для дешифрирования речного русла, а также для получения надежных сведений о длине водотока (или исследуемого участка), его извилистости, разветвленности, наличии в русле островов и других русловых образований (осередков, пляжей, кос и т.д.), наиболее

информативными являются качественные снимки, полученные в летне-осеннюю межень. Песчаные и глинистые грунты русловых образований в этот период обнажены и изображаются на снимках сравнительно однородным светлым относительно водной поверхности тоном. На рисунке 6.3 хорошо различимы русловые образования реки Сабетта-Яха (пляжи, побочни, осередки).

Граница поймы реки на космических снимках устанавливается как линия, разделяющая площади со сравнительно однородным тоном изображения, соответствующим дну долины, и площади, имеющие вид пестрой мозаики, соответствующие склонам долины и прилегающим участкам водоразделов.

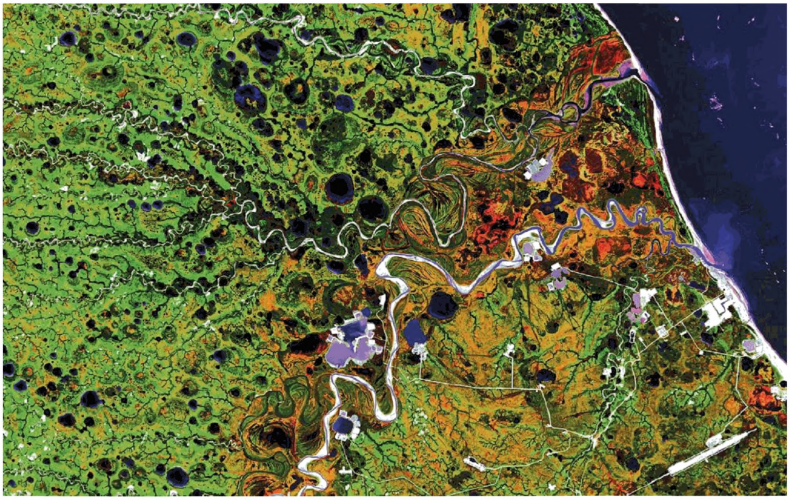


Рисунок 6.3 – Фрагмент снимка реки Сабетта-Яха с ИЗС Landsat-8 от 21 июля 2013 г.

Если река вытекает из озера, то установление местоположения истока водотока на снимке не вызывает затруднений, так как начало извилистого русла реки примыкает к берегу водоема.

В других случаях при дешифрировании ДЗЗ за исток реки следует принимать место, с которого появляется русло водотока, дешифрируемое на изображении. Однако в случае невысокой разрешающей способности снимков за местоположение истока водотока можно принять точку, с которой дешифрируется его долина, отображающаяся на снимках сравнительно однородным тоном.

Особую сложность при гидрологическом дешифрировании представляет процесс распознавания малых рек. Например, в залесенных районах кроны деревьев могут полностью скрывать русла небольших рек, шириной не более 5 – 6 м, в связи с чем, их выявление нередко затруднено даже на крупномасштабных аэрофотоснимках.

Однако при определенных условиях съёмки и состоянии ландшафта можно получить удовлетворительные результаты дешифрирования малых рек даже на мелкомасштабных космических снимках. Например, на залесенных равнинных территориях во время интенсивного снеготаяния в верхнем звене речной сети начинает скапливаться большое количество талой воды. Благодаря контрастному фотоизображению водной поверхности и снега (воды и почвенно-растительного покрова) на снимках любого масштаба становятся хорошо заметными даже мельчайшие водотоки. Это позволяет детально изучить строение речной сети.

Например, для тундровых районов Сибири характерна задержка схода снега даже в незначительных углублениях рельефа. Снег стаивает позднее на одну – две недели также на затененных уступах микрорельефа. При весенней съемке этот снег может служить индикатором речной сети.

Пример космического снимка в период снеготаянья приведен на рисунке 6.4. На снимке хорошо видны мелкие притоки, покрытые снегом.

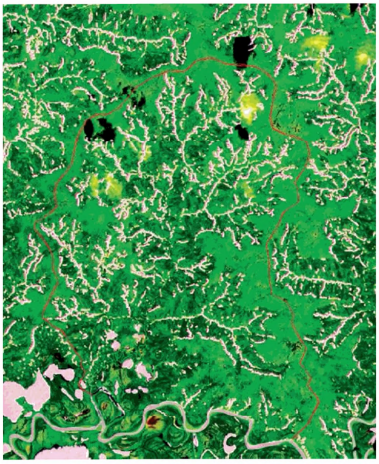


Рисунок 6.4 – Фрагмент снимка реки Надуй-Яха с ИСЗ Landsat-8 от 7 июня 2015 г.

Оттенению рисунка речной сети на мелкомасштабных космических снимках способствует глубокий врез речных долин, особенно в малоконтурных горностепных районах. Повышению контраста способствует не только затененность склонов и днищ глубоких долин, но и развитие в прирусловой части более мощной растительности.

Широко используются косвенные признаки дешифрирования малых рек в освоенных сельскохозяйственных районах. Надежным индикатором рек являются пруды. Четко выделяются долины водотоков, оконтуренные участками пашен.

6.7.3 При дешифрировании водоёмов учитывают, что поверхностью воды поглощается почти вся падающая энергия в ближнем инфракрасном диапазоне длин волн в пределах от 0,7 до 3 мкм. Вследствие такого сильного поглощения энергии водой и, следовательно, крайне низкой её отражательной способностью в этих диапазонах, чистая водная поверхность на многоспектральных снимках

отображается тёмным (чёрным) тоном и хорошо отличается от окружающих её растительности и почвы.

Распознавание открытых водоёмов на качественных снимках, полученных в летний период, не вызывает затруднений, так как они в большинстве случаев имеют характерную овальную форму и достаточно чёткие очертания береговой линии, а изображение водной поверхности хорошо отличается от прилегающих участков суши.

В зимний период во время полного ледостава ледяной покров водоёмов на снимках имеет белую матовую текстуру изображения, почти неотличимую от изображения заснеженной окружающей территории суши. Поэтому не рекомендуется дешифрировать границы водоёмов в это время.

В весенний период, когда на озёрах и водохранилищах появляются обширные участки открытой воды вдоль берегов, а снег на прилегающих участках суши растаял, береговая линия водоёмов на спутниковых снимках, полученных в этот период, может быть достаточно надёжно определена.

При большом скоплении озёр иногда можно различить даже очень мелкие из них, которые изображаются на снимке в виде небольших тёмных точек.

В естественных условиях вода часто содержит взвешенные примеси. Мутность воды, вызываемая примесями, является одним из основных факторов, влияющим на её спектральные характеристики. Мутная вода имеет более высокую отражательную способность и отображается на снимках более светлым тоном, по сравнению с прозрачной водой. Чем выше мутность воды, тем больше ее отражательная способность и тем светлее (ярче) тон её изображения. На рисунке 6.5 дешифрируется всплывший ледяной покров на озёрах

(розовый тон), чистая вода (чёрный), мутная вода в русле реки и на озёрах (сиреневый).



Рисунок 6.5 – Фрагмент снимка правобережной части поймы реки Се-Яха с ИСЗ Landsat-8 от 7 июня 2015 г.

Искусственно созданные водоёмы отличаются от естественных по косвенным признакам – по наличию гидротехнических сооружений (плотин, дамб), которые определяются по прямолинейному рисунку границы в расширенной части водоёма.

6.7.4 Дешифрирование границ водосбора рекомендуется проводить по космическим чёрно-белым снимкам, выполненным в зоне от 0,5 до 0,7 мкм, или по снимкам, полученным путём синтеза многозональных снимков.

Основным фактором, определяющим местоположение границ водосбора, является рельеф местности.

Линия водораздела проходит, как правило, по окраинным наивысшим точкам водосбора водного объекта, которыми являются хребты гор, возвышенности, холмы и т.п., окружающие речной бассейн или между истоками рек, которые направлены от водораздела в противоположные стороны. Поэтому проведение границы водосбора

реки или озера в местности с достаточно четко выраженным рельефом не представляет особых трудностей.

При наличии развитой гидрографической сети и густой сети ложбин и лощин в прилегающей к водоразделу части склона, линия водораздела проводится посередине между чётко выраженными тальвегами ложбин и лощин в процессе дешифрирования снимка.

В равнинных и особенно в заболоченных районах, где рельеф местности выражен слабо, определить местоположение водораздельной линии трудно. Определенный результат может быть получен при дешифрировании спутниковых снимков, полученных в период снеготаяния, когда снежный покров на сравнительно возвышенных участках водораздела водотоков уже исчезает, но еще сохраняется в пониженных его частях. Светлый тон изображения снега резко выделяет их контуры и тем самым подчеркивает детали рельефа, которые могут быть использованы при определении местоположения линии водораздела водных объектов на спутниковых изображениях местности в весенний период (рисунок 6.6, полученный путем синтеза спектральных каналов 5, 6, 4 и 8).

Линия водораздела на рисунке 6.6 показана тонкой красной линией. Положение дешифрированной на космическом снимке линии водораздела рекомендуется сравнить с ее положением на топографической карте и по результатам этого сравнения установить её фактическое местоположение.

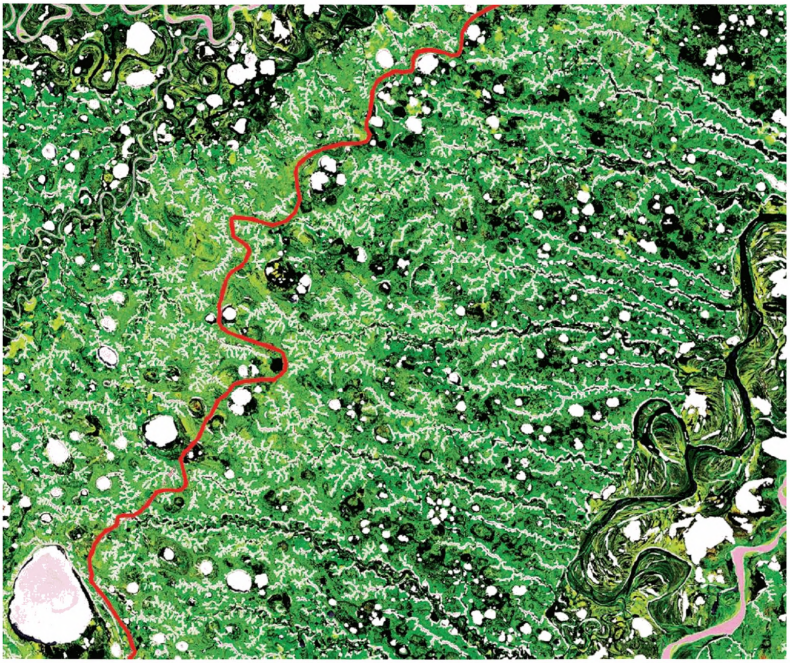


Рисунок 6.6 – Фрагмент снимка водораздела рек Сабетта-Яха и Тамбей с ИСЗ Landsat-8 от 22.07.2014 г.

6.7.5 При дешифрировании болот необходимо измерить суммарную площадь всех типов болот, расположенных в пределах исследуемого водосбора.

Выделяют болота низовые, расположенные на пониженных участках рельефа земной поверхности, верховые – расположенные на повышенных участках рельефа и переходные, которые занимают промежуточное положение между верховыми и низовыми болотами.

Болота разных типов выглядят на космических снимках по-разному, но в процессе дешифрирования используются те их свойства, которые хорошо определяются по прямым дешифровочным признакам. К ним, в первую очередь, относится форма (конфигурация) отдельного

болотного массива или болотной системы, которая образуется в результате слияния нескольких болотных массивов, поскольку большинству из них присуща неправильная форма и округлые очертания.

Рисунок изображения лесных болот и залесенных его участков имеет мелкозернистую структуру, в то время как изображение лесов на окружающих болото суходолах, характеризуется более крупной и разнообразной зернистостью рисунка на снимке.

При отсутствии на болоте древесной растительности (травяные, мохово-травяные и моховые болота), рисунок его спутникового изображения сравнительно гладкий, но разной тональности, которая зависит от видового состава растительности и степени увлажненности болотного микроландшафта. Чем сильнее обводнен тот или иной участок болота, тем более тёмный тон имеет его изображения на снимке.

6.7.6 Залесённость (относительная лесистость) водосбора водного объекта характеризуется общей площадью лесных массивов (древесной растительности) на его территории.

Леса можно разделить на следующие типы: хвойные, лиственные и смешанные.

Основными дешифровочными признаками растительности на космических снимках являются: структура рисунка, форма и тон изображения. Для леса и кустарника характерна зернистость рисунка. Размер и форма «зёрен» изображения лесов зависит от его густоты, а именно: чем гуще лесной массив на водосборе водного объекта, тем более зернистым будет его изображение на снимке.

Дополнительным к рисунку признаком изображения древесной растительности на снимке является его тональность. Тон изображения на снимке темнохвойного леса, включая ель, сосну, пихту кедр и т.п.,

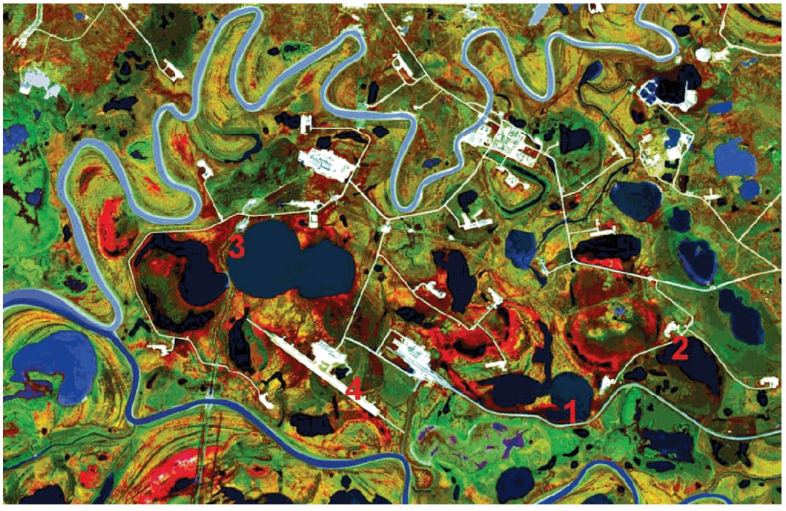
характеризующихся меньшими коэффициентами яркости по сравнению с другими лесами, более тёмный (почти чёрный), нежели осветлённый тон изображения лиственных лесов.

Границы распространения лесной растительности достоверно дешифрируются на летних и осенних снимках, после того как полностью распустилась листва на деревьях лиственных пород. В зимний период хорошо дешифрируются только хвойные леса.

6.7.7 При дешифрировании урбанизированности и антропогенной нарушенности водосборов определяются территории, занятые населенными пунктами, промышленными и сельскохозяйственными комплексами, железными и автомобильными дорогами, карьерами и трубопроводами, а также затопления и подтопления, вызванные строительством сооружений, разъезженные участки земли, участки с уничтоженным растительным покровом и другие нарушения на водосборах рек.

Урбанизированные объекты имеют ряд общих дешифровочных признаков, к которым, в первую очередь, относятся: геометричность контуров, линейность, сравнительно чёткие границы и т.п. Так, например, железные и шоссейные дороги, трубопроводы, линии электропередач, благодаря их сравнительно прямолинейной форме в плане, уверенно распознаются на снимках. Карьеры имеют форму близкую к круглой или овальной, а также светлый тон изображения. Участки водосборов с нарушенным растительным покровом отображаются на снимках более светлым тоном по сравнению с прилегающей территорией, и т.д.

На рисунке 6.7 показан фрагмент космического снимка части территории полуострова Ямал со следами антропогенной нарушенности, вызванной инфраструктурным строительством.



1 - железные дороги, 2 - грунтовые дороги, 3 - трубопроводы,
4 - взлётно-посадочная полоса аэропорта.

Рисунок 6.7–Устье реки Се-Яха с ИСЗ Landsat-8 от 22 июля 2014 г.

Определение урбанизированности и степени антропогенной нарушенности на водосборах больших рек целесообразно осуществлять по космическим снимкам сравнительно мелких масштабов. Для выявления локальных изменений на водосборах водных объектов рекомендуется применять космические снимки высокого разрешения, материалы аэрофотосъемки или материалы съемок с БПЛА.

7 Способы определения гидрографических характеристик водотоков и водоемов

7.1 Общие указания

Точность определения гидрографических характеристик зависит от масштаба и качества используемой топографической основы.

Учитывая, что определение гидрографических характеристик производится в основном по картам крупного масштаба, ошибки, вызываемые некоторой неточностью карт за счет генерализации, настолько незначительны, что ими, как правило, можно пренебречь.

Наибольшее влияние на точность определяемых характеристик оказывают ошибки, допускаемые в процессе измерения, главным образом за счет неточности установления границ объектов и в результате нарушения методики измерений исполнителями.

Картографические работы следует производить в соответствии с данными рекомендациями и непременно в две руки, независимо друг от друга. Результаты измерений необходимо сверять между собой. При наличии недопустимых расхождений измерения должны быть сделаны повторно.

7.2 Определение морфометрических характеристик водотоков

7.2.1 Длины рек и других водотоков измеряются по тем же топографическим материалам (картам, снимкам), по которым были определены границы водосбора и различных угодий и установлены местоположения истоков и устьев рек. За длину реки принимается протяженность ее изображения на карте или на снимке от истока (начала) до устья.

Для гидрологических расчетов требуется определение гидрографической длины водотока.

Гидрографическая длина реки измеряется в километрах от истока самой реки или от истока одной из составляющих, образующей с частью основной реки наибольшую длину русла данной речной системы до устья или пункта наблюдений. Во всех случаях за длину реки (водотока), изображенной на карте одной или двумя линиями, принимается длина средней линии реки (водотока). При измерении больших рек, когда ширина реки показана двумя линиями, необходимо провести на цифровой карте в отдельном слое среднюю линию реки. Это делается для того, чтобы при повторном измерении не допускать ошибок за счет отклонения от этой линии (рисунок 7.1).



Рисунок 7.1 – Нанесение средней линии водотока

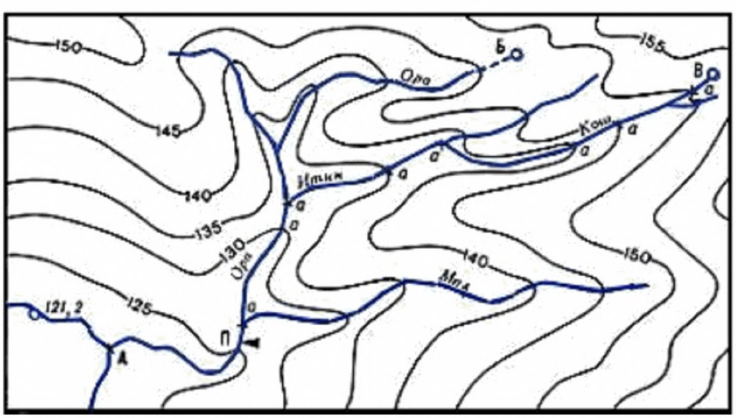
Если река разделяется на протоки, средняя линия проводится по более многоводному протоку, который устанавливается по изображению на топографической карте, гидрографическому описанию, лоции или каким-либо другим справочным материалам.

В тех случаях, когда река протекает через озеро или водохранилище, сохраняя при этом свое название, в длину реки включается и длина озера или водохранилища между точками впадения, и выхода реки по средней линии водоема или по условной линии, примерно совпадающей с положением прежнего русла реки до создания водохранилища (рисунок 7.2), а в гидрографическую длину включается независимо от названия рек между водоемами.



Рисунок 7.2 – К определению длины водотоков

Перед измерением длины реки, кроме истоков и устья, необходимо отметить на карте все пункты, до которых должна быть определена длина реки или длина ее участков (устья притоков, гидрологические посты, гидротехнические сооружения и т.п.). Одновременно с этим определяются высотные отметки этих объектов, используемые в дальнейшем для определения уклонов реки как показано на рисунке 7.3.



А - устье р.Ора; Б - исток р.Ора; В - наиболее удаленный исток речной системы Ора; АБ - длина р. Ора; АВ - гидрографическая длина речной системы Ора; ПБ - длина участка р. Ора до поста; ПВ - гидрографическая длина участка речной системы Ора; АП - местоположение пункта (длина участка реки Ора от пункта до устья) в километрах от устья р. Ора; засечки, до которых определяется длина участка реки от истока, нанесены вдоль основного русла речной системы.

Рисунок 7.3 – К определению длины, среднего и средневзвешенного уклонов водотока

7.2.2 Средний уклон водотока представляет собой отношение падения водотока к соответствующей гидрографической длине водотока.

Вычисление среднего уклона производится по данным, полученным при определении отметок высот устья (пункта наблюдений), и наиболее удаленного истока речной системы, т.е. истока притока, составляющего с основной рекой наибольшую длину русла данной речной системы, а также измерений гидрографической длины реки.

Средний уклон реки J, ‰, вычисляется по формуле

$$J = \frac{(H_{\text{п}} - H_0)}{L} = \frac{\Delta H}{L}, \qquad (7.1)$$

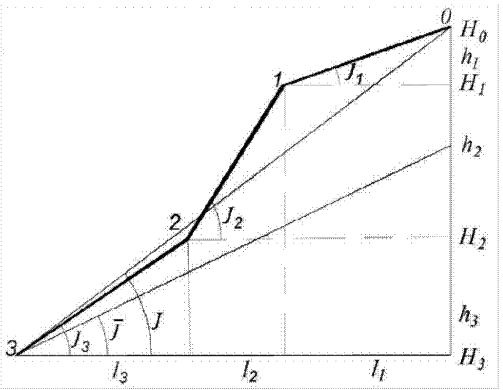
где $H_{\text{п}}$, H_0 - отметки высоты истока и высоты уреза воды в устье (пункте наблюдений), м;

ΔH – падение реки, равное разности высот в истоке и устье, м;

L - длина водотока между этими пунктами, км.

Значения среднего уклона реки могут использоваться при гидрологических расчетах только для рек с относительно ровным профилем на участках, не имеющих притоков.

Для рек с неровным профилем с частными уклонами, резко отличающимися от среднего уклона, вычисляется один эквивалентный ряду частных уклонов средневзвешенный уклон (рисунок 7.4).



J_1, J_2, J_3 - частные уклоны участков водотока, J - средний уклон водотока, $\bar{J}$ - средневзвешенный уклон водотока - горизонтальное проложение длины реки до устья (пункта) и участков реки. 1 и 2 - переломные точки профиля водотока.

Рисунок 7.4 – Частные, средний и средневзвешенный уклон водотока

Средневзвешенный уклон водотока $\bar{J}$, ‰, вычисляется по формуле

$$\bar{J} = \prod_{i=1}^{n} J_i^{l_i/L} , \qquad (7.2)$$

где J_i – частный средний уклон отдельных участков продольного профиля водотока, ‰;

l_i – длина частных участков продольного профиля между точками перегиба, км;

L – гидрографическая длина водотока до пункта наблюдений, км.

Согласно [2] средневзвешенный уклон определяется только для незарегулированных водотоков, а также для участков рек, расположенных в нижних бьефах водохранилищ.

Исходные данные в виде отметок высот точек перегиба продольного профиля реки и длины участков реки от истока до этих точек, получаемые по топографическим картам, обладают определенной точностью. Отметки высот, определяемые главным

образом путем интерполяции между горизонталями, обладают погрешностью, не превышающей для равнинных территорий 0,4 высоты принятого на карте сечения горизонталей и не более одного сечения для горных районов.

Средний и средневзвешенный уклоны водотоков целесообразно вычислять и округлять с учетом точности исходных данных.

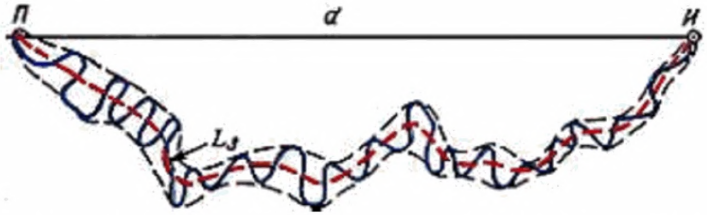
Рекомендуемая степень округления уклонов водотоков приведена в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Степень округления уклонов в зависимости от длины реки

Длина водотока, км	Степень округления для продольных уклонов, ‰		
	Менее 10	От 10 до 99	От 100 и более
До 200 включ.	0,05	0,5	5
Свыше 200	0,01	0,1	1

7.2.3 Для характеристики реки по степени извилистости (криволинейности) плановых очертаний ее русла применяется показатель извилистости.

Извилистость определяется отношением длины реки к длине прямой линии, соединяющей крайние точки характеризуемой реки или ее участков (рисунок 7.5).



П - пункт (устье); *И* – исток; $L_з$ - длина зоны извилистости; *d* - расстояние от истока до пункта (устья).

Рисунок 7.5 – К определению извилистости водотоков, расположенных на равнине

Степень извилистости водотоков в зависимости от коэффициента извилистости $К_{из}$ приведены в таблице 7.2.

Образцы извилистости водотоков приведены на рисунке 7.6.

Таблица 7.2 – Степень извилистости водотоков в зависимости от коэффициента извилистости

№ образца на рисунке 7.6	Коэффициент извилистости $К_{из}$	Степень извилистости реки
1	1,00	Прямая
2	1,01	
3	1,02	
4	1,03	Изогнутая
5	1,05	
6	1,08	
7	1,09–1,20	Слабоизвилистая
8	1,21–1,35	Умеренно извилистая
9	1,36–1,60	Извилистая
10	1,61 и более	Сильно извилистая

Значения коэффициента извилистости приводятся с точностью 0,01.

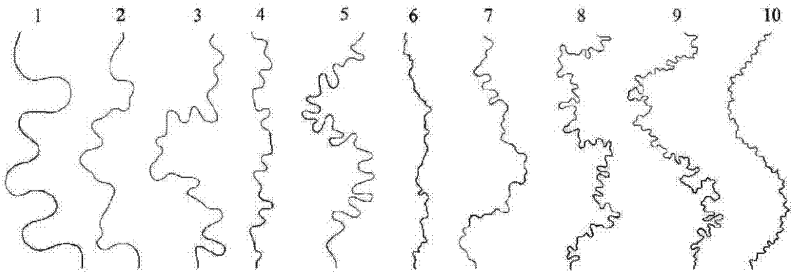


Рисунок 7.6 – Образцы извилистости водотоков

7.2.4 Продольный профиль строится вдоль линии водотока и характеризует форму водотока и особенности распределения частных уклонов по длине водотока.

Для построения продольного профиля по оси Y откладываются абсолютные высоты переломных и конечных точек профиля, а по оси X - длины участков водотока от истока или устья до этих точек. Эти величины определяются одновременно с измерением длины водотока.

Поперечные профили строятся по нормали к линии водотока и характеризуют форму и уклоны берегов.

7.3 Определение морфометрических характеристик водоемов

7.3.1 Морфометрические характеристики водоемов, связанные с уровнем воды, определяются для естественных водоемов в период межени, а для искусственных водоемов – для НПУ.

Определение гидрографических характеристик водоемов начинается с составления списка водоемов, находящихся в пределах изучаемого района (водосбора). Список составляется в виде таблицы с подразделением водоемов на естественные и искусственные, проточные и бессточные.

Состав таблицы определяется количеством необходимых сведений. Обязательно должны быть предусмотрены графы: номер по списку, тип водоема, название водоема, географические координаты в пределах 10–15 м (с использованием бытовых навигаторов), площадь водоема, площадь водосбора и использованные для определения гидрографических характеристик топографические материалы, включая их масштаб и дату.

Определение уровня воды, т.е. высоты поверхности воды различных водоемов, производится по отметкам высот (урезам воды) и горизонталям, изображенным на топографических картах.

Если у береговой линии водоема на карте имеется отметка уреза воды, то она принимается за уровень воды и дается в таблице с точностью, показанной на карте.

За уровень воды водоемов, не имеющих отметки уреза воды, принимается значение ближайшей к водоему основной горизонтали, уменьшенное на половину принятого на карте сечения горизонталей. Если ближайшей горизонталью является половинная горизонталь, то за уровень воды водоема принимается значение этой горизонтали, уменьшенное на четверть сечения. Значения уровня воды, определенные по горизонталям, записываются с точностью, обеспечиваемой высотой сечения горизонталей (1/2 или 1/4 сечения).

7.3.2 Площадь водоема определяется путем измерения ее на цифровой топографической карте или космическом снимке

соответствующего масштаба в пределах, ограниченных береговой линией данного водоема. Острова в площадь водоемов не включаются. В площадь водосбора водоема включаются площадь, ограниченная водораздельной линией, площадь самого водоема с островами, а также площади замкнутых впадин, находящихся в пределах водосбора.

Данные о площади водоемов и водосборов приводятся с точностью, обеспечиваемой способами измерения и масштабом используемых карт. Точность округления значений производится в соответствии и таблицей 7.3.

Таблица 7.3 – Правила округления значений площади водоема и его водосбора

Площадь водоема, водосбора, км^2	Степень округления значений, км^2
До 10 включ.	0,01
Св. 10 до 100 включ.	0,05
Св. 100 до 1 000 включ.	1
Св. 1 000 до 5 000 включ.	5
Св. 5 000 до 10 000 включ.	10
Св. 10 000	50

7.3.3 Координатами батиграфической кривой (кривой площадей) водоема являются абсолютные высоты или глубины уровенных поверхностей водоема и площади этих уровенных поверхностей.

Пример батиграфической кривой показан на рисунке 7.7.

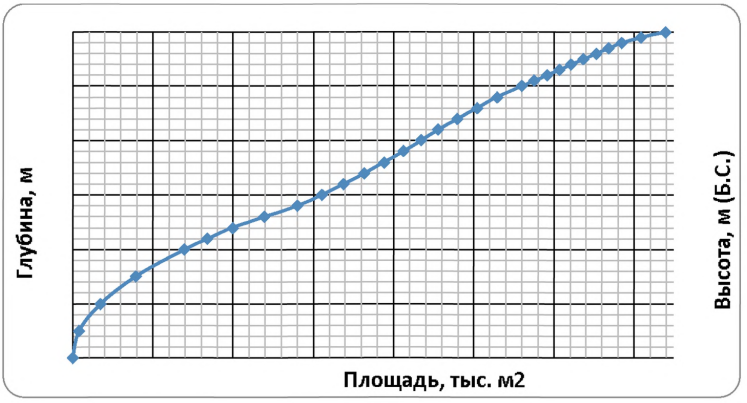


Рисунок 7.7 – Батиграфическая кривая озера Богатырское

Определение значений батиграфической кривой производится по батиметрическим картам или по топографическим картам, на которых рельеф дна водоемов изображен изобатами, горизонталями или отметками глубин.

7.3.4 Широкое применение при оценке водных запасов водоема имеет кривая изменения объема с глубиной, представляющая собой график связи объема водоема с уровнем воды в нем.

Координатами объемной кривой являются абсолютные высоты или глубины уровенных поверхностей водоема и объем воды в водоеме до каждой уровенной поверхности.

Пример объемной кривой озера показан на рисунке 7.8.

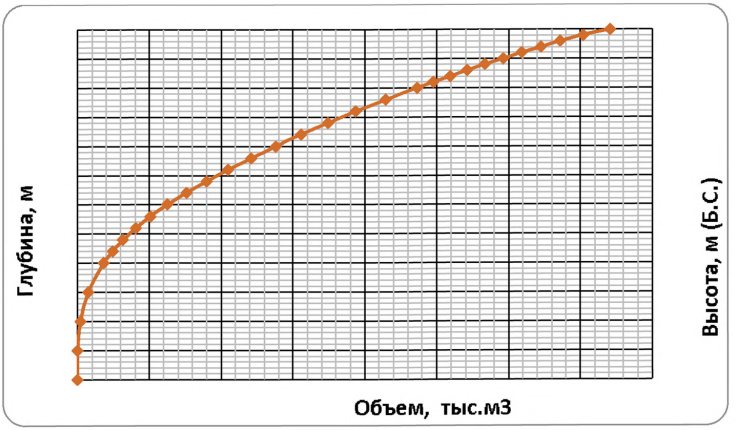


Рисунок 7.8 – Объемная кривая озера Богатырское

При традиционных методах вычислений объем воды V_i, м^3 (км^3), для любой глубинной зоны вычисляется по формуле

$$V_i = \frac{(F_i + F_{i+1})(H_i - H_{i+1})}{2} \qquad (7.3)$$

или

$$V_i = \frac{(F_i + F_{i+1})(z_{i+1} - z_i)}{2}, \qquad (7.4)$$

где F_i - площадь уровенной поверхности, м^2;

H_i - абсолютная высота уровенной поверхности;

H_0 - абсолютная высота уровня воды водоема;

$z_i = H_0 - H_i$ - глубина уровенной поверхности, м.

Для последней зоны объем $V_П$, м^3, определяется по формуле

$$V_П = \frac{F_П(z_{макс} - z_П)}{3}, \qquad (7.5)$$

где $z_{макс}$ - отметка максимальной глубины водоема, м;

$z_П$ - глубина последней уровенной поверхности, м;

$F_П$ - площадь последней уровенной поверхности, м^2.

Общий объем воды в водоеме V_0, м^3, определяется как сумма частных объемов глубинных зон по формуле

$$V_0 = \sum_{i=0}^{n} V_i,\ i = 1, 2, 3 \ldots, n \qquad (7.6)$$

Объем воды до выбранной уровенной поверхности водоема V_i, м^3, определяется по формуле

$$V_i = V_i + V_{i+1} + \ldots + V_{n-1} + V_n \qquad (7.7)$$

В компьютерных вычислениях при определении объема объекта часто применяется метод разбиения поверхности на элементарные пирамиды. Объем каждой пирамиды вычисляется как 1/3 от произведения высоты, опущенной из вершины пирамиды, на площадь ее основания.

7.3.5 Определение максимальной глубины водоема по картографическим материалам производится по отметкам глубин, нанесенным на карту. Отметка глубины, имеющая наибольшее значение, принимается за максимальную глубину водоема.

Если на топографической карте изображение рельефа дна дано только изобатами, то определить максимальную глубину с достаточной точностью невозможно. В общем случае (если отсутствуют другие источники) по изобатам на карте можно определить максимальную глубину лишь приближенно по следующим условным правилам:

- если изображение рельефа дна дано изобатами с постоянным сечением, то за максимальную глубину принимается наибольшее значение изобаты, увеличенное на 1/3 принятого на карте сечения изобат;

- если на карте применена скользящая шкала изобат (2, 5, 10, 20 и т. п.), то за максимальную глубину водоема принимается значение наибольшей изобаты, увеличенное в 1,5 раза, в случае, когда площадь,

ограниченная этой изобатой, составляет более 0,1 площади водоема, и в 1,2 раза, когда эта площадь менее 0,1 площади водоема.

7.3.6 В традиционных методах вычисление средней глубины водоема $\bar{Z}$, м, производится по формуле

$$\bar{Z} = \frac{\sum_{i=0}^{n}(H_i - H_{i+1})(F_i + F_{i+1})}{2F_B} \quad (7.8)$$

Если сечение изобат на карте имеет постоянный интервал, то формула может быть записана в следующем виде

$$\bar{Z} = \frac{\Delta Z \sum_{i=0}^{n}(F_i + F_{i+1})}{2F_B}, \quad (7.9)$$

где ΔZ - сечение изобат, м;

F_i - площади уровенных поверхностей (от 0 до n), м^2;

H_i - высоты (глубины) уровенных поверхностей (от 0 до n), м;

$F_в$ - площадь водоема, м^2.

Если известен объем водоема V_0, м^3, то его среднюю глубину $\bar{Z}$ можно определить по формуле

$$\bar{Z} = \frac{V_0}{F_B}. \quad (7.10)$$

В ГИС-программах средняя глубина водоема определяется автоматически при построении цифровой модели рельефа дна водоема.

Минимальная и максимальная глубины водоема определяются аналогичным образом из свойств этой модели.

Значения средней глубины следует округлить в зависимости от глубины водоема в соответствии с рекомендациями таблицы 7.4.

Таблица 7.4 – Округление значений средней глубины водоема

Средняя глубина водоёма, м	Степень округления значений, не более, м
Не более 1,0 включ.	0,01
Свыше 1 до 10, включ.	0,10
Свыше 10 до 100, включ.	0,50
Свыше 100	1,00

7.3.7 Определение объема воды в водоеме производится по объемной кривой согласно формуле 7.6, либо для малых водоемов - по площади водоема $F_в$, м^2 (км^2), и его средней или максимальной глубине. В первом случае объем V_0, м^3 (км^3), вычисляется по формуле

$$V_0 = F_в \bar{z} . \quad (7.11)$$

Во втором случае, когда известна не средняя глубина, а только максимальная $z_{макс}$, объем водоема V_0 определяется приближенно по формуле объема конуса

$$V_0 = \frac{F_в z_{макс}}{3} . \quad (7.12)$$

Полный объем водохранилища – это объем при НПУ водохранилища. $V_{плн}$ определяется в м^3 (км^3), по координатам объемной кривой либо по средней глубине, вычисляемой по методике, приведенной в 7.3.6, и площади водоема при НПУ по формуле

$$V_{плн} = F_в \bar{z} . \quad (7.13)$$

Для определения полезного объема водохранилища, представляющего собой разность между полным объемом $V_{плн}$ и мертвым объемом водохранилища $V_м$, необходимо иметь: площадь водохранилища $F_в$, отметку высоты зеркала воды $H_{зв}$, отметку уровня мертвого объема $H_{мо}$ и площадь поверхности горизонтального сечения водохранилища на уровне мертвого объема $F_{мо}$.

Измерение и определение $F_в$ и $H_{зв}$ обычно не вызывает затруднений, поскольку эти данные наглядно отображаются на топографических картах.

Отметки уровня мертвого объема $H_{мо}$ водохранилища и площади поверхности горизонтального сечения водохранилища на этом уровне $F_{мо}$ берутся из проекта водохранилища.

Если известна лишь отметка УМО, необходимо на карте путем интерполяции между основными изобатами и отметками глубин провести изобату со значением, равным отметке УМО, а затем измерить оконтуренную ею площадь $F_{мо}$. Далее определить мертвый объем $V_м$ водохранилища по формуле

$$V_м = F_{мо}\bar{z}', \qquad (7.14)$$

где $\bar{z}'$ - средняя глубина водохранилища от УМО, определяемая по методикам, приведенным в разделе 6;

$F_{мо}$ - площадь поверхности водохранилища при УМО.

Полезный объем водохранилища $V_{плз}$ вычисляется по формуле

$$V_{плз} = V_{плн} - V_м . \qquad (7.15)$$

7.3.8 Длина водоема L представляет собой наибольшую протяженность водоема между противоположными берегами по его осевой линии. Она определяется путем непосредственных измерений по топографической карте. Для этого целесообразно в отдельном, рабочем слое на равном расстоянии от береговой линии провести среднюю или осевую линию длины водоема как показано на рисунке 7.9.

Максимальная ширина водоема $B_{макс}$ – это наибольшее расстояние между противоположными берегами водоема, измеряемое по направлению, перпендикулярному линии длины (см. рисунок 7.9).

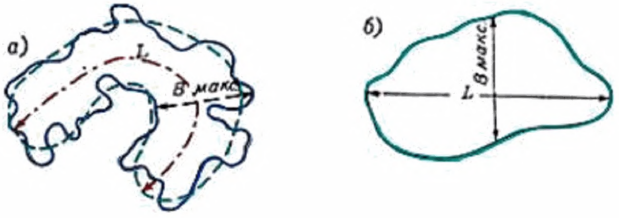


Рисунок 7.9 – Определение длины и максимальной ширины водоема

Средняя ширина водоема B, м (км), вычисляется по его длине $L_{\text{В}}$, м (км), и площади водоема $F_{\text{В}}$, м^2 (км^2), по формуле

$$B = \frac{F_{\text{В}}}{L_{\text{В}}}. \qquad (7.16)$$

Результаты определений длины, средней и максимальной ширины водоема округляются до 0,1 км при их значениях менее 10 км и до 0,5 км при значениях более 10 км.

7.4 Определение морфометрических и морфологических характеристик водосборов

7.4.1 Определение морфометрических характеристик водосборов водных объектов желательно производить по тем же топографическим материалам, по которым определяются морфометрические характеристики водотоков.

Перед измерением площадей водосборов они ограничиваются на картах водораздельными линиями в соответствии с рекомендациями раздела 6. Полученные значения площадей водосборов округляются согласно таблице 7.3.

7.4.2 Средняя высота водосбора существенно влияет на сток, характер его распределения и на другие гидрологические характеристики.

В традиционных методах средняя высота водосбора $\overline{H}$, м, вычисляется по формуле

$$\overline{H} = \frac{\left[\sum_{i=1}^{n}(H_i + H_{i+1})(F_{i+1} - F_i)\right]}{2F}, \qquad (7.17)$$

где H_i - высота поверхности горизонтального сечения, м;

F_{i+1}-F_i – площадь между двумя соседними горизонталями, км^2;

F – общая площадь водосбора, км^2.

7.4.3 Уклоны склонов водосбора оказывают существенное влияние на максимальные расходы половодий и паводков, особенно в горных и предгорных районах.

В традиционных методах средний уклон склонов водосбора $J_{скл}$, ‰, определяется по формуле

$$J_{скл} = \frac{\Delta \sum l'}{F}, \qquad (7.18)$$

где Δ – вертикальное расстояние (шаг) между смежными горизонталями, м;

$\sum l'$ – сумма длин всех горизонталей в пределах бассейна, км.

Значение Δ зависит от того, какие выбраны горизонтали для определения среднего уклона водосбора. Если измеряются длины всех горизонталей на водосборе, то значение Δ равно высоте сечения рельефа *h*, принятого на рабочей карте и имеет постоянное значение в большинстве случаев.

Однако для определения среднего уклона водосбора не всегда необходимо измерять все горизонтали. При одинаковом или равномерно изменяющемся интервале (заложении) между горизонталями рекомендуется измерять длины горизонталей с разрядкой – каждую вторую, третью, четвертую и т. п., но при этом желательно, чтобы в число измеренных горизонталей вошли наиболее длинная и наиболее короткая на водосборе.

В районах со слабо выраженным рельефом, с малым количеством горизонталей на картах рекомендуется использовать не только основные, но и половинные горизонтали с учетом соответствующей высоты сечения рельефа.

Вычисленные значения средних уклонов водосбора округляются в соответствии с таблицей 7.5.

Таблица 7.5 – Правила округления значений уклонов

Уклон, ‰	Степень округления значений, ‰
Менее 10	0,5
От 10 до 50 включ.	1
Свыше 50 до 100 включ.	2
Свыше 100 до 200 включ.	5
Свыше 200	10

7.4.4 Под густотой речной сети понимается отношение суммы длин всех водотоков на водосборе к его площади.

Для определения этой характеристики измеряется суммарная длина всех водотоков: рек, ручьев, проток, каналов и канав в пределах площади водосбора, изображенных на топографической карте соответствующего масштаба сплошными или пунктирными линиями синего цвета.

Густота речной сети ρ, км/км^2, определяется по формуле

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^{n} l}{F}, \qquad (7.19)$$

где $\sum l$ - сумма длин всех водотоков, км;

F - площадь водосбора, км^2.

При определении густоты речной сети водосбора измерению подлежат все водотоки данной речной системы. Густота речной сети вычисляется и записывается в таблицах с округлением до 0,01 км/км^2.

Густота русловой сети водосбора ρ_0, км/км^2, определяется отношением суммарной длины речных долин, сухих русел оврагов, балок и логов к площади водосбора. Определяется по формуле

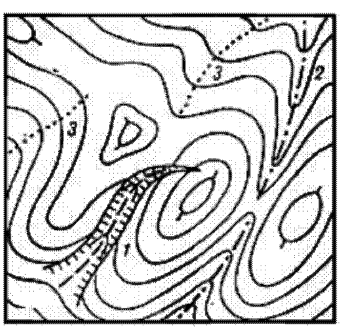
$$\rho_0 = \frac{(\sum l_д + \sum l_0)}{F}, \qquad (7.20)$$

где $\Sigma l_д$ - суммарная длина речных долин на водосборе, км;

Σl_0 - суммарная длина сухих русел, оврагов, балок и логов на водосборе, км;

F - площадь водосбора, км^2.

Под длиной речной долины понимается длина тальвега долины, измеряемая от вершины долины, находящейся, как правило, вблизи водораздельной линии, до устья или пункта наблюдений (для рек, нижняя часть которых расположена на равнине, длина долины измеряется до места выхода реки на равнину, а далее до устья или пункта наблюдений измеряется русло реки). Положение линии тальвега балок, оврагов, логов определяется по горизонталям, как показано на рисунке 7.10.



1 – овраг; 2 – балка; 3 - лог.

Рисунок 7.10 – Определение густоты русловой сети

Густота русловой сети вычисляется и записывается с округлением до 0,01 км/км^2.

7.4.5 Центр тяжести водосборного бассейна определяют для построения карт распределения стока по территории. К центру тяжести относят величину стока, сформированного на данной территории.

При необходимости аналогичным способом можно определить центр тяжести площадного водного объекта (озера, болота, водохранилища).

7.4.6 Озерность водосбора подразделяется на относительную и средневзвешенную.

Под относительной озерностью водосбора понимается отношение суммы площадей всех проточных и бессточных водоемов (кроме внутриболотных озер) на водосборе к общей площади водосбора данного водотока.

Средневзвешенная озерность речного водосбора $f'_{оз}$, %, определяется отношением суммы произведений площади только проточных водоемов на площадь их водосборов к квадрату общей площади водосбора данной реки по формуле

$$f'_{оз} = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_i f_i}{F^2} \cdot 100, \qquad (7.21)$$

где S_i – площади озер; f_i – площади водосборов этих озер;

F – площадь водосбора реки до замыкающего створа, км^2.

Озерность выражается в процентах и записывается с округлением до 1 %.

7.4.7 Относительная заболоченность водосбора характеризует степень покрытия поверхности водосбора болотами различных типов. Количественно она выражается отношением суммарной площади, занятой болотами, к площади водосбора. Следовательно, для определения относительной заболоченности необходимо измерить

суммарную площадь болот, расположенных в пределах исследуемого водосбора, контуры которых выделяются в соответствии с 6.3.3.

Гидрологическая роль болот и, в частности, влияние их на речной сток и испарение зависят от типов болот и расположения их на водосборе. Поэтому, кроме общей заболоченности водосбора, выделяются и измеряются площади верховых и низинных болот, контуры которых устанавливаются на топографических картах с использованием гидрогеологических карт. Величины заболоченности водосбора приводятся с округлением до 5 %.

7.4.8 Под относительной лесистостью водосбора понимается величина, характеризующая степень покрытия поверхности водосбора древесной растительностью, выраженная в процентах от общей площади водосбора.

Для определения относительной лесистости необходимо измерить площади всех лесных угодий, границы которых установлены в соответствии с 6.3.2, суммировать их и определить процент от площади водосбора. Также в процентах от площади водосбора определяется степень покрытия водосбора заболоченным и суходольным лесом. При необходимости лесные угодья можно подразделить на типы (хвойные, лиственные, смешанные). Величины лесистости водосбора округляются до 5 %.

7.4.9 Под относительной распаханность водосбора понимается отношение суммарной площади пашен на водосборе к площади водосбора, выраженное в процентах, характеризующее степень нарушенности поверхности водосбора вспашкой, существенно влияющей на водный режим.

Определение границ распаханных площадей на топографических картах сопряжено с некоторыми трудностями, поскольку они не имеют специального условного знака. Поэтому перед измерениями необходимо четко установить границы распахиваемых угодий, руководствуясь рекомендациями 6.3.4. Затем производится измерение площади всех контуров пашен, находится суммарная их площадь и определяется процент распаханности от площади водосбора.

При определении относительной распаханности рекомендуется использовать также данные учета сельскохозяйственных органов, но при этом необходимо тщательно произвести распределение площади распаханных угодий по водосборам, так как они, как правило, приводятся по административным районам или хозяйствам. Следует также обращать внимание на характер сельскохозяйственных угодий, так как в этих материалах они не все являются пашнями (выгоны, сенокосы и т.п.). Распаханность водосборов вычисляется и приводится с округлением до 5 %.

7.4.10 Механический состав почвогрунтов, слагающих поверхность водосбора, оказывает существенное влияние на его водный режим.

В качестве основного показателя почвогрунтов, слагающих водосбор, принимается механический состав основных категорий почв, покрывающих поверхность водосбора. Для характеристики почвогрунтов определяются доли площади водосбора, выраженные в процентах, занятые следующими почвогрунтами: глинистыми, суглинистыми, супесчаными, песчаными и каменистыми (скелетными).

Для выделения границ этих категорий грунтов используются государственные почвенные карты масштабов 1:500 000 или 1:1 000 000.

Определение характера почвогрунтов поверхности водосбора состоит из следующих этапов:

– выделение на почвенной карте основных категорий почвогрунтов путем обобщения контуров более детальных подразделений, показанных на почвенных картах и проведение контуров выделенных почвенных комплексов;

– перенесение этих контуров на топографическую карту;

– измерение площадей выделенных категорий почвогрунтов и вычисление их в процентах от площади водосбора.

Точность определения этой характеристики водосбора зависит от точности содержания почвенных карт и их масштаба. Обычно эта характеристика может быть определена с точностью не более 5 % для больших водосборов (площадью 2 тыс. км^2 и более) и около 10 % для относительно малых водосборов (площадью менее 2 тыс. км^2) с увязкой по общей площади водосбора площадей всех категорий почвогрунтов. С такой же точностью приводятся эти данные в таблицах характеристик водных объектов. В комментариях необходимо указать масштаб и год составления использованных почвенных карт.

7.4.11 Определение закарстованности водосбора сопряжено с некоторыми трудностями, обусловленными тем, что на топографических картах карстовые районы изображаются недостаточно точно, так-как нет границ их распространения. На картах крупного масштаба специальным условным знаком изображаются мелкие карстовые воронки, не выражающиеся в масштабе карты, а крупные, которые выражаются в масштабе карты, изображаются с помощью горизонталей, как и другие формы рельефа, но в районах распространения этих форм дается подпись "карст". Все это позволяет выделить районы распространения карста лишь с известной степенью

приближения, обеспечивающей определение закарстованности водосбора с точностью не более 20 %.

Основным источником для определения закарстованности водосборов могут служить специальные гидрогеологические карты издания Министерства геологии и охраны недр (до 1991 г.) или после 2004 г. - карты более крупного масштаба Федерального агентства по недропользованию (Роснедр), на которых изображаются районы распространения карста. Эти карты находятся в территориальных геологических управлениях Роснедр и могут быть получены по запросу.

Методика определения закарстованности по указанным картам состоит из следующих этапов:

- установление на гидрогеологической карте границ площадей с карстовыми явлениями (к ним относятся районы интенсивного проявления карста на поверхности, участки проявления карста в гипсах, известняках и других карстующихся породах, а также участки развития древнего карста), которые показываются на картах различными знаками;

- перенесение контуров этих районов на отдельный рабочий слой цифровой карты;

- измерение площадей;

- определение суммарной площади закарстованных районов в пределах водосбора и вычисление степени закарстованности водосбора в процентах от общей площади.

Точность определения закарстованности водосбора зависит от масштаба гидрогеологических карт и точности изображения на них измеряемых объектов. С учетом указанных факторов установлено, что крупномасштабные карты (1:100 000 и крупнее) обеспечивают определение этой характеристики с погрешностью 5 %, а среднемасштабные карты (от 1:100 000 до 1:500 000) - не точнее 10 %.

7.4.12 Урбанизированность водосбора, характеризует степень нарушенности целостности водосбора объектами инфраструктуры.

Площади водосбора, занятые зонами безрельсовых дорог, определяются по длине дорог, измеряемой по топографическим картам, и ширине до канав, показываемой на картах непосредственно на условных знаках автострад, усовершенствованных шоссе и шоссе. Так как у автострад на картах показывается ширина одной полосы и количество полос, то общая ширина зоны автострады определяется умножением ширины одной полосы на количество полос.

Урбанизированность водосборов вычисляется в процентах и округляется до 1 %.

7.4.13 Под оледененностью водосбора понимается покрытие площади водосбора многолетними ледниками, снежниками и наледями, выраженное в процентах.

Выделение на топографических картах площадей, занятых ледниками, снежниками и наледями, изображенных на них четкими условными знаками, не вызывает особых затруднений. Поэтому для определения оледененности водосбора требуется лишь определить общую площадь указанных объектов и вычислить отношение ее к площади водосбора в процентах.

Вычисленные значения оледененности округляются до 1 %.

7.5 Обновление гидрографических характеристик

С течением времени поверхность водосборов претерпевает изменения под воздействием естественных причин и хозяйственной деятельности человека; в различных районах эти изменения происходят по-разному и с различной интенсивностью. В связи с этим

изменяются и значения гидрографических характеристик водных объектов и водосборов, полученные по топографическим и другим тематическим картам, аэрофотоматериалам и космическим снимкам.

С точки зрения относительной стабильности или устойчивости гидрографические характеристики можно подразделить на две основные группы: стабильные и динамичные.

К стабильным морфометрическим характеристикам с определенной степенью условности можно отнести: площадь водосбора, среднюю высоту водосбора, средний уклон склонов водосбора, площадь бессточных впадин, состав почво-грунтов.

Все остальные гидрографические характеристики следует отнести к динамичным.

Динамичность гидрографических характеристик проявляется в изменении во времени их количественных показателей. Особенности источников получения и характер использования гидрографических характеристик в гидрологических расчетах определяют порядок их обновления.

Проверку и обновление всех гидрографических характеристик необходимо производить одновременно, несмотря на их стабильность или динамичность во времени.

Необходимость обновления гидрографических характеристик водных объектов и водосборов появляется тогда, когда эти изменения начинают влиять на точность гидрологических расчетов. В основном необходимость обновления гидрографических характеристик возникает при переиздании топографических карт. В отдельных случаях гидрографических характеристики могут быть уточнены по космическим снимкам и аэрофотоматериалам, в том числе, полученным с БПЛА, или в результате полевых гидрографических обследований.

Полное обновление всех гидрографических характеристик путем новых измерений по топографическим картам необходимо

производить только с выходом новых пересоставленных и переизданных топографических карт. Если новое издание топографических карт осуществлено с частичными исправлениями, то производится лишь контрольная проверка основных, наиболее динамичных гидрографических характеристик (лесистость, распаханность, озерность и др.).

Для новых пунктов гидрологических наблюдений, прежде чем приступить к работам по определению, обновлению или исправлению гидрографических характеристик, необходимо установить степень несоответствия изображения местности на старой и новой картах, характер и причины, вызвавшие эти изменения.

Для анализа топографических карт наиболее удобен и производителен метод наложения.

Сущность этого метода заключается в сопоставлении старой карты, совмещенной по контурам или по сетке с новой картой, аэрофото или космическим снимком. Этот способ позволяет достаточно быстро и точно выявить характер и объем изменений по несовпадению контуров различных объектов. На основе проведенного анализа материалов принимается окончательное решение о полном или частичном обновлении гидрографических характеристик.

Во всех случаях в таблицах гидрографических характеристик рекомендуется указывать использованные картографические материалы с указанием года составления и масштаба новых картографических материалов, согласно руководству [1].

8 Традиционные методы определения гидрографических характеристик

8.1 Процесс определения гидрографических характеристик водных объектов и их водосборов по топографическим картам предусматривает широкое использование методов картографии.

В настоящем разделе рассматриваются традиционные методы измерений гидрографических характеристик водных объектов по бумажным картам согласно руководству [1]. Часть измерительных приборов уже устарела и не выпускается. Поэтому приводятся только наиболее доступные на сегодняшний день традиционные средства измерений.

8.2 Измерение длин линий необходимо для определения целого ряда гидрографических характеристик. Это линии, изображающие различные объекты на картах, включая реки, ручьи, берега, горизонтали, дороги, водоразделы и др.

При измерении протяженности географических объектов, изображаемых линиями, приходится иметь дело с прямыми, кривыми и извилистыми линиями. Если длина прямых линий определяется достаточно легко и точно с помощью циркуля-измерителя или масштабной линейки, то измерение кривых и особенно извилистых линий вызывает существенные трудности. Относительно плавные кривые линии могут быть измерены топографическим курвиметром.

Примеры курвиметров, используемых в настоящее время, приведены на рисунке 8.1.

а б



а – курвиметр механический КУ-А; б – курвиметр электронный «Scale Master Pro XE»

Рисунок 8.1 – Курвиметры

Обычно применяется механический курвиметр КУ-А или менее распространенный и более дорогой электронный курвиметр.

Измерение линий курвиметром производится путем тщательного прокатывания его обводного колесика по изображенной на карте извилистой линии, в результате которого стрелка счетчика указывает на циферблате путь, пройденный обводным колесиком, в сантиметрах.

В случае отсутствия значения поправки курвиметра ее можно установить самостоятельно. Для этого на листе плотной бумаги прочерчивают тонкую линию и с помощью контрольной линейки или штангенциркуля и масштабной линейки откладывают на ней отрезок, равный 50 см. Затем, установив стрелку на ноль, 10 раз прокатывают колесико курвиметра по этой линии. Установку оси вращения колесика над начальной и конечной точками этой линии производят с максимально возможной точностью. Из суммарного отсчета, полученного после десятикратного измерения отрезка, вычитается 500, а разность, которая может иметь положительное или отрицательное

значение, делится на 500. Полученное в результате деления значение и будет поправкой курвиметра на один сантиметр длины или на одно деление курвиметра.

При интенсивной работе курвиметром поправку необходимо определять не реже одного раза в месяц. Перед началом работы необходимо проверить техническое состояние курвиметра. Оно должно удовлетворять следующим условиям:

- обводное колесико должно свободно и плавно вращаться, передавать вращение на соседние шестеренки и стрелку и иметь насечку по ободку;

- ось курвиметра должна находиться в одной плоскости со счетчиком;

- ось обводного колесика должна быть перпендикулярна плоскости счетчика и оси курвиметра;

- ручка должна свободно вращаться на оси курвиметра и не иметь недопустимого (более 0,3 мм) продольного и поперечного люфта относительно оси.

При работе курвиметром необходимо выполнять следующие условия:

- ручку курвиметра при измерении держать строго вертикально к плоскости карты, так как невыполнение этого условия затрудняет повороты колесика, следовательно, прокатывание его по всем извилинам;

- колесико курвиметра прокатывать по линии плавно, без рывков, с умеренным, необходимым для осуществления качения и поворотов прижимом к бумаге;

- ручку курвиметра держать в руке таким образом, чтобы счетчик имел возможность делать полный оборот вокруг оси курвиметра;

- следить и подсчитывать полные обороты стрелки курвиметра при измерении линии длиной более 50 см, если курвиметр не имеет счетчика полных оборотов стрелки.

Перед измерением длины какого-либо объекта необходимо четко установить положение начальной и конечной точек этой линии. Измерение рекомендуется производить дважды в разных направлениях. Расхождения значений между отсчетами первого и второго измерения должны быть не более 6 % при измерении длин линий менее 10 см, не более 4 % – от 10 до 100 см, не более 2 % – при измерении длин линий более 100 см.

Окончательное значение длины $L_{км}$, км, вычисляется по формуле

$$L_{км} = (L_{изм} - L_{изм}\Delta l)m, \qquad (8.1)$$

где $L_{изм}$ – среднее арифметическое значение длины из двух измерений, см;

Δl – поправка курвиметра, взятая со знаком плюс или минус, см;

m – масштаб карты, определяемый по формуле

$$m = \frac{\mathrm{M}}{100000}, \qquad (8.2)$$

где M – знаменатель масштаба карты.

Длины дуг параллелей и меридианов для различных широт рекомендуется выбирать из таблицы Б.1 (приложение Б).

В процессе измерения длин, промежуточные результаты измерений записываются в специальные ведомости, приведенные в таблицах В.2, В.5, В.6 (приложение В).

8.3 Измерение площадей требуется для определения многих гидрографических характеристик. В том числе площадей водоемов, водосборов, замкнутых понижений, различных угодий (лесных, заболоченных, распаханных и др.).

Поскольку гидрографические характеристики определяются по крупномасштабным топографическим картам, измерение площадей по ним ввиду малых искажений не вызывает особых трудностей. Требуется лишь измерить на карте площадь, ограниченную контуром.

Осуществление картографического способа измерения площадей производится с помощью палеток. Клетчатая палетка представляет собой сетку взаимно перпендикулярных линий, образующих ячейки квадратной или прямоугольной формы, нанесенную на нижнюю сторону жесткой прозрачной основы из органического стекла толщиной не более 1 мм (рисунок 8.2). Наиболее распространены клетчатые палетки с ценой деления (клетки) 0,04 см^2, т.е. со сторонами ячейки 0,2х0,2 см. Цветом и толщиной линий на этих палетках выделены квадраты, объединяющие 25 ячеек, площадь которых составляет 1 см^2.

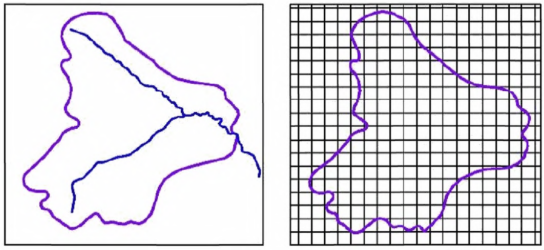


Рисунок 8.2 – Пример определения площади водосбора с помощью палетки

Чтобы измерить площадь какого-либо участка, накладывают на него палетку и подсчитывают число полных клеток палетки в пределах участка. Неполные клетки, расположенные вдоль контура участка, оценивают на глаз и суммируют до целых. Вычисление площади F, км^2, производится по формуле

$$F=n\cdot a^2, \qquad (8.3)$$

где n – количество клеток;

a – сторона квадрата (ячейки) в километрах.

Возможно применение более точной формулы

$$F=0,5\cdot(2N+n)\cdot a^2, \qquad (8.4)$$

где N и n – соответственно число целых и нецелых квадратов палетки.

Необходимо использовать картографическую и километровую сетки, нанесенные на топографических картах. Картографическая сетка представляет собой сетку меридианов и параллелей, ограничивающих листы топографических карт. Точные значения занимаемой ими площади приведены в специальных таблицах, приведенных в приложении Б. Километровая сетка представляет собой сетку взаимно перпендикулярных линий, проведенных через 1 км на картах масштабов 1:10 000, 1:25 000 и 1:50 000, через 2 км – на картах масштаба 1:100 000.

Все полные квадраты километровой сетки, составляющие целые квадратные километры (1 км^2 на картах масштаба 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000 и 4 км^2 - на картах масштаба 1:100 000), охватываемые контуром измеряемого участка, следует подсчитывать без измерений, а измерять тем или иным способом лишь неполные квадраты, пересекаемые контуром.

Для больших по площади водосборов, расположенных на нескольких листах топографических карт, значения площади целых листов, половин и даже четвертей листов, покрывающих водосбор, рекомендуется выбирать из таблиц Б.2, Б.3, Б.4 и Б.5 (приложение Б) с соответствующим округлением окончательных результатов.

Поскольку полные квадраты сетки, как правило, составляют большую часть измеряемого участка с известным значением площади, точность общего значения площади участка также существенно повышается. Однако этот прием целесообразно использовать только

при измерениях относительно больших по площади водосборов и угодий, занимающих на карте площадь более 200 см^2. Для этого во время подготовительных работ необходимо выделить и оконтурить не только всю площадь водосбора или угодья, которую требуется определить, но и площади в пределах этого водосбора, которые не подлежат непосредственному измерению, а будут подсчитаны по километровой или картографической сетке.

В процессе измерения площадей, промежуточные результаты измерений записываются в специальные ведомости, приведенные в таблицах В.3 и В.4 (приложение В), в которых графы, предусмотренные для характеристики использованных картографических материалов, должны быть обязательно заполнены.

Измеренные площади водосборов и их частей в пределах листов карт целесообразно уравнивать по теоретической площади листа карты. Для этого определяется общая невязка площади ΔF, км^2, по формуле

$$\Delta F = \sum F_i - F_т, \qquad (8.5)$$

где ΣF_i – сумма площадей всех измеренных i-их водосборов и их частей в пределах листа карты;

$F_т$ – теоретическая площадь листа карты соответствующего масштаба, выбираемая из приложения Б.

Общая невязка площади для листа карты считается допустимой, если она составляет не более 1 % теоретической площади листа.

Распределение невязки производится пропорционально размерам измеренных площадей и вводится с обратным знаком.

Поправка к конкретным измеренным площадям ΔF_i, км^2, определяется по формуле

$$\Delta F_i = \pm \Delta F \cdot F_i / F_т. \qquad (8.6)$$

Уравненная площадь водосбора или его части F, км^2, определяется по формуле

$$F = \sum_{i=1}^{n}(F_i - \Delta Fi). \quad (8.7)$$

Уравнивание измеренных площадей может быть произведено и в пределах половины или четверти листа карты, теоретическая площадь которых также может быть выбрана из таблиц приложения Б.

8.4 Для решения многих задач по определению гидрографических характеристик требуется знать абсолютные отметки высот различных объектов, включая отметки высот истоков, устьев, урезов и других характерных и произвольно выбираемых точек местности.

Отметки высот точек определяются по топографическим картам наиболее крупного масштаба. Для этой цели используются все средства изображения рельефа на картах: отметки высот, отметки урезов воды, основные, дополнительные и вспомогательные горизонтали.

Если точка, для которой требуется определить отметку высоты, находится на горизонтали, то ее высота равна значению этой горизонтали. Если точка находится между горизонталями, то ее высота равна значению нижней горизонтали плюс превышение точки над этой горизонталью, определяемое путем линейной интерполяции между горизонталями по линии наибольшего уклона склона. Превышение точки над нижней горизонталью так относится к высоте сечения, как расстояние между точкой и горизонталью ко всему заложению, согласно формуле

$$\Delta h = h\Delta a / a, \quad (8.8)$$

где Δh – высота сечения горизонталей;

a – заложение горизонталей;

Δa – расстояние между нижней горизонталью и точкой, м.

Если точка находится между горизонталью и отметкой высоты, то значение ее высоты определяется путем линейной интерполяции между ними.

Если точка находится внутри замкнутой горизонтали, ее высота равна значению этой горизонтали плюс или минус, в зависимости от того, что изображает эта горизонталь: возвышение или понижение, 1/4 высоты сечения горизонтали (полугоризонтали).

При определении отметок урезов воды, предназначенных для построения продольного профиля водотоков и определения их среднего и средневзвешенного уклонов, обязательно используются горизонтали и отметки урезов воды.

Если точка находится между отметками двух урезов или между отметкой уреза воды и горизонталью, или между двумя горизонталями, то высота ее определяется путем линейной интерполяции значений их высот, причем не по прямой, соединяющей эти точки, а по длине водотока с учетом его извилистости.

Например, требуется найти отметку уреза воды в устье Безымянного притока реки Шара (рисунок 8.3), расположенного между двумя урезами воды реки Черная с отметками высот 120,4 и 122,6 м. Длина участка реки Черная между ними равна 21 см, а длина участка реки от нижнего уреза воды (с отметкой 120,4 м) до устья Безымянного притока равна 7,5 см. Значение уреза воды в устье Безымянного притока равно значению нижнего уреза 120,4 м плюс превышение устья над этим урезом, определяемое по формуле

$$\Delta h = (H_{\text{в}} - H_{\text{н}})\Delta_{\text{н}} / l, \qquad (8.9)$$

где $H_{\text{в}}$, $H_{\text{н}}$ – отметки высот нижнего и верхнего урезов воды;

Δl – длина участка реки от нижнего уреза до устья Безымянного притока;

l – длина участка реки между исходными урезами.

Таким образом, превышение равно +0,74 м, а отметка высоты уреза воды в устье Безымянного притока -121,1 м.

Отметки высот точек, определенные линейной интерполяцией между отметками урезов воды, округляются до 0,1 м, а между горизонталями или горизонталью и отметкой высоты - с точностью 1/4 сечения горизонталей, учитывая и полугоризонтали, нанесенные на используемой топографической карте [1].

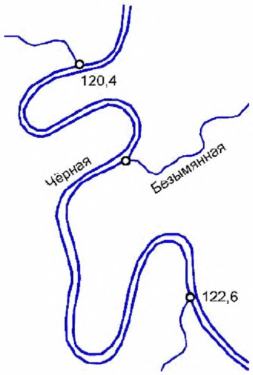


Рисунок 8.3 – Пример определения высоты уреза воды

8.5 Для построения карт распределения стока по территории определяют координаты центра тяжести бассейна и относят к ним величину стока, сформированного на данной территории.

Аналогичным образом можно определить центр тяжести площадного водного объекта (озера, болота, водохранилища).

За центр тяжести водосбора принята точка геометрического центра тяжести плоской фигуры при условии нахождения этой точки внутри контура, ограничивающего фигуру.

Для определения центра тяжести площадного водного объекта на практике на карту соответствующего масштаба накладывается лист

кальки, на который переносят водораздельную линию, затем калька приклеивается к листу тонкого картона и вырезается фигура водосбора.

Вблизи границ фигуры водосбора в трех или более точках последовательно втыкается игла, к которой на нитках привязан грузик, и на фигуре отмечается нижняя точка пересечения ниткой контура. Проводятся линии от точки накола иглы до точки пересечения нитки с контуром. Центр тяжести находится внутри полученного треугольника (для трех измерений). Для более точного измерения фигура накладывается на вертикально установленную иглу и определяется точка наложения, при которой фигура водосбора горизонтальна, как показано на рисунке 8.4. Далее, на фигуру водосбора накладывается лист кальки и на него переносятся граница водосбора и центр тяжести водосбора. Полученный лист кальки по границе водосбора накладывается на топографическую карту, и с карты картографическим методом снимаются координаты центра тяжести водосбора.

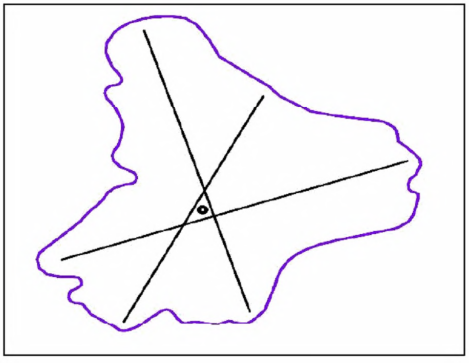


Рисунок 8.4 – Определение центра тяжести водосбора

9 Методы расчета гидрографических характеристик с использованием ГИС «Панорама»

9.1 Общие указания

ГИС-программа «Панорама» и ее отраслевые приложения, в том числе, комплекс гидрологических задач разработаны компанией Панорама специально для работы с цифровыми топографическими картами РФ [11], [12].

В программе существует встроенная система выполнения расчетов с использованием цифровой карты, которая активизируется при выборе пункта «Расчеты по карте» в меню «Задачи» [11].

Главная панель «Расчеты по карте» включает в себя набор кнопок-пиктограмм, каждая из которых соответствует отдельному инструменту или целой группе инструментов, объединенных в отдельную панель, выполнения расчетов:

 – вспомогательная панель «Работа с выделенными объектами»;

 – «Определение площади объекта»;

 – «Справка о площади однотипных объектов»;

 – «Определение площади многоугольника»;

 – вспомогательная панель «Длина и расстояние»;

 – вспомогательная панель «Вычисления по матрице высот»;

 – вспомогательная панель «Обработка матриц высот»;

 – «Расчет координат»;

 – вспомогательная панель «Матрица слоев»;

 – вспомогательная панель «Операции с поверхностями»;

 – вспомогательная панель «Работа с сетью»;

 – «Отображение результатов».

Для выполнения расчетов необходимо с помощью инструмента «Поиск/Выделение объектов карты» или с помощью средств Редактора определить (выделить) водный объект или ряд объектов на цифровой топографической карте.

С использованием инструмента «Статистика выделенных объектов» выводится список объектов с информацией о длине, площади, характеристиках семантики для каждого объекта, количестве объектов разных типов, их общей длине и площади.

 В инструменте «Статистика семантики» выделенных объектов отображается статистика (количество объектов, максимальное, минимальное, среднее значение семантической характеристики и среднеквадратичное отклонение). Можно сохранить статистические данные в формате таблицы Excel.

9.2 Определение гидрографических характеристик по цифровым картам

9.2.1 Для определения площади водного объекта используется инструмент .

После выбора отдельного водного объекта на цифровой карте в окно информации выводится его площадь без учета площади подобъектов. Таким образом из общей площади водного объекта вычитается площадь участков, лежащих внутри объекта и не принадлежащих ему, например, острова – для озера или водохранилища, бессточные области для водосбора (рисунок 9.1).

На картах, масштаб которых мельче 1:10 000 и имеется поддержка геодезических координат, вычисление площадей и длин выполняется с учетом проекции карты. Для этого координаты объекта пересчитываются в систему, подходящую для измерения площадей,

например, в СК-42 к осевому меридиану ближайшей к объекту зоны. Такой подход позволяет компенсировать геометрические искажения размеров объекта, вносимые проекцией карты.

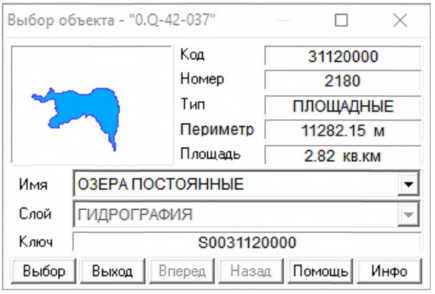


Рисунок 9.1 – Окно информации для определения площади озера

Для определения площади водосбора или площади различных угодий используется инструмент .

Данный инструмент позволяет определить площадь многоугольника, построенного пользователем на цифровой карте.

Построение многоугольника производится путем выбора опорных точек нажатием левой клавиши мыши. После нажатия комбинации «Левая кнопка мыши» - «Правая кнопка мыши» построение многоугольника считается законченным, его окончательная длина выводится в окно результатов. Используя инструмент «Сохранение условного объекта» для построенной линии, можно выбрать классификационный код (условный знак) и записать как объект цифровой карты.

Для определения отдельных морфологических характеристик водосбора, таких как, относительная озерность, заболоченность, лесистость, распаханность, урбанизированность, оледененность, закарстованность, требуется вычислить суммарные площади озер, болот, лесов, пашен, населенных пунктов, ледников и др. в пределах

водосбора. Для определения суммарных площадей озер или угодий используется инструмент .

Для этого выбираются однотипные объекты, например, озера или населенные пункты. Далее выбирается инструмент «Справка о площади однотипных объектов». На экране появляется информационное окно с результатом обработки, как показано на рисунке 9.2.

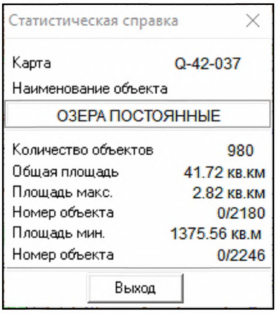


Рисунок 9.2 – Окно информации для определения площади озер в пределах водосбора

9.2.2 Определение длины водотока или периметра водоема осуществляется с помощью инструмента  вспомогательной панели «Длина и расстояние». Данный инструмент применяют к имеющимся на карте линейным и площадным водным объектам, горизонталям.

После выбора нужного объекта в окно информации выводится его длина или периметр. Таким образом можно измерить длину водотока от истока до устья или до замыкающего створа, а также можно определить периметр водоема (рисунок 9.3).

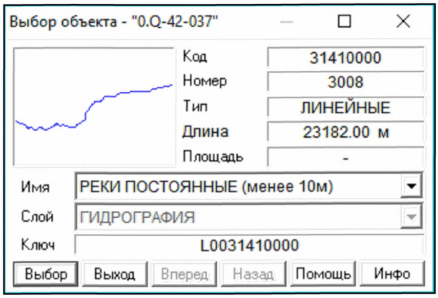


Рисунок 9.3 – Окно информации для определения длины реки

Инструмент «Длина и расстояние» (длина произвольной линии) позволяет также определить длину ломаной линии, построенной пользователем, например, определить длину средней линии реки или длину водоема.

Построение ломаной линии производится путем выбора опорных точек при нажатии левой клавиши мыши. В процессе выбора опорных точек можно использовать фрагменты существующих объектов карты.

Для этого необходимо нажать правую кнопку мыши и выбрать из появившегося меню пункт «Скопировать участок, не ограниченный узлами». Затем выбрать объект карты и отметить тремя точками фрагмент, включаемый в ломаную линию.

После нажатия комбинации «Левая кнопка мыши» - «Правая кнопка мыши» построение линии считается законченным, а ее длина выводится в окно информации. Используя режим редактора «Сохранение условного объекта» для построенной линии, можно выбрать условный знак и записать его как объект цифровой карты.

В том случае, если к цифровой карте добавлена матрица высот и линия водотока проходит через нее полностью или частично, то длина построенной ломаной линии определяется с учетом рельефа.

 – инструмент для определения длины линии по прямой от истока до устья или до замыкающего створа водного объекта.

После выбора объекта производится выбор участка по трем точкам, если это площадной объект, и по двум точкам, если линейный.

После выбора участка измеряемый отрезок подсвечивается, в окно информации выводится его длина. Данный инструмент полезен при определении коэффициента извилистости водотока.

 – инструмент для поиска точки на контуре объекта по удалению от начала.

После выбора линейного объекта необходимо ввести расстояние в окно диалога. В результате работы инструмента на карте подсвечивается участок от начала объекта до найденной точки.

Этот инструмент удобен в том случае, если нужно посадить на карту объект, координаты которого неизвестны, но известно расстояние от другого объекта, имеющегося на карте. Например, гидрологический пост, о местоположении которого известно только его удаленность от устья реки.

 – инструмент для определения длины водного объекта с учетом рельефа.

Данный инструмент работает только в том случае, если к карте добавлена матрица высот, либо точки водного объекта характеризуются координатами на местности и высотой (имеют трехмерную метрику). В этом случае длина водного объекта определяется с учетом рельефа и выводится в окно результатов.

9.3 Определение гидрографических характеристик по цифровым моделям местности

9.3.1 Построение модели местности может быть осуществлено с использованием инструмента для создания матрицы высот 

Построение матрицы высот, может быть выполнено вызовом диалога:

- с помощью пункта «Создание матрицы» в меню «Файл»;
- нажатием кнопки «Создание матрицы высот» из вспомогательной панели «Матрица высот» задачи «Расчеты по карте»
- при добавлении несуществующего файла матрицы высот в диалоге «Список данных цифровой карты».

При построении матрицы используется информация объектов цифровой карте и всех добавленных к ней пользовательских карт.

Матрица высот может быть построена на лист карты (по умолчанию), на заданный район, на участок местности, на водосборный бассейн, подбассейн и т.д.

Для построения матрицы на район в диалоговом окне следует включить режим «Весь район» в группе «Область вывода».

Для построения матрицы на заданные листы цифровой карты следует включить режим «По листам».

Для построения матрицы на участок местности, ограниченный замкнутым объектом карты, необходимо включить режим «По объекту» и выбрать замкнутый объект цифровой карты двойным нажатием левой кнопки мыши. Объектом может быть водосборный бассейн, административный округ и т.д.

Для построения матрицы на участок местности, ограниченный замкнутым контуром, нужно нажать режим «По контуру» в диалоговом окне и прочертить контур нажатиями левой кнопки мыши. По окончанию режима задания контура необходимо произвести двойное нажатие левой кнопки мыши. Контуром может служить линия водораздела.

Тип результирующего рельефа задается в диалоговом окне «Тип матрицы» в следующих случаях:

- при задании абсолютного типа рельефа матрица строится с использованием объектов карты, имеющих характеристику абсолютная высота, а также объектов, метрика которых содержит абсолютные высоты;

- при задании суммарного типа рельефа к абсолютному рельефу добавляются высоты объектов, имеющих семантическую характеристику «относительная высота» или «высоту относительно поверхности в метрике»;

- при задании относительного типа рельефа относительные высоты объектов добавляются к плоской поверхности с абсолютной высотой, равной нулю.

В диалоговом окне «Метод построения поверхности» задается способ вычисления элементов матрицы, не получивших значений высоты после обработки объектов карты. При выборе одного из методов, основанных на средневзвешенной интерполяции, следует учитывать, что метод «поиск по 8 направлениям» выполняется быстрее остальных, а метод – «сглаживание поверхности» формирует более гладкую поверхность. Если выбран «метод линейной интерполяции по сетке высотных точек», то сначала строится сеть треугольников, вершинами которых являются точечные объекты с абсолютной высотой (TIN поверхность), а затем по этой сети треугольников вычисляются высоты элементов матрицы. Метод «Плоская поверхность с нулевой высотой» предназначен для создания матрицы относительных высот.

Рельеф местности может содержать области локальных экстремумов (ямки, горки). На карте таким областям соответствуют замкнутые горизонтали. Если внутри замкнутой горизонтали отсутствует точечный объект, соответствующий локальному экстремуму (отметка высоты, пункт государственной геодезической

сети и т.п.), то в данной области будет построена плоская поверхность с высотой замкнутой горизонтали. Режим «Формирование экстремумов» позволяет устранить этот недостаток - построить внутри замкнутой горизонтали поверхность, соответствующую локальному экстремуму рельефа.

Матрица может быть построена в режиме «Формирование экстремумов» в случае задания метода построения поверхности – «средневзвешенная интерполяция».

Режим «Строить сетку высотных точек» позволяет улучшить вид создаваемой поверхности в местах, где между горизонталями имеются группы точечных объектов с абсолютной высотой. Режим может быть задан, если метод построения поверхности – «средневзвешенная интерполяция». При построении матрицы выполняются следующие дополнительные действия:

- создается триангуляция по точечным объектам с абсолютной высотой;

- ребра триангуляции (или части ребер) преобразуются в линейные 3D-объекты (если ребро не пересекает объекты с абсолютной высотой, то оно выводится целиком, если пересекает, то выводится часть ребра, ограниченная его вершиной и точкой пересечения с объектом);

- дополнительные 3D-объекты (ребра и части ребер) заносятся в матрицу.

Режим занесения высот задается в диалоговом окне «Высота при наложении».

Если расстояние между объектами карты с высотными характеристиками меньше размера ячейки матрицы, то при обработке объектов происходит наложение высот, т.е. попадание двух или более объектов в одну и ту же ячейку. В этом случае содержимое создаваемой матрицы зависит от заданного режима «Высота при наложении». Если

задан режим «Высота при наложении» – «Средняя», то результирующая высота ячейки матрицы вычисляется как среднее арифметическое из имеющегося значения высоты и абсолютной высоты обрабатываемого объекта. При попадании в ячейку матрицы одного точечного объекта с абсолютной высотой, результирующей высотой ячейки будет высота точечного объекта, независимо от заданного режима «Высота при наложении». Данный режим не влияет на занесение в матрицу относительных высот, при котором в элемент всегда заносится максимальная относительная высота.

Диалог создания матрицы имеет режим «Определение ошибки наложения высот». Данный режим позволяет выполнить предварительную оценку качества создаваемой матрицы.

Трехмерная метрика объектов карты будет участвовать в построении матрицы, если задан режим «Использовать высоты из трехмерной метрики объектов».

Если задан режим «Строить поверхность внутри площадных объектов с трехмерной метрикой», высоты элементов, расположенных внутри площадного объекта с трехмерной метрикой, вычисляются по атрибутивным данным объекта и заносятся в матрицу независимо от значения режима «Высота при наложении». Режим «Строить поверхность внутри площадных объектов с трехмерной метрикой» позволяет устранить влияние (наложение высот) объектов, расположенных вблизи площадного объекта с трехмерной метрикой.

При создании матрицы может использоваться служебный текстовый файл с расширением IMH, который определяет объектовый состав информации района, участвующей в процессе создания матрицы высот. Для настройки служебного текстового файла нужно использовать режим «Настройка фильтра».

Если служебный текстовый файл не используется, то в процессе создания матрицы высот участвуют объекты, имеющие семантические характеристики «Абсолютная высота», «Относительная высота».

Качество создаваемой матрицы зависит от наличия объектов карты с высотными характеристиками, а также от наличия объектов гидрографии без высотных характеристик, пространственное положение которых определяет особенности рельефа местности.

Объекты гидрографии без высотных характеристик включаются в обработку с помощью служебного текстового файла, в котором нужно настроить режимы “Линии водотока” и “Водные поверхности”.

При обработке линейного объекта гидрографии с переменной высотой (реки, ручья и т.п.) в матрицу заносятся уменьшающиеся значения высоты, соответствующие обрабатываемой линии водотока. Значения и перепад заносимых высот зависят от высот объектов карты, с которыми пересекается данный объект гидрографии. Если линейный объект гидрографии не пересекает объектов с высотными характеристиками, то он не обрабатывается.

При обработке площадного объекта гидрографии с постоянной высотой, не имеющего атрибутивных данных “абсолютная высота” (озера, водохранилища и т.п.), в матрицу заносятся одинаковые значения высоты, соответствующие обрабатываемой водной поверхности. Значение высоты вычисляется с учетом высот ближайших окружающих объектов цифровой карты.

Для вычисления абсолютной высоты используется инструмент , который позволяет вычислить абсолютную высоту в точке, выбранной нажатием левой кнопки мыши. Если точка обеспечена матричными данными, то абсолютная высота выбирается из значений матрицы. Если точка не обеспечена матричными данными, то

абсолютная высота вычисляется по данным векторной карты. Высота отображается в окне результатов.

9.3.2 Вычисления по цифровым моделям местности выполняются с помощью вспомогательной панели «Вычисления по матрице высот» .

С помощью  — инструмента для определения площади водного объекта с учетом рельефа производится вычисление площади указанной области по данным цифровой модели местности.

Название необходимой матрицы необходимо выбрать в диалоговом окне из «Списка матриц».

Данным инструментом обрабатываются только площадные и замкнутые линейные объекты, полностью обеспеченные атрибутивными данными высот.

Если внутри водных объектов, имеются подобъекты (острова), то их площадь вычитается из площади объекта.

Определение длины водотока между двумя точками осуществляется с помощью инструмента .

Данный инструмент позволяет определить длину водотока (горизонтальную, наклонную, по рельефу), построенного пользователем. Построение линии производится путем выбора двух опорных точек при нажатии левой клавиши мыши.

Результат отображается в виде графика. Строится профиль линии по матрице высот, а наклонная линия с учетом высот в начальной и конечной точках.

Числовые значения длины линии отображаются в информационном окне. В режиме «Высота» заносятся значения высот

в начальной, конечной и текущей точках. Отношение разности высот в начальной и конечной точках к длине и их соотношение в промилле указано в режиме «Высота : длина».

Данный инструмент может быть полезен для определения уклона водотока или его участка и для построения продольного профиля водотока

Построение профиля водного объекта по заданной линии выполняется с помощью инструмента .

С помощью данной функции осуществляется построение профиля поверхности с использованием матрицы высот по заданной пользователем линии. Таким образом может быть построен поперечный профиль водотока или продольные и поперечные профили водоема. Линия задается опорными точками - нажатием левой кнопки мыши и заканчивается двойным нажатием.

Результат отображается в информационном окне в виде графика, где вертикальная ось – абсолютная высота, м, а горизонтальная ось - длина профиля, м (рисунок 9.4).

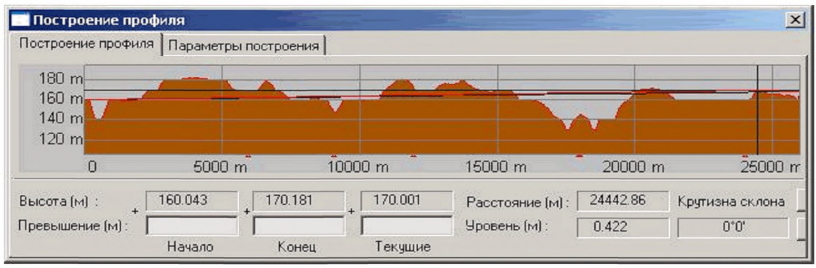


Рисунок 9.4 – Окно построения профиля водного объекта по заданной линии

При перемещении по линии водотока с помощью мыши происходит одновременное перемещение по графику линии,

обозначающей положение текущей точки на профиле. В полях окна построения профиля «Высота» отображаются значения высот в начальной, конечной и текущей точках водотока. Кроме того, в поле «Расстояние» отображается информация о расстоянии от начала водотока до текущей точки в метрах. В поле «Уровень» отображается расстояние от поверхности Земли в текущей точке профиля до линии, соединяющей начальную и конечную точки.

Существует возможность поднять или опустить начальную, конечную, текущую точки на определенную высоту. Для этого необходимую величину нужно ввести в соответствующее поле «Превышение». Изображение профиля можно масштабировать, изменив размеры окна с помощью мыши (растянуть, сжать).

Инструмент позволяет сохранить изображение профиля в файлах форматов «WMF», «EMF». Для сохранения профиля в текстовый файл пользователь должен указать дискретность продвижения по объекту (шаг интерполяции). При включенном режиме «Печать длины и номера» в файл записываются номер текущей точки, координаты X,Y,H и расстояние от начала профиля до текущей точки, при выключенном режиме – «только координаты».

Переключаясь на закладку «Параметры построения», можно выбирать для отображения цвета профиля, линии соединения начальной-текущей-конечной точек, гасить изображение вспомогательных линий, устанавливать вертикальный и горизонтальный шаг сетки (рисунок 9.5). При выборе в горизонтальном шаге сетки значения «весь профиль» изображение профиля полностью помещается в окне.

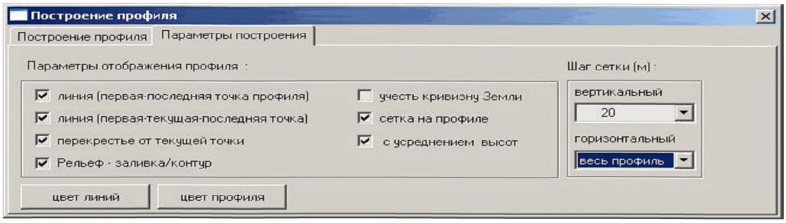


Рисунок 9.5 – Диалоговое окно построения профиля

При включении режима «учесть кривизну Земли» профиль перестраивается с учетом кривизны Земли. Так как этот режим применим только для прямой линии, построение осуществляется для полного профиля, если он имеет две опорные точки или для отрезка линии водотока (выбираются две ближайшие к текущей опорные точки).

Включенный режим «с усреднением высот» осуществляет расчет абсолютной высоты по средним значениям, изображение профиля при этом сглаживается.

Для построения продольного профиля водотока используется инструмент , позволяющий строить профиль поверхности по ломаной линии, заданной контуром объекта карты, например, профиль реки, ручья.

Для построения профиля по водотоку его следует выбрать на карте двойным нажатием левой кнопки мыши.

Для построения профиля высот по участку водотока используется инструмент , позволяющий строить профили поверхности по ломаной линии, заданной участком водного объекта карты. После выбора объекта производится выбор участка по двум точкам линейного объекта.

Для построения профиля с учетом относительной высоты объекта используется инструмент , с помощью которого осуществляется построение профиля поверхности по заданной линии с использованием матрицы высот.

Трасса задается двумя опорными точками нажатием левой кнопки мыши.

Результат отображается в окне в виде графика. Площадные объекты без относительных высот на графике обозначены полигонами, цвет которых соответствует цвету объекта на карте. Высота полигона для объекта, имеющего относительную высоту, рассчитывается с учетом относительной высоты объекта.

Перечень объектов, отображенных на графике, заносится в таблицу.

Построение профиля производится с учетом кривизны Земли, абсолютная высота рассчитывается по средним значениям.

При перемещении по трассе с помощью мыши в окнах «Высота» и «Расстояние» отображаются значения высот в начальной, конечной и текущей точках трассы, а также расстояние от начала трассы до текущей точки в метрах. В окне «Уровень» - расстояние от поверхности Земли в текущей точке профиля до линии, соединяющей начальную и конечную точки. В таблице подсвечивается объект, которому принадлежит текущая точка.

При построении профиля поверхности существует возможность поднять или опустить начальную, конечную, текущую точки на определенную высоту. Для этого необходимую величину нужно ввести в соответствующее поле «Превышение».

При нажатии вкладки «Параметры» можно выбирать для отображения цвета профиля, линии соединения начальной-текущей-конечной точек, гасить изображение вспомогательных линий. Режим

«Сжатие» позволяет уменьшить или увеличить значение вертикальной шкалы в два раза.

Результат можно сохранить в файл.

Для формирования координаты высоты для гидрографии используется инструмент .

Цифровая карта предназначена не только для достоверной визуализации данных, но и для анализа данных, имеющих пространственное распределение. Экран компьютера имеет лишь плоские координаты (X, Y), а реальные объекты местности можно описать при помощи трехмерного представления (X, Y, H).

С помощью ГИС «Панорама» можно выполнить трехмерное моделирование местности на основе полного координатного описания, но для этого необходимо выполнить подготовку карты.

Инструмент «Формирование координаты высоты у объектов гидрографии» предназначен для пространственных данных цифровой карты, имеющих значение характеристики «Абсолютная высота» с целью формирования у объектов гидрографии третьей координаты (H). В результате выполнения задачи формируется пользовательская карта на весь район работ, содержащая объекты гидрографии с координатным описанием X, Y, H.

Исходными данными для задачи формирования координаты высоты у объектов гидрографии является цифровая карта, созданная с учетом требований, предъявляемых к этому виду карт. Карта должна содержать объекты гидрографии, урезы, рельеф суши, узловые точки площадной гидрографии и рельефа. Объекты, которым будет присваиваться координата H, задаются через режим «Фильтр». Это все виды рек, включая площадные, линейные, пересыхающие, кроме подземных рек; а также озера, водохранилища и микроформы, включая промоины, лощины, овраги и пр.

Объекты, для которых в классификаторе предусмотрено наличие семантической характеристики «Абсолютная высота», обрабатываются в любом случае, заданы они в режиме «Фильтр» или нет. В этом случае каждой точке объекта присваивается вычисленное значение высоты. Если семантическая характеристика не указана, объект обработается как площадная река.

Выходными данными задачи является пользовательская карта с объектами гидрографии, имеющими третью координату H.

Задача выполняется программным модулем «HIDROXYH.DLL», который вызывается с помощью меню «Запуск приложений». В этом случае появляется диалоговое окно задачи.

Элемент диалога «Выходная пользовательская карта» отображает имя выходной пользовательской карты.

Элемент диалога «Объекты гидрографии отображает количество обрабатываемых листов и объектов.

Элементы диалога «Линии водотока», «Площадные объекты с уклоном», «Площадные объекты с постоянным уровнем» по умолчанию помечены на пользовательской карте кодом 31420000 (подземные реки). Код можно изменить.

Режим «Допуск по сводке объектов по рамке смежных листов» задает допуск в миллиметрах карты.

Редактируемое поле «Число циклов интерполяции» задает число повторных интерполяций объектов, с учетом высот, вычисленных на предыдущей интерполяции.

Элемент диалога «Состояние обработки» отображает состояние обработки исходных объектов и объектов пользовательской карты.

Пользователь должен выбрать список объектов, которым необходимо присвоить координату H, нажав режим «Фильтр».

Процесс обработки информации начинается после нажатия режима «Выполнить».

Для вычисления объема водоема по матрице слоев используется инструмент , с помощью которого производят вычисление объема указанной области (всей матрицы, объекта и др.) по данным матрицы рельефа или матрицы качеств (в данном случае - глубин водоема).

После выбора названия матрицы из «Списка матриц» и указания области для расчета объема необходимо нажать режим «Выбрать».

Вычисление объема производится при нажатии режима «Рассчитать».

Результаты расчета указанной области выводятся в информационное окно «Результат».

При вычислении объема по матрице слоев в таблицу заносится объем каждого слоя. Номер, тип матрицы и область для расчета сохраняются в файле с расширением «INI» и восстанавливаются при последующей загрузке.

Построение матрицы качеств (например, глубин водоема) может быть выполнено по нескольким типам исходных данных: векторной карте, текстовому файлу и таблице базы данных.

Для создания поверхности уклонов водосбора используется инструмент , который позволяет построить поверхность уклонов, используя данные о рельефе на основе матрицы высот. В элемент матрицы помещается среднее или максимальное значение уклона в градусах между соседними ячейками матрицы высот.

Результат сохраняется в матричной форме. Параметры отображения задаются в диалоговом окне: устанавливается число цветов отображения, их градация в заданном диапазоне. Точность матрицы указывается в метрах в окне «Размер элемента».

Имя «Выходного файла» (матрицы уклонов) задается автоматически и состоит из имени файла карты, на которой производилось построение с добавлением расширения «MTQ». Название файла может быть изменено пользователем.

При успешном завершении процесса построения предлагается установить диапазон значений минимума и максимума, реально соответствующий результирующим данным.

С помощью инструмента «Статистика поверхности»  можно получить статистику матрицы уклонов, из которой пользователь выбирает среднее значение и получает средний уклон склонов водосбора. Областью расчета выбирается контур водосбора

9.4 Комплекс гидрологических задач

9.4.1 Отраслевое приложение для ГИС «Панорама» – «Комплекс гидрологических задач» [12] предназначено для оценки численных характеристик водонаполнения заданного водоема при изменении уровня подъема воды, а также для получения графических документов, соответствующих полученным численным характеристикам. Численными характеристиками водонаполнения являются: площадь наполненной области, объем воды в наполненной области, батиграфическая и объемная кривые.

Для выполнения комплекса гидрологических задач необходима векторная карта с данными о рельефе области, соответствующей дну рассматриваемого бассейна. Моделируемая область может быть задана площадным или замкнутым линейным объектом векторной карты.

Результатами выполнения комплекса задач являются:

- численные характеристики водонаполнения при изменении уровня подъема воды, сохраненные в базу данных;

- графики изменения и массивы значений численных характеристик в зависимости от уровня подъема воды;

- данные профилирования наполненной области, выданные на печать и сохраненные в графические форматы;

Матрицы рельефа и качественных характеристик водного бассейна могут быть созданы по векторной карте или загружены из внешних форматов, например «GeoTIFF2, «IMG», «GRD», «XYZ» и др.

Приложение обеспечивает построение профилей с учетом относительных высот и глубин.

Результаты работы приложения могут быть сохранены средствами дополнительной панели «Отчеты».

Для вызова приложения следует выполнить пункт меню «Задачи\Запуск приложений», далее в списке приложений выбрать «Комплекс гидрологических задач». Приложению соответствует панель, изображенная на рисунке 9.6.



Рисунок 9.6 – Главная панель комплекса гидрологических задач

Главная панель «Комплекса гидрологических задач» содержит кнопки для вызова панелей, объединяющих группы инструментов получения, обработки и оценки численных характеристик водонаполнения заданного бассейна.

 – панель «Создание матриц» предназначена для создания регулярных моделей поверхностей - матриц высот формата «MTW» и матриц качеств формата «MTQ». Панель содержит инструменты:

 «Создание матрицы высот по карте»;

 «Загрузка матриц высот из форматов SRTM или GeoTIFF»;

 «Загрузка матриц высот из форматов GRD или ASCII»;

 «Создание матрицы качеств»;

 «Загрузка матриц из формата TXT».

 – панель «Водохранилище» предназначена для получения и оценки численных характеристик водонаполнения заданного бассейна и содержит инструменты:

 «Расчеты по матрице дна водохранилища»;

 «Построение набора матриц глубин»;

 «Вычисления по набору матриц глубин»;

 «График изменений численных характеристик водонаполнения».

 – панель «Создание объектов» предназначена для создания изолиний и полигонов по сеточным моделям поверхностей, а также для создания площадных объектов с помощью инструментов:

 «Создание изолиний по матрице»;

 «Создание полигонов по однородным зонам матриц».

 – панель «Анализ» предназначена для определения топологических отношений объектов, построения профилей с совместным использованием сеточных моделей поверхностей и объектов векторной карты, а также для получения статистических характеристик поверхностей и для демонстрации временных рядов данных электронной карты. Панель содержит инструменты:

 «Профиль с учетом относительных высот и глубин»;

 «Профиль матрицы качеств по линии»;

 «Статистика поверхности».

 – панель *«Отчеты»* позволяет определять перечень объектов карты, удовлетворяющих заданным условиям и сохранять результаты в виде текстового файла. Панель «Отчеты» выполняет экспорт векторной карты в обменные форматы «SXF», «TXF», «DIR». Имеются средства для сохранения изображений фрагментов карты, соответствующих габаритам выделенных объектов, а также для формирования отчета, содержащего обобщенную информацию по выделенным объектам карты с помощью инструментов:

 «Статистика выделенных»;

 «Сохранить как ...»;

 «Сохранить EMF для выделенных фрагментов»;

 «Сводный отчет по выделенным»;

 «Запись объектов в отчет.

9.4.2 Для вычисления морфометрических характеристик водоемов используется инструмент «Расчёты по матрице дна водохранилища» на панели «Водохранилище» 

Вычисления выполняются в диалоге «Вычисление площади и объема по матрице дна водохранилища» (рисунок 9.7).

Для выполнения расчетов по матрице дна водохранилища необходимо наличие открытой матрицы рельефа дна формата «MTW».

Вычисления выполняются с использованием набора отметок высот, соответствующих уровням подъема воды в колонке «Глубина».

В процессе вычислений последовательно определяются площади зеркала и объемы водохранилища. Диапазон уровней подъема воды может быть задан в режимах «Минимум» и «Максимум».

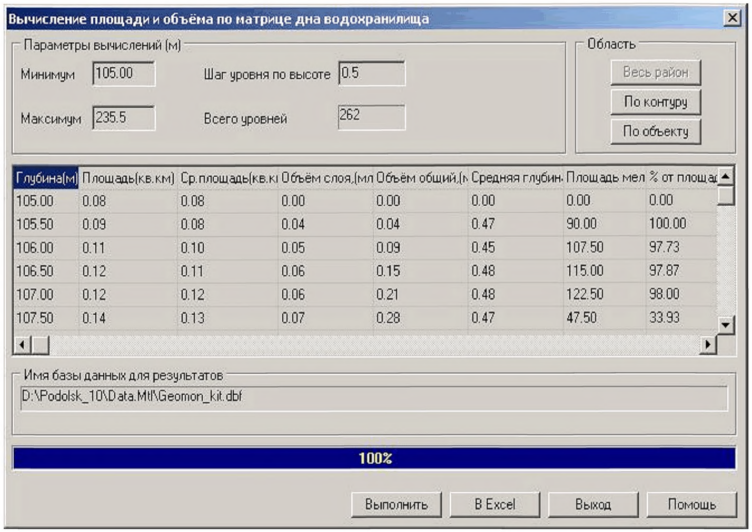


Рисунок 9.7 – Диалоговое окно для вычисления площади и объема по матрице рельефа дна водохранилища

При этом способе построения кривой объемов водохранилища предполагается, что уровень воды в водохранилище горизонтален.

Результаты вычислений по матрице рельефа дна накапливаются в таблице базы данных и с помощью режима «В Excel» могут быть сохранены в формате таблицы «Excel».

Построение набора матриц глубин выполняется в диалоговом режиме «Построение набора матриц глубин» (рисунок 9.8).

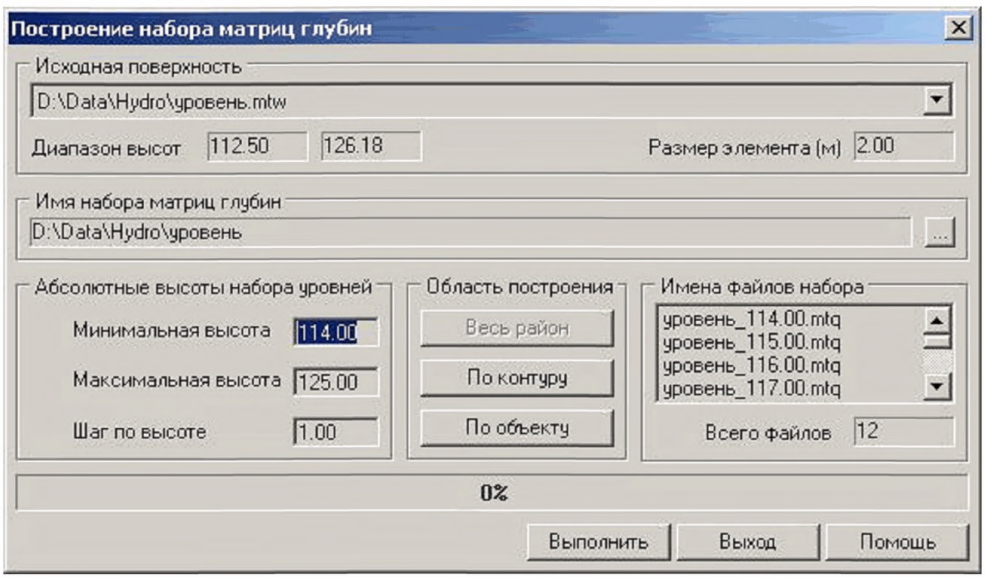


Рисунок 9.8 – Диалоговое окно для построения набора матриц глубин

Вычисления по набору матриц глубин выполняются в диалоговом окне «Вычисления по набору матриц глубин» (рисунок 9.9).

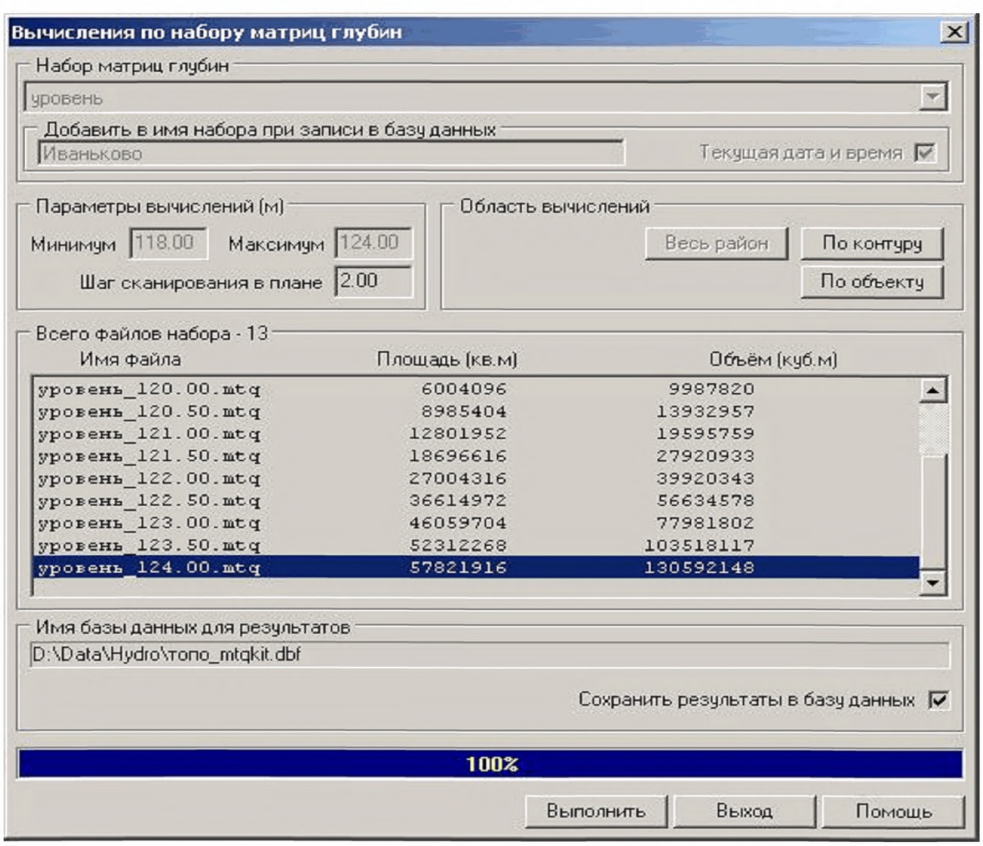


Рисунок 9.9 – Диалоговое окно вычислений по набору матриц глубин

Для вычислений по набору матриц глубин необходимо наличие открытых матриц глубин, составляющих ранее созданные наборы. Вычисления выполняются по матрицам глубин набора, заданного в режиме «Набор матриц глубин».

Результатом вычислений являются массивы значений площадей и объемов области водонаполнения. Число элементов массива площадей и объемов определяется количеством матриц глубин, составляющих анализируемый набор.

Получаемые результаты вычислений будут зависеть от значения, заданного в режиме «Шаг сканирования в плане». При увеличении шага сканирования процесс вычислений будет выполняться быстрее, но достоверность результатов снизится.

Вычисления могут быть выполнены по различным наборам матриц глубин, а также с различным шагом сканирования в плане. Результаты вычислений могут накапливаться в таблицах «DBF» базы данных, если задан режим «Сохранить результаты в базу данных».

Для последующего просмотра и анализа результатов имеется возможность их идентификации в режиме «Добавить в имя набора при записи в базу данных».

Результаты вычислений сохраняются в виде двух таблиц базы данных. В первой таблице содержится описание наборов матриц глубин, по которым были выполнены вычисления (рисунок 9.10).

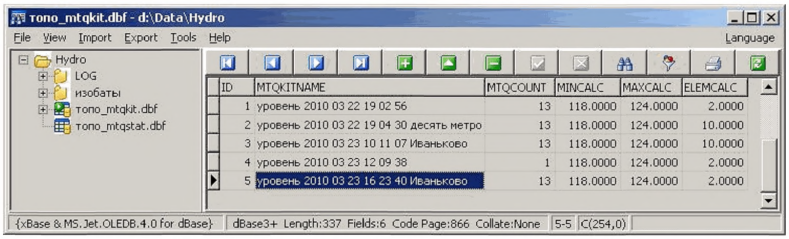


Рисунок 9.10 – Информационное окно просмотра результатов вычислений по набору матриц глубин

Во второй таблице содержатся массивы числовых значений вычисленных характеристик - площадей и объемов (рисунок 9.11).

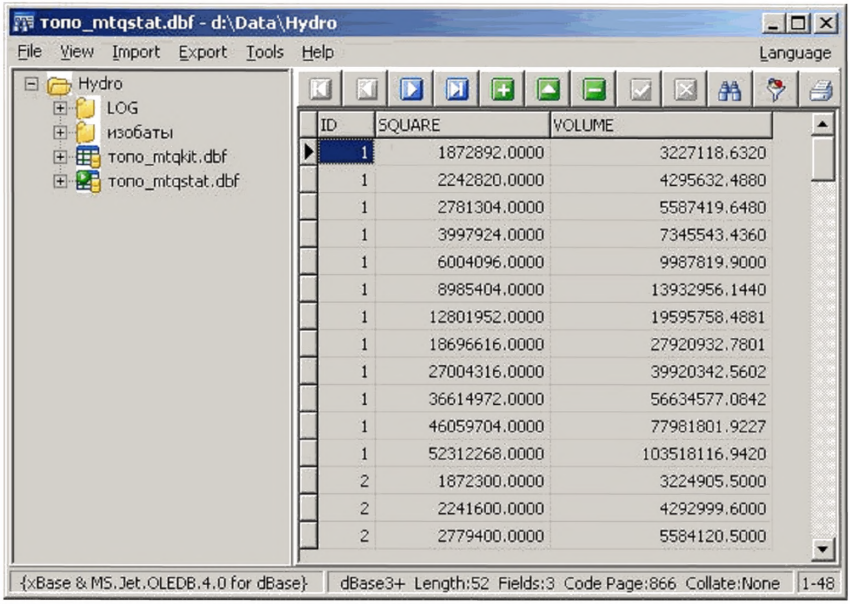


Рисунок 9.11 – Информационное окно просмотра массивов числовых значений вычисленных характеристик

Далее эти таблицы базы данных используются при построении графиков изменения численных характеристик водонаполнения, а также при просмотре и анализе результатов.

Для построения графиков вычисления морфометрических характеристик водоемов используется инструмент  - «График изменений численных характеристик водонаполнения» на панели «Водохранилище».

Результаты построения графиков отображаются во вкладках информационного окна «Площадь», «Объем», «Совмещенные графики» (рисунок 9.12). Каждая вкладка содержит график изменения соответствующей характеристики в зависимости от уровня подъема

воды, а также численные значения характеристики с указанием уровней и возможностью задания единицы измерения.

Значения площадей и объемов берутся из базы данных, заданной в режиме «Имя базы данных для результатов» диалогового окна инструмента «Вычисления по набору матриц глубин». Если результаты вычислений не сохранялись в базу данных, то значения площадей и объемов возможно получить из раздела «MTQKITCALC» файла карты с расширением «INI».

Вычисления могут быть выполнены по различным наборам матриц глубин, с различным шагом, поэтому для просмотра и анализа результатов вычислений имеется возможность выбора имени набора результатов в режиме «Имя набора матриц и параметры вычисления».

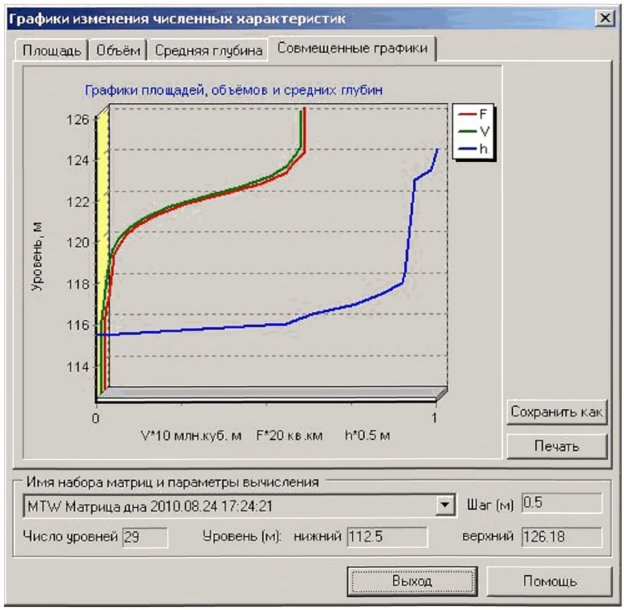


Рисунок 9.12 – Информационное окно графиков изменений численных характеристик водонаполнения

Режим «Сохранить как» предназначена для сохранения графиков в форматах: «BMP», «WMF», «EMF». График может быть выведен на печать.

Для построения профиля с учетом относительных высот и глубин используется инструмент  - «Профиль с учётом относительных высот и глубин» на панели «Анализ»

С помощью данного инструмента осуществляется построение профиля поверхности по заданной линии с использованием матрицы высот. Линия задается двумя опорными точками с помощью нажатия левой кнопки мыши (рисунок 9.13).

Результат отображается в диалоговом окне в виде графика. Площадные объекты без относительных высот на графике обозначены полигонами, цвет которых соответствует цвету объекта на карте. Высота полигона для объекта, имеющего относительную высоту, рассчитывается с учетом относительной высоты объекта.

Перечень объектов, отображенных на графике, занесен в таблицу. Построение профиля производится с учетом кривизны Земли, если установлен соответствующий режим в «Параметрах». Абсолютная высота рассчитывается по матрице с наименьшим размером элемента, как более точной.



Рисунок 9.13 – Диалоговое окно для построения профиля с учетом относительных высот и глубин

При включенном режиме «Использовать MTQ» на графике отображается профиль матрицы качеств, выбранной из списка матриц.

В режиме «Глубина» указывается значение матрицы качеств.

При перемещении по профилю с помощью мыши в режимах «Высота» и «Расстояние» отображаются значения высот в начальной, конечной и текущей точках профиля а также расстояние от начала профиля до текущей точки в метрах. В режиме «Уровень» отображается расстояние от поверхности Земли в текущей точке профиля до линии, соединяющей начальную и конечную точки. В таблице подсвечивается объект, которому принадлежит текущая точка.

В данном режиме существует возможность поднять/опустить начальную, конечную, текущую точки на определенную высоту. Для этого необходимую величину нужно ввести в соответствующее поле «Превышение».

При нажатии режима «Параметры» можно выбирать для отображения цвета профиля, линии соединения начальной-текущей-конечной точек, гасить изображение вспомогательных линий, управлять видимостью площадных объектов.

Построение профиля с новыми параметрами производится при нажатии режима «Установить».

Возможно сохранение изображения профиля в файлах формата «WMF» и «EMF», что позволяет в дальнейшем вывести изображение на печать, использовать в документах WORD и т.д. Для этого необходимо нажать режим «Сохранить как», выбрать имя файла и соответствующее расширение.

Для сохранения профиля в текстовый файл пользователь должен указать дискретность продвижения по объекту (шаг интерполяции). При включенном режиме «Печать длины и номера в файл» записываются

номер текущей точки, координаты X,Y,H и расстояние от начала профиля до текущей точки, при выключенном режиме – только координаты. Если включен режим «Использовать MTQ» в текстовый файл запишется значение матрицы качеств в текущей точке.

С помощью инструмента  – «Профиль матрицы качеств по линии». осуществляется построение профиля местности с использованием матрицы слоев или матрицы качеств по заданному контуру (ломаной линии). Контур задается опорными точками - нажатием левой кнопки мыши и заканчивается двойным нажатием. Пример информационного окна для получения профиля матрицы качеств по линии показано на рисунке 9.14.

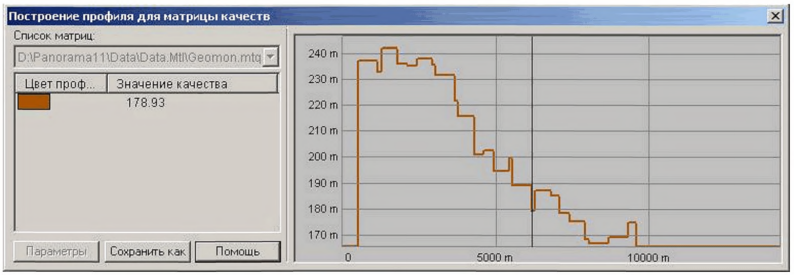


Рисунок 9.14 – Информационное окно просмотра профиля матрицы качеств по линии

Результат отображается в окне в виде графика, где вертикальная ось отмечает значение качества выбранной матрицы в условных единицах, а горизонтальная - длину линии в метрах. При перемещении по линии профилирования с помощью мыши значения качества выбранной матрицы указываются в текущей точке.

Инструмент осуществляет сохранение изображения профиля в файлах формата «WMF» и «EMF», что позволяет в дальнейшем

вывести изображение на печать, использовать в документах WORD. Для этого необходимо в режиме «Сохранить как», выбрать имя файла и соответствующее расширение.

Если линия, по которой строится профиль, состоит из нескольких опорных точек, то изображение профиля может не поместиться в информационном окне полностью и отображается частично. Чтобы построить профиль полностью, нажатием правой кнопки мыши вызывается всплывающее меню и выбирается режим «Отобразить весь профиль». Для отображения части профиля существует обратная операция – «Отобразить часть профиля».

Приложение А

(справочное)

Подбор и приобретение карт и снимков

Специальных лицензий для работы с аэрофото и космическими снимками и топографическими картами не требуется. Космические снимки с пространственным разрешением более 2 м, аэрофото и картографические материалы в масштабе 1:100 000 и мельче находятся в открытом доступе и приобретаются свободно.

Космические снимки с разрешением лучше 2 м, а также топографические материалы в масштабе крупнее 1:100 000, являются секретными и для работы с ними требуется лицензия Федеральной службы безопасности РФ.

Подбор топографических материалов необходимого масштаба на водный объект и его водосборную площадь осуществляется по сборным таблицам, представляющим собой карты более мелкого масштаба с нанесенной на них разграфкой и номенклатурой листов топографических карт одного или нескольких масштабов (рисунок А.1). Для определения номенклатур и количества листов карт, покрывающих изучаемый водосбор, необходимо на сборной таблице оконтурить этот водосбор, уточнить его границы по географической карте более крупного масштаба, а затем выписать номенклатуру всех необходимых листов карт.

Учреждения и организации Росгидромета обеспечиваются картографическими материалами территориальными органами Росреестра по заявкам.

В заявку включается список листов карт и схема их расположения на сборной таблице. Если какой-либо лист отсутствует, он обязательно должен быть заменен листами карт более крупного масштаба или, в крайнем случае, листом карты ближайшего более мелкого масштаба.

Установление наличия картографических материалов на тот или иной район, сроков обновления и переиздания их, получение сведений о происшедших изменениях на местности, об изменении географических названий осуществляется через территориальные инспекции Росреестра, ведущие специальные дежурные справочные карты, на которых фиксируются все существенные изменения, происходящие на местности.

По вопросам приобретения картографических материалов, заказа работ по созданию карт, планов, матриц высот и ортофотопланов на территорию России можно обращаться в следующие организации:

- Росреестр. Адрес центрального отделения: 109028, г. Москва, ул. Воронцово поле, д.4а, тел.: (495) 917-48-52, gost.e-ecolog.ru . Топографические карты и планы, ортофотопланы, архивные материалы аэрофотосъемки и космической съемки местности можно заказать в территориальных органах Росреестра;

- Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-внедренческий центр геоинформационных систем и технологий» (ФГУП «Госгисцентр»). В Федеральном фонде пространственных данных имеются цифровые топографические карты в масштабах 1:100 000, 1:50 000 и 1:25 000 на территорию РФ, цифровые топографические планы масштаба 1:2 000, цифровые планы городов масштаба 1:10 000, цифровые карты и планы открытого пользования, а также аналоговая картографическая продукция. Информация о продукции и услугах содержится по адресу: gost.e-ecolog.ru

По вопросам приобретения данных ДЗЗ на территорию России можно обращаться в следующие организации:

- Научный центр оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ). Информация о космических снимках российской группировки космических аппаратов содержится по адресу: gost.e-ecolog.ru . Оперативный доступ к единому банку

данных ДЗЗ осуществляется через Геопортал Роскосмоса по адресу: gost.e-ecolog.ru

- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) - головной академический институт по исследованию и использованию космического пространства в интересах фундаментальных наук. На сайте института по адресу: gost.e-ecolog.ru содержатся спутниковые данные национального управления океанических и атмосферных исследований США (NOAA);

- Акционерное общество «Научно-исследовательский и производственный центр «Природа» (gost.e-ecolog.ru);

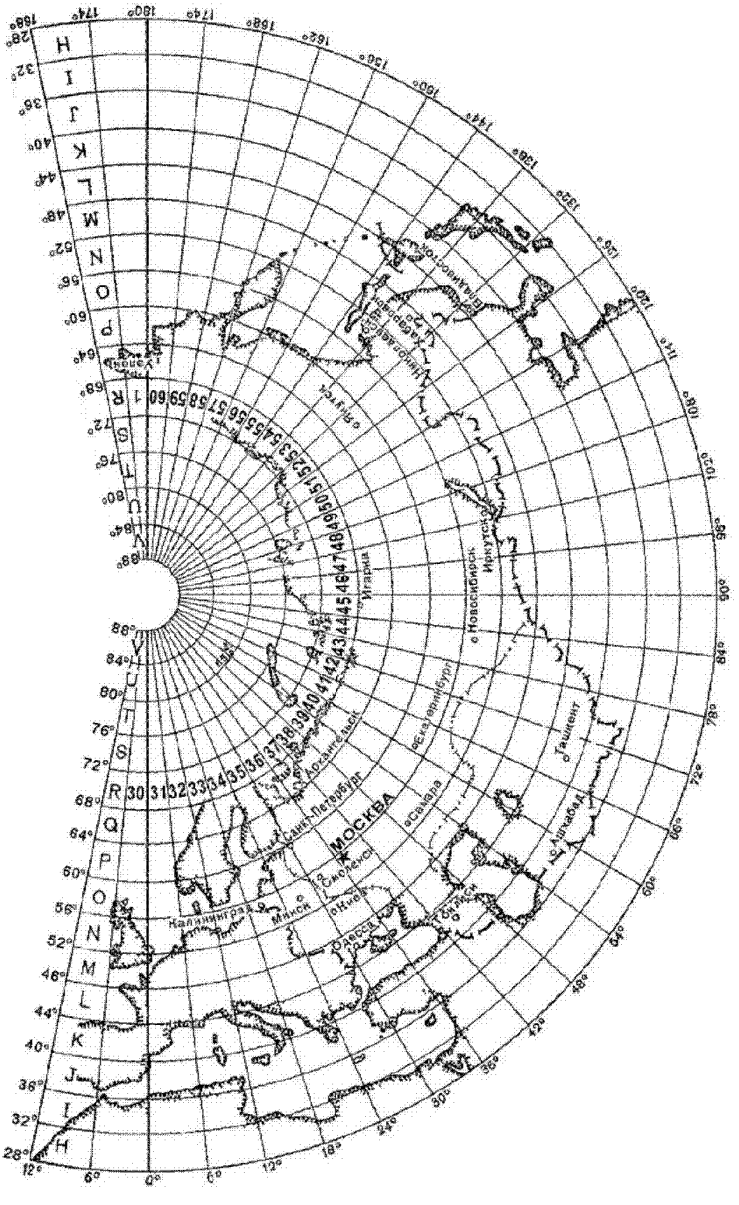
- Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии "Планета" (ФГБУ "НИЦ "Планета") – ведущая организация в сфере развития космических систем для мониторинга окружающей среды. Единая система работы с данными ДЗЗ доступна по адресу: gost.e-ecolog.ru);

- частные фирмы, являющиеся дистрибьютерами зарубежных компаний. Например, «Совзонд» (gost.e-ecolog.ru «СканЭкс» (gost.e-ecolog.ru) и др.

Ведущие международные центры распространяют космические снимки через Интернет, с которыми можно ознакомится, приобрести, либо бесплатно получить на их серверах, в том числе:

- Геологическая служба США (USGS) содержит архивы снимков Landsat (gost.e-ecolog.ru). Подробная инструкция по работе с архивом, расположена по адресу - gost.e-ecolog.ru ;

- Европейское космическое агентство (ESA) содержит архивы данных Sentinel (gost.e-ecolog.ru).


МОСКВА
Санкт-Петербург
Минск
Киев
Одесса
Калининград
Смоленск
Тула
Саратов
Самара
Екатеринбург
Новосибирск
Иркутск
Ташкент
Ашхабад
Якутск
Хабаровск
Магадан
Анадырь
Петропавловск-Камчатский
Южно-Сахалинск
Владивосток
Улан-Удэ
Чита
Якутск
Нарьян-Мар
Архангельск
Мурманск
Петрозаводск
Ухта
Воркута
Салехард
Игарка
Норильск
Тикси
Диксон
Хатанга
Тура
Красноярск
Енисейск
Ханты-Мансийск
Сургут
Нижневартовск
Тобольск
Омск
Барнаул
Новосибирск
Кемерово
Томск
Абакан
Кызыл
Иркутск
Братск
Усть-Кут
Бодайбо
Нерюнгри
Охотск
Магадан
Анадырь
Петропавловск-Камчатский
Южно-Сахалинск
Владивосток
Хабаровск
Комсомольск-на-Амуре
Биробиджан
Благовещенск
Чита
Улан-Удэ
Якутск
Тикси
Диксон
Хатанга
Игарка
Норильск

Приложение Б

(справочное)

Вспомогательные таблицы

Таблица Б.1 – Длины дуг параллелей и меридианов

Широта, градус	Длина дуги в 1 градус		Широта, градус	Длина дуги в 1градус	
	параллели, км	меридианы, км		параллели, км	меридианы, км
0	111,3		20	104,6	
		110,6			110,7
1	111,3		21	104,0	
		110,6			110,7
2	111,3		22	103,3	
		110,6			110,7
3	111,2		23	102,5	
		110,6			110,7
4	111,1		24	101,8	
		110,6			110,8
5	110,9		25	101,0	
		110,6			110,8
6	110,7		26	100,1	
		110,6			110,8
7	110,5		27	99,3	
		110,6			110,8
8	110,2		28	98,4	
		110,6			110,8
9	110,0		29	97,4	
		110,6			110,8
10	109,6		30	96,5	
		110,6			110,9
11	109,3		31	95,5	
		110,6			110,9
12	108,9		32	94,5	
		110,6			110,9
13	108,5		33	93,5	
		110,6			110,9
14	108,0		34	92,4	
		110,6			110,9
15	107,6		35	91,3	
		110,7			111,0
16	107,0		36	90,2	
		110,7			111,0
17	106,5		37	89,0	
		110,7			111,0
18	105,9		38	87,8	
		110,7			111,0
19	105,3		39	86,6	
		110,7			111,0

Продолжение таблицы Б.1

Широта, градус	Длина дуги в 1 градус		Широта, градус	Длина дуги в 1 градус	
	параллели, км	меридианы, км		параллели, км	меридианы, км
40	85,4				111,5
		111,0	63	50,7	
41	84,1				111,5
		111,1	64	48,9	
42	82,9				111,5
		111,1	65	47,2	
43	81,5				111,5
		111,1	66	45,4	
44	80,2				111,5
		111,1	67	43,6	
45	78,8				111,5
		111,1	68	41,8	
46	77,5				111,6
		111,2	69	40,0	
47	76,1				111,6
		111,2	70	38,2	
48	74,6				111,6
		111,2	71	36,4	
49	73,2				111,6
		111,2	72	34,5	
50	71,7				111,6
		111,2	73	32,6	
51	70,2				111,6
		111,3	74	30,8	
52	68,7				111,6
		111,3	75	28,9	
53	67,1				111,6
		111,3	76	27,0	
54	65,6				111,6
		111,3	77	25,1	
55	64				111,7
		111,4	78	23,2	
56	62,4				111,7
		111,4	79	21,3	
57	60,8				111,7
		111,4	80	19,4	
58	59,1				111,7
		111,4	81	17,5	
59	57,5				111,7
		111,4	82	15,5	
60	55,8				111,7
		111,4	83	13,6	
61	54,1				111,7
		111,5	84	11,7	
62	52,4				111,7

Окончание таблицы Б.1

Широта, градус	Длина дуги в 1 градус		Широта, градус	Длина дуги в 1 градус	
	параллели, км	меридианы, км		параллели, км	меридианы, км
85	9,7		88	3,9	
		111,7			111,7
86	7,8		89	1,9	
		111,7			111,7
87	5,8		90	0	
		111,7			

Таблица Б.2 – Площади полей, заключенных между параллелями и меридианами

Широты, градусы	Площади полей, км^2				
	1°X1°	2°X2°	4°X4°	5°X5°	10°X10°
0–1	12308,90	49228,3	196 800*	307 400*	1 224 900*
1–2	12305,25				
2–3	12297,95	49169,9			
3–4	12287,01				
4–5	12272,42	49053,2	195 900		
5–6	12254,19			305 100	
6–7	12232,33	48878,3			
7–8	12206,83				
8–9	12177,71	48645,3	194 000		
9–10	12144,97				
10–11	12108,61	48354,5		300500	1 188 600
11–12	12068,66				
12–13	12025,11	48006,2	191 200		
13–14	11977,98				
14–15	11927,28	47600,6			
15–16	11873,01			293 800	
16–17	11815,20	47138,1	187 500		
17–18	11753,86				
18–19	11689,00	46619,3			
19–20	11620,63				
20–21	11548,78	46044,5	182 900	284 800	1 116 900
21–22	11473,46				
22–23	11394,68	45414,3			
23–24	11312,48				
24–25	11226,86	44729,4	177 400		
25–26	11137,85			273 700	
26–27	11045,48	43990,5			
27–28	10949,76				
28–29	10850,71	43198,2	171 100		
29–30	10748,37				
30–31	10642,76	42353,3		260 500	1 011500
31–32	10533,91				
32–33	10421,84	41456,8	163 900		
33–34	10306,58				
34–35	10188,16	40509,6			
35–36	10066,62			245 300	
36–37	9941,99	39512,5	156 000		
37–38	9814,29				
38–39	9683,56	38466,8			
39–40	9549,85				
40–41	9413,17	37373,5	147 200	228 200	875 100
41–42	9273,58				
42–43	9131,11	36233,8			
43–44	8985,79				

Окончание таблицы Б.2

Широты, градусы	Площади полей, км^2				
	1°X1°	2°X2°	4°X4°	5°X5°	10°X10°
44–45	8837,67	35048,9	137 700		
45–46	8686,79			209 400	
46–47	8533,19	33820,2			
47–48	8376,93				
48–49	8218,01	32549,1	127 600		
49–50	8056,52				
50–51	7892,49	31236,9		188 900	711 500
51–52	7725,96				
52–53	7556,99	29885,2	116 800		
53–54	7385,63				
54–55	7211,92	28495,7			
55–56	7035,91			166 900	
56–57	6857,67	27069,8	105 400		
57–58	6677,23				
58–59	6494,67	25609,4			
59–60	6310,02				
60–61	6123,35	24116,1	93 400	143 600	525 300
61–62	5934,71				
62–63	5744,16	22591,8			
63–64	5551,76				
64–65	5357,57	21038,5	81 000		
65–66	5161,65			119 100	
66–67	4964,07	19457,9			
67–68	4764,87				
68–69	4564,13	17852,1	68 200		
69–70	4361,90				
70–71	4158,26	16223,0		93 600	322 200
71–72	3953,26				
72–73	3746,97	14572,9	55 000		
73–74	3539,47				
74–75	3330,80	12903,7			
75–76	3121,05			67 400	
76–77	2910,28	11217,7	41 500		
77–78	2698,55				
78–79	2485,94	9516,9			
79–80	2272,51				
80–81	2058,34	7803,7	27 800	40 700	108 600
81–82	1843,50				
82–83	1628,04	6080,2			
83–84	1412,05				
84–85	1195,60	4348,7	14 000		
85–86	978,76			13 600	
86–87	761,59	2611,5			
87–88	544,17				
88–89	326,57	870,9			
89–90	108,87				

Размеры рамок и площадей листов топографических карт масштабов 1:50 000 и 1:100 000 приведены в таблицах Б.3 и Б.4.

В таблицах Б.3 и Б.4 приняты следующие обозначения:

- *B* — широта в градусах и минутах;
- *a* — северная или южная рамки;
- *c* — западная и восточная рамки;
- *d* — диагональ в сантиметрах;
- *P* — площадь в квадратных километрах.

Размеры рамок и площадей листов даны без поправок за искажение проекции.

Таблица Б.3 – Размеры рамок и площадей листов топографических карт масштаба 1:50 000

B	*a*	*c*	*d*	*P*	*B*	*a*	*c*	*d*	*P*
32° 0'	47,25				35° 0'	45.64			
		36,96	59,95	436,21			36.98	58.71	421.58
10	47,16				10	45.55			
		36,96	59,89	435,43			36.98	58.64	420.73
20	47,08				20	45.40			
		36,97	59,82	434,64			36.98	58.57	419.88
30	46,99				30	45.37			
		36,97	59,75	433,85			36.98	58.49	419.02
40	46,90				40	45.27			
		36,97	59,69	433,06			36.99	58.43	418.16
50	46,82				50	45.18			
		36,97	59,62	432,26			36.99	58.35	417.30
33° 0'	46,73				36° 0'	45.08			
		36,97	59,55	431,46			36,99	58,28'	416,44
10	46,73				10	44,99			
		36,97	59,48	430,66			36,99	58,21	415,57
20	46,55				20	44,89			
		36,97	59,41	429,85			36,99	58,13	414,69
30	46,46				30	44,80			
		36,97	59,34	429,04			36,99	58,06	414,69
40	46,37				40	44,70			
		36,98	59,27	428,22			36,99	57,98	412,94
50	46,28				50	44,60			
		36,98	59,20	427,40			36,99	57,91	412,05
34° 0'	46,19				37°0'	44,51			
		36,98	59,13	426,58			36,99	57,84	411,17
10	46,10				10	44,41			
		36,98	59,06	425,76			36,99	57,76	410,27
20	46,01				20	44,31			
		36,98	58,99	424,93			36,99	57,69	409,38
30	45,92				30	44,21			
		36,98	58,92	424,10			36,99	57,62	408,48
40	45,83				40	44,12			
		36,98	58,85	423,26			37,00	57,54	407,58
50	45,74				50	44,02			
		36,98	58,78	422,42				57,47	406,68

Продолжение таблицы Б.3

B	*a*	*c*	*d*	*P*	*B*	*a*	*c*	*d*	*P*
38°0'	43,92				41° 0'	42.07			
		37,00	57,39	405,77			37.02	56.00	388.84
10	43,82				10	41.96			
		37,00	57,31	404,86			37.02	55.92	387.87
20	43,72				20	41.86			
		37,00	57,24	403,94			37.02	55.84	386.89
30	43,62				30	41.75			
		37,00	57,16	403,03			37.02	55.76	385.91
40	43,52				40	41.64			
		37,00	57,08	402,11			37.02	55.68	384.93
50	43,42				50	41.53			
		37,01	57,01	401,18			37.02	55.60	383.94
39° 0'	43.31				42° 0'	41.43			
		37.01	56.93	400.25			37.03	55.53	382.95
10	43.21				10	41.32			
		37.01	56.86	399.32			37.03	55.44	381.96
20	43.11				20	41.21			
		37.01	56.78	398.38			37.03	55.36	380.97
30	43.01				30	41.10			
		37.01	56.70	397.44			37.03	55.28	379.97
40	42.90				40	40.99			
		37.01	56.62	396.50			37.03	55.20	378.96
50	42.80				50	40.88			
		37.01	56.64	395.56			37.03	55.12	377.96
40° 0'	42.70				43° 0'	40.77			
		37.01	56.47	394.61			37.03	55.04	376.95
10	42.59				10	40.66			
		37.01	56.39	393.65			37.03	54.95	375.94
20	42.49				20	40.55			
		37.01	56.31	392.70			37.03	54.87	374.92
30	42.38				30	40.44			
		37.02	56.23	391.74			37.04	54.80	373.90
40	42.28				40	40.33			
		37.02	56.16	390.78			37.04	54.72	372.88
50	42.17				50	40.22			
		37.02	56.08	389.81			37.04	54.63	371.85

Продолжение таблицы Б.3

B	a	c	d	P	B	a	c	d	P
44° 0'	40.10				47° 0'	38.03			
		37.04	54.55	370.82			37.06	53.06	351.77
10	39.99				10	37.91			
		37.04	54.47	369.80			37.06	52.97	350.68
20	39.88				20	37.79			
		37.04	54.38	368.76			37.06	52.89	349.59
30	39.76				30	37.67			
		37.04	54.30	367.72			37.06	52.80	348.49
40	39.65				40	37.55			
		37.04	54.22	366.68			37.06	52.72	347.40
50	39.54				50	37.43			
		37.04	54.14	365.63			37.06	52.63	346.30
45° 0'	39.42				48° 0'	37.31			
		37.05	54.06	364.59			37.06	52.55	345.19
10	39.31				10	37.19			
		37.05	53.97	363.54			37.07	52.47	344.09
20	39.19				20	37.07			
		37.05	53.89	362.48			37.07	52.38	342.98
30	39.08				30	36.95			
		37.05	53.81	361.43			37.07	52.30	341.86
40	38.96				40	36.83			
		37.05	53.72	360.37			37.07	52.21	340.75
50	38.85				50	36.71			
		37.05	53.64	359.30			37.07	52.13	339.63
46° 0'	38.73				49° 0'	36.59			
		37.05	53.56	358.23			37.07	52.04	338.51
10	38.62				10	36.46			
		37.05	53.47	357.16			37.07	51.95	337.38
20	38.50				20	36.34			
		37.05	53.39	356.00			37.07	51.87	336.26
30	38.38				30	36.22			
		37.05	53.30	355.01			37.07	51.79	335.13
40	38.26				40	36.10			
		37.06	53.23	353.93			37.08	51.71	333.99
50	38.15				50	35.97			
		37.06	53.14	352.86			37.08	51.62	332.86

Продолжение таблицы Б.3

B	*a*	*c*	*d*	*P*	*B*	*a*	*c*	*d*	*P*
50° 0'	35.86				53° 0'	33.57			
		37.07	51.53	331.72			37.10	49.99	310.72
10	35.72				10	33.44			
		37.08	51.44	330.58			37.10	49.90	309.53
20	35.60				20	33.31			
		37.08	51.36	329.43			37.10	49.82	308.33
30	35.48				30	33.18			
		37.08	51.28	328.28			37.10	49.73	307.14
40	35.35				40	33.05			
		37.08	51.19	327.13			37.10	49.64	305.94
50	35.23				50	32.92			
		37.08	51.10	325.98			37.10	49.56	304.73
51° 0'	35.10				54° 0'	32.79			
		37.08	51.01	324.82			37.10	49.47	303.53
10	34.97				10	32.66			
		37.08	50.93	323.66			37.10	49.37	302.32
20	34.85				20	32.53			
		37.09	50.85	322.50			37.10	49.30	301.11
30	34.72				30	32.39			
		37.09	50.76	321.33			37.11	49.21	299.89
40	34.59				40	32.26			
		37.09	50.68	320.17			37.11	49.13	298.68
50	34.47				50	32.13			
		37.09	50.59	319.00			37.11	49.04	297.45
52° 0'	34.34				55° 0'	32.00			
		37.09	50.50	317.82			37.11	48.96	296.23
10	34.21				10	31.86			
		37.09	50.41	316.65			37.11	48.87	295.01
20	34.08				20	31.73			
		37.09	50.33	315.47			37.11	48.78	293.78
30	33.96				30	31.60			
		37.09	50.24	314.28			37.11	48.70	292.55
40	33.83				40	31.46			
		37.09	50.16	313.10			37.11	48.61	291.32
50	33.70				50	31.33			
		37.10	50.08	311.91			37.11	48.52	290.08

Продолжение таблицы Б.3

B	a	c	d	P	B	a	c	d	P
56° 0'	31.20				59° 0'	28.74			
		37.12	48.45	288.85			37.13	46.91	266.14
10	31.06				10	28.60			
		37.12	48.36	287.61			37.13	46.83	264.85
20	30.93				20	28.46			
		37.12	48.27	286.36			37.13	46.74	263.56
30	30.79				30	28.32			
		37.12	48.19	285.12			37.14	46.66	262.27
40	30.66				40	28.18			
		37.12	48.10	283.87			37.14	46.58	260.98
50	30.52				50	28.04			
		37.12	48.01	282.62			37.14	46.49	259.69
57° 0'	30.39				60° 0'	27.90			
		37.12	47.93	281.37			37.14	46.41	258.39
10	30.25				10	27.76			
		37.12	47.84	280.11			37.14	46.33	257.09
20	30.11				20	27.62			
		37.12	47.76	278.85			37.14	46.24	255.79
30	29.98				30	27.48			
		37.12	47.67	277.59			37.14	46.16	254.49
40	29.84				40	27.34			
		37.13	47.59	276.33			37.14	46.08	253.16
50	29.70				50	27.20			
		37.13	47.51	275.06			37.14	45.99	251.87
58° 0'	29.57				61° 0'	27.05			
		37.13	47.42	273.79			37.14	45.91	250.56
10	29.43				10	26.91			
		37.13	47.34	272.52			37.15	45.83	249.25
20	29.29				20	26.77			
		37.13	47.25	271.25			37.15	45.75	247.94
30	29.15				30	26.63			
		37.13	47.17	269.98			37.15	45.67	246.62
40	29.02				40	26.49			
		37.13	47.08	268.70			37.15	45.58	245.31
50	28.88				50	26.34			
		37.13	47.00	267.42			37.15	45.50	243.98

Продолжение таблицы Б.3

B	a	c	d	P	B	a	c	d	P
62° 0'	26.20				65° 0'	23.59			
		37.15	45.42	242.66			37.17	43.98	218.48
10	26.06				10	23.44			
		37.15	45.34	241.34			37.17	43.90	217.12
20	25.91				20	23.29			
		37.15	45.25	240.01			37.17	43.83	215.75
30	25.77				30	23.15			
		37.15	45.17	238.68			37.17	43.75	214.39
40	25.63				40	23.00			
		37.15	45.09	237.35			37.17	43.67	213.02
50	25.48				50	22.85			
		37.15	45.01	236.01			37.17	43.59	211.65
63° 0'	25.34				66° 0'	22.70			
		37.15	44.93	234.68			37.17	43.51	210.28
10	25.19				10	22.55			
		37.16	44.85	233.34			37.17	43.44	208.91
20	25.05				20	22.41			
		37.16	44.77	232.00			37.17	43.36	207.53
30	24.90				30	22.26			
		37.16	44.69	230.65			37.17	43.29	206.15
40	24.76				40	22.11			
		37.16	44.61	229.31			37.17	43.21	204.77
50	24.61				50	21.96			
		37.16	44.53	227.96			37.17	43.13	203.39
64° 0'	24.47				67° 0'	21.81			
		37.16	44.45	226.62			37.17	43.06	202.01
10	24.32				10	21.66			
		37.16	44.37	225.27			37.18	42.99	200.62
20	24.17				20	21.51			
		37.16	44.29	223.91			37.18	42.92	199.23
30	24.03				30	21.36			
		37.16	44.21	222.56			37.18	42.84	197.85
40	23.88				40	21.21			
		37.16	44.13	221.20			37.18	42.77	196.45
50	23.74				50	21.06			
		37.16	44.06	219.84			37.18	42.69	195.06

Окончание таблицы Б.3

B	*a*	*c*	*d*	*P*	*B*	*a*	*c*	*d*	*P*
68° 0'	20.91				70° 0'	19.09			
		37.18	42.62	193.67			37.19	41.77	176.80
10	20.76				10	18.94			
		37.18	42.55	192.27			37.19	41.70	175.39
20	20.61				20	18.79			
		37.18	42.47	190.87			37.19	41.63	173.97
30	20.46				30	18.64			
		37.18	42.40	189.47			37.19	41.56	172.55
40	20.31				40	18.48			
		37.18	42.33	188.07			37.19	41.49	171.13
50	20.16				50	18.33			
		37.18	42.26	186.67			37.19	41.43	169.71
69° 0'	20.01				71° 0'	18.18			
		37.18	42.18	185.26			37.19	41.36	168.29
10	19.85				10	18.02			
		37.18	42.11	183.86			37.19	41.29	166.86
20	19.70				20	17.87			
		37.19	42.05	182.45			37.19	41.23	165.44
30	19.55				30	17.71			
		37.19	41.98	181.04			37.19	41.16	164.00
40	19.40				40	17.56			
		37.19	41.91	179.63			37.19	41.10	162.58
50	19.25				50	17.41			
		37.19	41.84	178.22			37.20	41.04	161.15
					72° 0'	17.25			

Таблица Б.4 – Размеры рамок и площадей листов топографических карт масштаба 1:100 000

B	*a*	*c*	*d*	*P*	*B*	*a*	*c*	*d*	*p*
32° 0'	47.25				39° 0'	43.31			
		36.96	59.92	1743.28			37.01	56.89	1599.14
20	47.08				20	43.11			
		36.97	59.79	1736.99			37.01	56.74	1591.66
40	46.90				40	42.90			
		36.97	59.65	1730.65			37.01	56.58	1584.12
33° 0'	46.73				40° 0'	42.70			
		36.97	59.62	1724.24			37.01	56.43	1576.53
20	46.55				20	42.49			
		36.97	59.37	1717.78			37.02	56.28	1568.88
40	46.37				40	42.28			
		36.97	59.23	1711.26			37.02	56.12	1561.18
34° 0'	46.19				41° 0'	42.07			
		36.98	59.10	1704.68			37.02	55.96	1553.42
20	46.01				20	41.86			
		36.98	58.96	1698.05			37.02	55.80	1545.61
40	45.83				40	41.64			
		36.98	58.81	1691.35			37.02	55.64	1537.75
35° 0'	45.64				42° 0'	41.43			
		36.98	58.67	1684.60			37.03	55.48	1529.84
20	45.46				20	41.21			
		36.98	58.53	1677.79			37.03	55.32	1521.87
40	45.27				40	40.99			
		36.99	58.39	1670.92			37.03	55.16	1513.85
36° 0'	45.08				43° 0'	40.77			
		36.99	58.24	1664.00			37.03	54.99	1505.78
20	44.89				20	40.55			
		36.99	58.09	1657.02			37.03	54.83	1497.65
40	44.70				40	40.33			
		36.99	57.95	1649.98			37.04	54.67	1489.47
37° 0'	44.51				44° 0'	40.10			
		36.99	57.80	1642.88			37.04	54.51	1481.24
20	44.31				20	39.88			
		37.00	57.65	1635.73			37.04	54.34	1472.96
40	44.12				40	39.65			
		37.00	57.50	1628.53			37.04	54.18	1464.63
38° 0'	43.92				45° 0'	39.42			
		37.00	57.35	1621.26			37.05	54.01	1456.25
20	43.72				20	39.19			
		37.00	57.20	1613.95			37.05	53.85	1447.82
40	43.52				40	38.96			
		37.00	57.04	1606.57			37.05	53.68	1439.33

Продолжение таблицы Б.4

B	a	c	d	P	B	a	c	d	P
46° 0'	38.73	37.05	53.51	1430.80	53° 0'	33.57	37.10	49.95	1240.52
20	38.50	37.05	53.35	1422.22	20	33.31	37.10	49.77	1230.95
40	38.26	37.06	53.18	1413.58	40	33.05	37.10	49.60	1221.34
47° 0'	38.03	37.06	53.02	1404.90	54° 0'	32.79	37.10	49.43	1211.69
20	37.79	37.06	52.84	1396.17	20	32.53	37.11	49.26	1202.00
40	37.55	37.06	52.67	1387.39	40	32.26	37.11	49.09	1192.26
48° 0'	37.31	37.07	52.51	1378.56	55° 0'	32.00	37.11	48.91	1182.49
20	37.07	37.07	52.34	1369.68	20	31.73	37.11	48.74	1172.67
40	36.83	37.07	52.17	1360.76	40	31.46	37.11	48.57	1162.80
49° 0'	36.59	37.07	52.00	1351.79	56° 0'	31.20	37.12	48.40	1152.90
20	36.34	37.07	51.83	1342.77	20	30.93	37.12	48.23	1142.96
40	36.10	37.08	51.66	1333.70	40	30.66	37.12	48.06	1132.97
50° 0'	35.85	37.08	51.49	1324.59	57° 0'	30.39	37.12	47.88	1122.95
20	35.60	37.08	51.32	1315.43	20	30.11	37.12	47.71	1112.88
40	35.35	37.08	51.14	1306.22	40	29.84	37.13	47.55	1102.78
51° 0'	35.10	37.08	50.97	1296.97	58° 0'	29.57	37.13	47.38	1092.64
20	34.85	37.09	50.80	1287.68	20	29.29	37.13	47.21	1082.46
40	34.59	37.09	50.63	1278.33	40	29.02	37.13	47.04	1072.24
52° 0'	34.34	37.09	50.46	1268.94	59° 0'	28.74	37.13	46.87	1061.98
20	34.08	37.09	50.29	1259.51	20	28.46	37.14	46.71	1051.68
40	33.83	37.10	50.12	1250.04	40	28.18	37.14	46.54	1041.35

Продолжение таблицы Б.4

B	a	c	d	P	B	a	c	d	P
60° 0'	27.90	37.14	46.37	1030.98	68° 0'	20.91	37.18	42.58	771.88
20	27.62	37.14	46.20	1020.57	20	20.61	37.18	42.44	760.70
40	27.34	37.14	46.03	1010.13	40	20.31	37.18	42.29	749.49
61° 0'	27.05	37.14	45.86	999.64	69° 0'	20.01	37.18	42.15	738.25
20	26.77	37.15	45.71	989.13	20	19.70	37.19	42.01	726.99
40	26.40	37.15	45.54	978.58	40	19.40	37.19	41.87	715.70
62° 0'	26.20	37.15	45.38	967.90	70° 0'	19.09	37.19	41.74	704.39
20	25.91	37.15	45.21	957.37	20	18.79	37.19	41.60	693.05
40	25.63	37.15	45.05	946.72	40	18.48	37.19	41.46	681.69
63° 0'	25.34	37.16	44.90	936.03	71° 0'	18.17	37.19	41.33	670.30
20	25.05	37.16	44.73	925.30	20	17.87	37.19	41.19	658.88
40	24.76	37.16	44.57	914.55	40	17.56	37.20	41.07	647.45
64° 0'	24.47	37.17	43.94	871.20	72° 0'	17.25	37.20	40.94	635.99
20	23.29	37.17	43.79	860.29	20	16.94	37.20	40.81	624.50
40	23.00	37.17	43.63	849.34	40	16.63	37.20	40.68	613.00
66° 0'	22.70	37.17	43.48	838.36	73° 0'	16.32	37.20	40.56	601.47
20	22.41	37.17	43.33	827.35	20	16.01	37.20	40.44	589.92
40	22.11	37.17	43.17	816.32	40	15.70	37.20	40.32	578.35
67° 0'	21.81	37.18	43.03	805.25	74° 0'	15.39	37.20	40.20	566.75
20	21.51	37.18	42.88	794.15	20	15.08	37.21	40.09	555.14
40	21.21	37.18	42.73	783.03	40	14.76	37.21	39.97	543.51

Окончание таблицы Б.4

B	*a*	*c*	*d*	*P*	*B*	*a*	*c*	*d*	*P*
75° 0'	14.45				78° 0'	11.61			
		37.21	39.86	531.85			37.22	38.94	426.16
20	14.14				20	11.29			
		37.21	39.75	520.18			37.22	38.85	414.33
40	13.82				40	10.97			
		37.21	39.64	508.49			37.22	38.76	402.48
76° 0'	13.51				79° 0'	10.65			
		37.21	39.53	496.78			37.22	38.67	390.63
20	13.19				20	10.34			
		37.21	39.43	485.05			37.22	38.59	378.76
40	12.88				40	10.02			
		37.21	39.32	473.31			37.22	38.50	366.87
77° 0'	12.56				80° 0'	9.70			
		37.21	39.22	461.54					
20	12.24								
		37.21	39.12	449.76					
40	11.93								
		37.22	39.04	437.97					

Определение размеров рамок и площадей для листов топографических карт масштаба 1:25 000 и 1:10 000 производится по таблице Б.4 для масштаба 1:50 000.

Размеры листов карт масштаба 1:25 000 со значениями широты, кратными 10', выбираются непосредственно из таблиц. Для значений, кратных 5', необходимо найти среднее из двух соседних значений. Размеры западной и восточной рамок выбираются также из таблиц. Площадь листа масштаба 1:25 000 определяется путем деления площади листа в масштабе 1:50 000 на 4. Для определения размеров рамок листов карт масштаба 1:10 000 необходимо для рамок со значениями широты, кратными 10', размеры, выбранные из таблиц, увеличить на 1,25. Для рамок со значениями широты, кратными 2,5', сначала необходимо определить размеры по данным таблиц путем интерполяции на четыре части, а затем увеличить на 1,25. Например, лист карты имеет рамки с широтами 54°45'00" и 54°47'30". Ближайшая широта, для которой имеются данные в таблице, 54°50'. Размер рамки составляет 32,13 см. Разность между соседними значениями — 0,13 см.

На 2,5' приходится 0,0325 см. Таким образом, размер северной рамки (54°47'30") $a_с$=(32,13+0,03)·1,25=40,20 см, а южной рамки (54°45'00") $a_ю$=(32,13+0,06)·1,25=40,24 см. Западная и восточная рамки и диагональ определяются по ближайшим табличным данным и увеличиваются на 1,25. Площадь листа определяется путем деления на 16 значения площади, выбранного из таблицы, для соответствующего по широте листа карты масштаба 1:50 000. Например, для приведенного выше листа площадь P = 298,68 / 16 = 18,67 км^2 [1].

В таблице Б.5 приведены площади трапеций карт в зависимости от широты местности.

Таблица Б.5 – Площади трапеций размерами в 1х1°, 2х2°, 5х5° км²

Широта, градус	1х1°	2х2°	5х5°	Широта, градус	1х1°	2х2°	5х5°
0	12308,90	49228,3	307358	26	11137,85	43990,5	273661
1	12305,25			27	11045,48		
2	12297,95	49169,9		28	10949,76	43198,2	
3	12287,01			29	10850,71		
4	12272,42	49053,2		30	10748,37	42353,3	
5	12254,19			31	10642,76		
6	12232,33	48878,3	305080	32	10533,91	41456,8	260466
7	12206,83			33	10421,84		
8	12177,71	48645,3		34	10306,58	40509,6	
9	12144,97			35	10188,16		
10	12108,61	48354,5		36	10066,62	39512,5	245282
11	12068,66			37	9941,99		
12	12025,11	48006,2	300538	38	9814,29	38466,8	
13	11045,48			39	9683,56		
14	11927,28	47600,6		40	9549,85	37373,5	
15	11873,01			41	9413,17		
16	11815,20	47138,1		42	9273,58	36233,8	228207
17	11753,86			43	9131,11		
18	11689,00	46619,3	293759	44	8985,79	35048,9	
19	11620,63			45	8837,67		
20	11548,78	46044,5		46	8686,79	33820,2	
21	11473,46			47	8533,19		
22	11394,68	45414,3	284781	48	8376,93	32549,1	209357
23	1131248			49	8218,01		
24	11226,86	44729,4		50	8056,52		
25					7892,49		

Окончание таблицы Б.5

Широта, градус	1x1°	2x2°	5x5°	Широта, градус	1x1°	2x2°	5x5°
51		31236,9		71		16223,0	
	7725,96				3953,26		
52				72			93644
	7556,99		188865		3746,97		
53		29885,2		73		14572,9	
	7385,63				3539,47		
54				74			
	7211,92				3330,80		
55		28495,7		75		12903,7	
	7035,91				3121,05		
56				76			
	6857,67				2910,28		
57		27069,8		77		11217,7	67442
	6677,23		166877		2698,55		
58				78			
	6494,67				2485,94		
59		25609,4		79		9516,9	
	6310,02				2272,51		
60				80			
	6123,35				2058,34		
61		24116,1		81		7803,7	
	5934,71				1843,50		
62				82			
	5744,16		143558		1628,04		40688
63		22591,8		83		6080,2	
	5551,76				1412,05		
64				84			
	5357,57				1195,60		
65		21038,5		85		4348,7	
	5161,65				978,76		
66				86			
	4964,07				761,59		
67		19457,9		87		2611,5	
	4764,87		119083		544,17		13600
68				88			
	4564,13				326,57		
69		17852,1		89		870,9	
	4361,90				108,87		
70				90			
	4158,26						

Приложение В
(рекомендуемое)

Примеры определения гидрографических характеристик

В.1 Определения гидрографических характеристик реки Вердыэрк традиционными методами

Река Вердыэрк протекает на юге Чеченской Республики и впадает в реку Аргун в районе села Шатой. Рельеф местности – типично горный, с большими перепадами высот. Грунты сухие, непросадочные.

В данных ГВР [13] река представлена под названием Верды-Эрк (таблица В.1). В то время как на топографических картах К-38-44 в масштабе 1:100 000, издания 2005 г. название реки – Вердыэрк. (рисунок В.1).

Таблица В.1 – Река Вердыэрк (по данным ГВР [13])

Код водного объекта	07020001212108200005962
Тип водного объекта	Река
Название	Верды-Эрк
Местоположение	64 км по пр. берегу р. Аргун
Впадает в	Река Аргун (Чанты-Аргун, Аргун) в 64 км от устья
Бассейновый округ	Западно-Каспийский бассейновый округ
Речной бассейн	Реки бассейна Каспийского моря междуречья Терека и Волги
Речной подбассейн	Нет
Водохозяйственный участок	Сунжа от г. Грозный до впадения р. Аргун
Длина водотока	15 км
Водосборная площадь	87,2 км²
Код по гидрологической изученности	108200596
Номер тома по ГИ	8
Выпуск по ГИ	2

Вычисления гидрографических характеристик для водосбора реки Вердыэрк производились по бумажной топографической карте масштаба 1:100 000 с помощью палетки 0,2х0,2 см и курвиметра КУ-А (см. таблицы В.2 – В.6) в соответствии с разделом 8.

Перед началом измерений была произведена поверка приборов, проверка качества и актуальности карты в соответствии с [1].
Границы водосбора реки на рисунке В.1 показаны красным цветом.

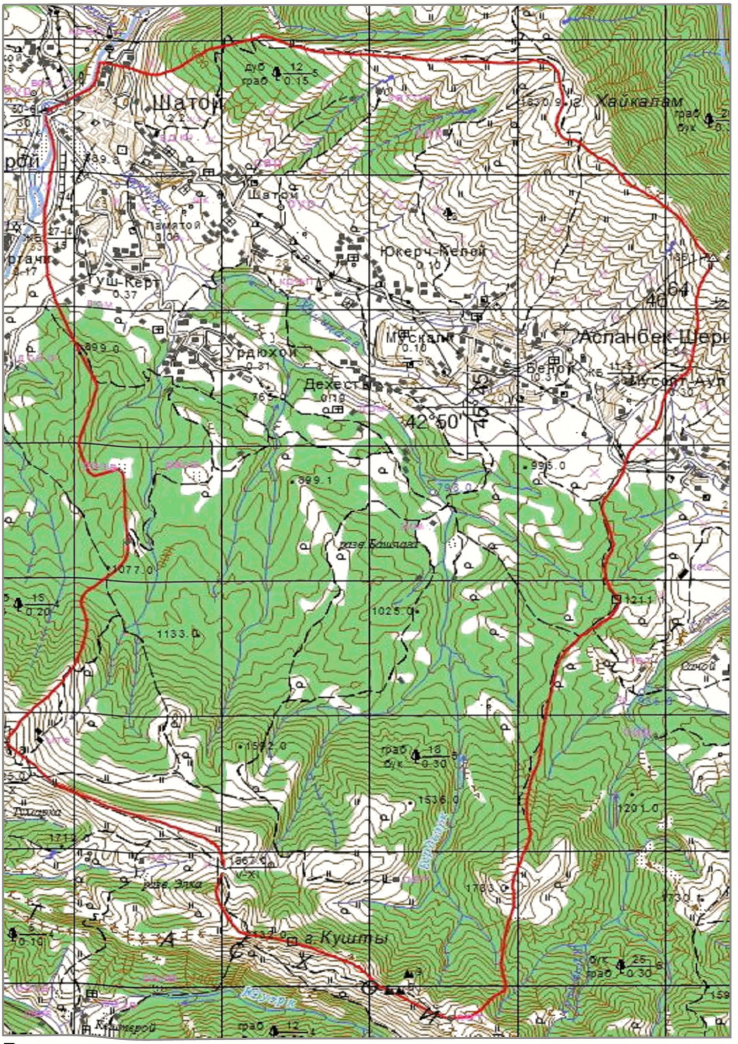


Рисунок В.1. – Фрагмент топографической карты К-38-44 на район исследования

Таблица В.2 – Ведомость измерения длины реки (водотока)

Поправка курвиметра Δl= +0,001 см на 1 см Масштаб 1:100 000

Река – пункт	Длина реки и ее участков (1-е, 2-е измерение и среднее), км		Гидрографическая длина реки до устья (1-е, 2-е измерение и среднее с учетом Δl), км	Границы участка реки	Высота концов участков, м абс.	Длина участка реки l, см			Поправка к длине участка, см	Исправленная длина участка l_i		Гидрографическая длина участка от устья L_i, км	Гидрографическая длина участка от истока L_i, км	Примечание
	от истока	от устья				1-е измерение, см	2-е измерение, см	Среднее значение, см		см	км			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16
Вердыэрк – гидропост Дехесты	1) 8,3	1) 7,5	1) 15,8	Исток реки Вердыэрк	1600	1,3	1,3	1,3	0	1,3	1,3	15,7	0	
	2) 8,2	2) 7,7	2) 15,6	Горизонталь	1400	1,7	1,7	1, 7	0	1,7	1,7	14,4	1,3	
	Ср. 8,2	Ср. 7,6	Ср. 15,7	"	1200	1,0	1,0	1,0	0	1,0	1,0	12,7	3,0	
Вердыэрк – устье	1) 15,6	0		"	1000	3,6	3,6	3,6	0	3,6	3,6	11,7	4,0	
	2) 15,8	0		Гидропост Дехесты	800	4,2	4,2	4,2	-0,1	4,1	4,1	8,1	7,6	
	Ср.15,7	0		Горизонталь	600	4,1	4,1	4,1	-0,1	4,0	4,0	4,0	11,7	
				Устье реки Вердыэрк	477			Σ=15,9				0	15,7	

Таблица В.3 – Ведомость измерения площади палеткой по километровой сетке

№ по списку	Река – пункт	Картографические материалы			Площадь по километровой сетке			
		Номенклатура карт	Масштаб	Год составления	Количество целых клеток километровой сетки	Количество клеток палетки 0,2х0,2 см	Количество км^2 в клетке	Площадь F', км^2
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Вердыэрк – устье, F=92,0 км^2	К–38–044	1:100 000	2001	44	1226	0,04	93,0
	Итого:				44		49,0	

Таблица В.4 – Ведомость определения координат гипсографической кривой и средней высоты водосбора

Река – пункт, F, км^2	№ горизонтального сечения	Высота поверхности горизонтального сечения H_i, м	Площадь между горизонталями f_i, см^2	Площадь горизонтального сечения			Определение средней высоты водосбора		
				F'_i, см^2	F'_i, км^2	$F_i/F\cdot100\%$	$0,5\cdot(H_i+H_{i+1})$, м	F_i, %	Графы 8·9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Верды эрк – устье, F=92,0	1	2000	2,8	2,8	2,8	3,1	1900	3	5700
	2	1800							
			8,7	8,7	8,7	9,5	1700	10	17000
	3	1600							
			10,5	10,5	10,5	11,4	1500	11	16500
	4	1400							
			8,9	8,9	8,9	9,7	1300	10	13000
	5	1200							
			20,0	20,0	20,0	21,7	1100	22	24200
	6	1000							
			23,0	23,0	23,0	25,0	900	25	22500
	7	800							
			13,4	13,4	13,4	14,6	700	15	10500
	8	600							
			3,1	3,1	3,1	3,4	538	3	1614
	9	477							
	10								
							$H_{ср}$=∑(Графы 8·9)/100=1110 м		

Таблица В.5 – Ведомость определения среднего уклона водосбора

Река – пункт, площадь водосбора F, км^2	Отметки высот горизонталей H_i, м	Длина горизонталей l_i, км	$\frac{l_i + l_{i+1}}{2}$ км	$h_i = H_{i+1} - H_i$, м	Графы (4)·(5)	$\bar{J}_B = \frac{\sum[\text{Графа 6}]}{F}$, ‰
1	2	3	4	5	6	7
Вердыэрк – устье, F=92,0	1800	19,1	21,3	200	4260	259
	1600 1400	23,4 21,0	22,2 21,1	200 200	4440 4220	
	1200 1000	21,2 30,6	25,9 25,6	200 200	5180 5120	
	800 600	20,5 9,3	4,7	133	625	
	477	0				
				Σ=	23845	

Определение среднего уклона водотока производилось, согласно 7.2.2:

$H_п$=2100 м – отметка высоты истока реки Вердыэрк.

H_0=477 м – отметка высоты уреза воды в устье реки Вердыэрк.

L=15,9 км – длина водотока между истоком и устьем.

$J = \frac{(H_п - H_0)}{L}$= (2100–477)/15,9 = 102 ‰ - средний уклон реки.

Таблица В.6 – Ведомость определения густоты речной сети

Название главной реки – пункты, *L*, км; *F*, км^2	№ п/п	Название притоков	Куда и с какого берега впадает река	Место впадения, км от устья	Длина притока *l*, км	Густота речной (см. формула 7.19), км/км^2
2	3	4	5	6	7	8
Вердыэрк – устье, *L*=15,9 *F*=92,0	1	Без названия	Вердыэрк (л)	3,1	1,3	0,64
	2	Без названия	Вердыэрк (л)	3,9	7,4	
	3	Без названия	Руч. (л)	1,6	1,2	
	4	Без названия	Руч. (л)	5,38	1,7	
	5	Без названия	Вердыэрк (л)	5,2	6,2	
	6	Без названия	Руч. (л)	1,64	1,9	
	7	Без названия	Руч. (л)	9,4	1,0	
	8	Без названия	Вердыэрк (л)	10,7	4,3	
	9	Без названия	Руч. (л)	1,8	1,9	
	10	Без названия	Руч. (л)	2,8	1,2	
	11	Без названия	Вердыэрк (л)	14,3	1,7	
	12	Руч.	Вердыэрк (л)	14,9	1,1	
	13	Без названия	Вердыэрк (п)		1,7	
	14	Без названия	Вердыэрк (п)		2,6	
	15	Без названия	Вердыэрк (п)		1,6	
	16	Руч. Ханикале	Вердыэрк (п)	3,5	8,0	
	17	Без названия	Руч. Ханикале (л)	4,3	3,1	
	18	Без названия	Руч. (п)	0,6	1,2	
	19	Без названия	Руч. Ханикале (п)	2,2	2,9	
	20	Без названия	Руч. (п)	1,2	1,3	
	21	Без названия	Вердыэрк (п)	8,0	1,8	
	22	Руч.	Вердыэрк (п)	8,7	2,4	
	23	Без названия	Вердыэрк (п)	10,8	1,5	
				Σ=	59,0	

Определение извилистости реки производилось, согласно 7.2.3.

L = 15,9 км – длина реки Вердыэрк.

d = 13,6 км – расстояние от истока до устья реки Вердыэрк.

Гидрографическая извилистость определяется отношением длины реки к длине ее долины или зоны извилистости: *L*/*d* = 1,17.

Согласно таблице 7.2 определяем, что река Вердыэрк – слабоизвилистая.

В.2 Определения гидрографических характеристик реки Вердыэрк по цифровой карте с использованием ГИС «Панорама»

Все необходимые измерения гидрографических характеристик выполнялись по цифровой топографической карте К-38-44 в проекции Гаусса-Крюгера (зона 8) масштаба 1:100 000. Линия водораздела реки была проведена по цифровой карте с учетом рельефа местности и расположения сети ручьев.

Схема бассейна реки Вердыэрк представлена на рисунке В.2. Для выполнения работы была использована отечественная программа ГИС «Панорама».

Вычисления производились в соответствии с разделом 9.

Из цифровой топографической карты была создана цифровая сеточная модель водосбора реки Вердыэрк (рисунок В.3), по которой определены средняя высота водосбора и средний уклон склонов водосбора. Продольный профиль реки Вердыэрк был получен по линии реки, наложенной на цифровую модель рельефа местности (рисунок В.4), поперечный профиль был проведен по нормали к реке (рисунок В.5).

В результате прямых измерений по цифровой карте (координаты водных объектов, длины водотоков, длина, ширина и площадь водосбора), расчетов по цифровой модели местности (средняя высота бассейна, уклон склонов водосбора) и расчетов по формулам (густота речной сети, средний уклон водотока) получены гидрографические характеристики реки Вердыэрк и ее водосбора (таблица В.7).

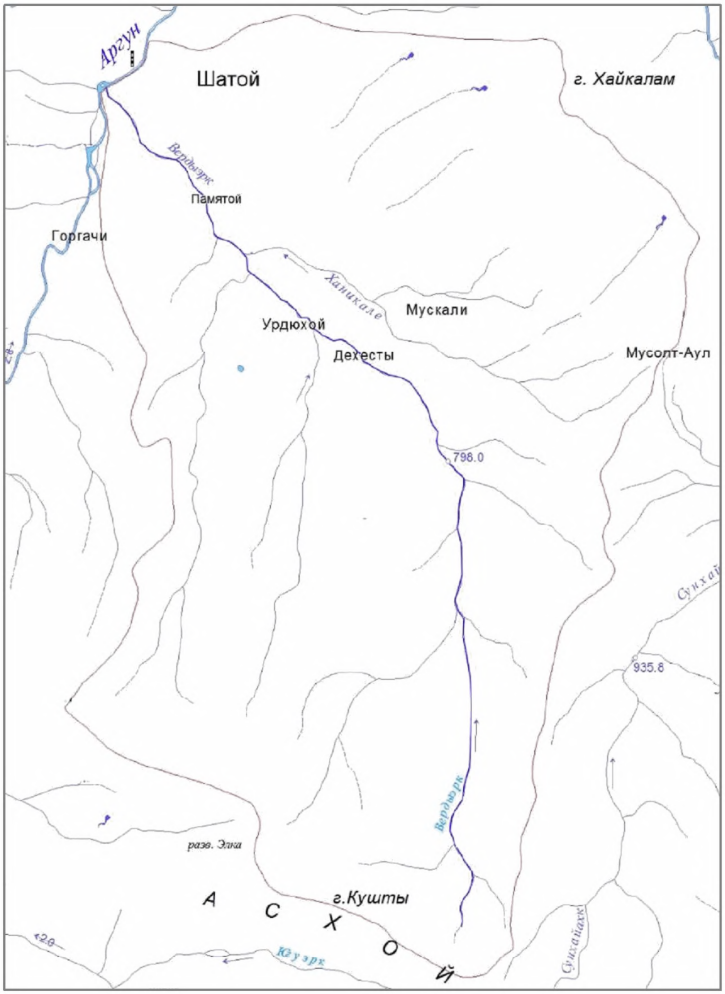


Рисунок В.2 – Схема бассейна реки Вердыэрк

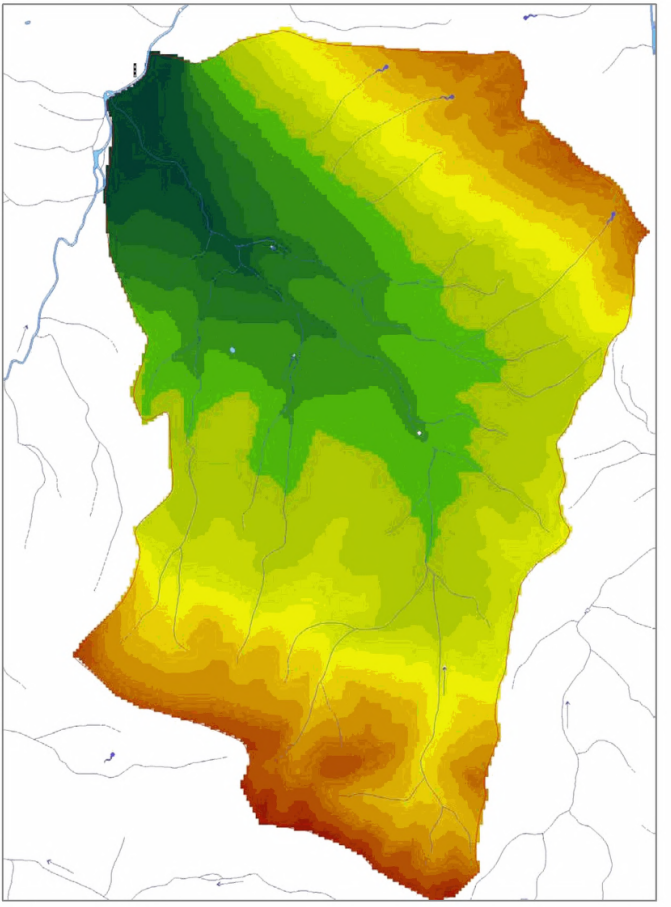


Рисунок В.3 – Цифровая сеточная модель водосбора реки Вердыэрк

Рисунок В.4 – Продольный профиль реки Вердыэрк

Рисунок В.5 – Поперечный профиль реки Вердыэрк в 1,2 км от устья

Таблица В.7 – Гидрографические характеристики реки Вердыэрк и ее водосбора

Характеристика	Традиционные методы	С использованием ГИС «Панорама»	Справочные данные [13], [14]
Координаты центра тяжести водосбора	42°49.5'N, 45°43.7'E	42°49'26".04N, 45°43'42".92E	–
Площадь водосбора, км^2	92,0	91,6	87,2
Средний уклон склонов водосбора, ‰	259	210	–
Средняя высота водосбора, м	1110	1132	–
Густота речной сети, км/км^2	0,64	0,71	–
Длина реки, км	15,9	15,7	15,0
Извилистость реки	1,17	1,13	–
Средний уклон реки, ‰	102	102	–
Относительная лесистость, %	48	49	–
Относительная озерность, %	0,5	0,6	–
Относительная заболоченность, %	0	0	–
Урбанизированность, %	6	5	–

Библиография

[1] Руководство по определению гидрографических характеристик картометрическим способом. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 97 с.

[2] СТО ГГИ 52.08.40–2017 Определение морфометрических характеристик водных объектов суши и их водосборов с использованием технологии географических информационных систем по цифровым картам Российской Федерации и спутниковым снимкам

[3] Требования к государственным топографическим картам и планам, включая требования к составу сведений, отображаемых на них, к условным обозначениям указанных сведений, требования к точности государственных топографических карт и государственных топографических планов, к формату их представления в электронной форме, требованиям к содержанию топографических карт, в том числе рельефных карт, утвержденные Приказом Минэкономразвития от 06.06.2017 № 271 (с изменениями на 11.12.2017 г.).

[4] Постановление Правительства РФ от 24.11.2016 №1240 «Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы».

[5] Вахрамеева Л.А. Картография. – М.: изд. "Недра", 1981. – 224 с.

[6] Герасимов А.П., Назаров В.Г. Местные системы координат. – М: ООО «Изд. Проспект», 2010. – 64 с.

[7] Методические указания управлениям гидрометслужбы № 56. Картометрические работы для получения гидрографических характеристик. - Л.: Гидрометеоиздат, 1960. – 97 с.

[8] Военная топография /под ред. Николаева А.С. – М.: Воениздат, 1977. – 280 с.

[9] Общая цифровая картографическая основа для применения в информационных системах и комплексах Росгидромета (ЦКО Росгидромета), Версия 1.0. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2014. – 34 с.

[10] Правила определения местоположения береговой линии (границы водного объекта), случаев и периодичности ее определения (утверждены постановлением Правительства РФ от 29 апреля 2016 г. N 377).

[11] ГИС "Панорама" ПАРБ.00046-03 98 03 ЛУ. Программное изделие. Прикладные задачи. Расчеты по карте. Версия 12. – Ногинск: © Панорама, 2018, 58 с. [Электронный ресурс]: gost.e-ecolog.ru

[12] Геоинформационная система "Карта 2011". Комплекс гидрологических задач. Руководство пользователя. Версия 4.1. – Ногинск: © Панорама 1991-2013. [Электронный ресурс]: gost.e-ecolog.ru

[13] Государственный водный реестр [Электронный ресурс]: http://textual.ru/gvr/

[14] Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. – Л.: Гидрометеоиздат, 1964. – Т. 8, вып.2. – 432 с.

Ключевые слова: гидрографические характеристики, картографический способ, уклон реки, уклон водосбора, водораздел, площадь водосбора, длина реки, средняя высота водосбора, профиль реки, извилистость реки, объемная кривая водоема, центр тяжести водосбора, густота речной сети

Лист регистрации изменений

Номер изменения	Номер страницы				Номер документа (ОРН)	Подпись	Дата	
	измененной	замененной	новой	аннулированной			внесения изменений	введения изменений

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(РОСГИДРОМЕТ)**

ПРИКАЗ

20.12.2018 Москва № 554

О введении в действие рекомендаций Р 52.08.874-2018 «Определение гидрографических характеристик картографическим способом»

В целях совершенствования методов определения гидрографических характеристик водных объектов и водосборов картографическим способом п р и к а з ы в а ю:

1. Ввести в действие с 01.01.2019 рекомендации Р 52.08.874-2018 «Определение гидрографических характеристик картографическим способом» (далее – Р 52.08.874-2018), утвержденные руководителем Росгидромета М.Е. Яковенко от 14.12.2018.

2. Руководителям подведомственных Росгидромету учреждений обеспечить в установленном порядке изучение и применение Р 52.08.874-2018 для определения гидрографических характеристик водных объектов и водосборов картографическим способом.

3. ФГБУ «ГГИ» (В.А. Кузьмин) осуществлять методическую помощь подведомственным Росгидромету учреждениям в применении Р 52.08.874-2018.

4. Контроль исполнения настоящего приказа возложить на начальника УНСГ Росгидромета И.А. Евдокимова.

Руководитель Росгидромета М.Е. Яковенко

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
Управление делами, правового обеспечения и кадров

gost.e-ecolog.ru