

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ГОУ ВО ВГУ)

Геологический факультет  
Кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии

Н.А. Корабельников, Ю.А. Устименко, С.П. Пасмарнова

**ПОЛЕВЫЕ МЕТОДЫ  
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ИНЖЕНЕРНО-  
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Учебно-методическое пособие для вузов

Воронеж  
Издательский дом ВГУ  
2022

УДК 556.3+624.131.1 (075.8)  
ББК 26.3  
К66

Утверждено решением Ученого совета геологического факультета  
Воронежского государственного университета 19.05.2022 года,  
протокол № \_\_\_\_\_.

Авторы:

Н.А. Корабельников, Ю.А. Устименко, С.П. Пасмарнова

Рецензент –

доктор геолого-минералогических наук, профессор В. М. Ненахов

Полевые методы гидрогеологических и инженерно-геологических исследований: учебное пособие / Н.А. Корабельников, Ю.А. Устименко, С.П. Пасмарнова. – Воронежский государственный университет. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2022. – 181 с.

Учебное пособие подготовлено для проведения полевой практики студентов 2-го курса, обучающихся по профилю «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания». Состав методов обусловлен местоположением базы полевых практик «Никель» в Майкопском районе республики Адыгея и включает: полевые маршрутные гидрологические, гидрогеологические и инженерно-геологические исследования; стационарные режимные наблюдения за поверхностными и подземными водами, за развитием современных экзогенных геологических процессов; а также приемы и методы формирования, накопления и обработки первичной полевой информации.

УДК 556.3+624.131.1 (075.8)  
ББК 26.3

ISBN \_\_\_\_\_ © Н.А. Корабельников, Ю.А. Устименко, С.П. Пасмарнова  
составление, 2022  
© Оформление. Издательский дом ВГУ, 2022

## Содержание

Введение .....	7
1. Краткая характеристика физико-географических, геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий района практики .....	10
2. Изучение приречного режима подземных вод .....	34
3. Изучение поверхностных проявлений подземных вод (родники, мочажины) .....	44
4. Гидрометрические исследования на малых реках и ручьях .....	58
5. Изучение карстовых процессов на плато Лагонаки .....	72
6. Маршрутные инженерно-геологические исследования.....	89
7. Стационарные наблюдения за развитием оползневых процессов и процессов овражной эрозии .....	119
8. Маршрутные гидрологические и гидрогеологические наблюдения.....	128
9. Полевые гидрохимические исследования.....	146
ЛИТЕРАТУРА.....	169
Приложение 1. Форма журнала наблюдений за уровнем и температурой подземных и поверхностных вод .....	172
Приложение 2. Образец титульной страницы полевого дневника.....	173
Приложение 3. Акт обследования родника .....	174
Приложение 4. Бланк этикетки проб воды на химический анализ .....	175
Приложение 5. Журнал химического анализа воды .....	176
Приложение 6. Результаты химического анализа подземных вод 2021 г. 177	
Приложение 7. Титул и содержание отчета о практике.....	182

## Список рисунков

Рис. 1.1 - База практик ВГУ "Никель" .....	10
Рис. 1.2 - Фрагмент геологической карты дочетвертичных отложений масштаба 1:200000 лист L-37-XXXV (Майкоп) .....	15
Рис. 1.3 - Схематический геологический разрез ДКМ и его обрамления по профилю Хамышки – Каменномосткий .....	16
Рис. 1.4 - Фрагмент геологической карты четвертичных отложений масштаба 1:200000 .....	20
Рис. 1.5 - Фрагмент условных обозначений к геологической карте четвертичных отложений масштаба 1:200000 .....	21
Рис. 2.1 - Принципиальная схема электроуровнемера .....	37
Рис. 2.2 - Схема расположение наблюдательных скважин и родника .....	39
Рис. 2.3 – Измерение уровня воды в р. Белая .....	39
Рис. 2.4 – Устройство гидроуровня .....	40
Рис. 2.5 – Графики колебания уровня подземных вод в наблюдательных скважинах и р. Белая .....	43
Рис. 3.1 - Прямок на роднике №1 .....	51
Рис. 3.2 - Расположение источников подземных вод – точки наблюдения №№ 1, 2, 3 .....	54
Рис. 3.3 - Местоположение и внешний вид родника №4 .....	56
Рис. 4.1 - Профиль живого сечения реки .....	61
Рис. 4.2 - Конструкция поверхностных поплавков .....	62
Рис. 4.3 - Схема расположения створов при измерении скорости течения поплавками .....	64
Рис. 5.1 - Фрагмент геологической карты дочетвертичных отложений масштаба 1:200000 листы L-37-XXXV (Майкоп), L-37-XXXIV (Туапсе) .....	74
Рис. 5.2 - Фрагмент геологического разреза .....	75
Рис. 5.3 - Карстовые формы рельефа .....	77
Рис. 5.4 - Трасса маршрута по изучению поверхностных форм карста (Google Earth, 2021) .....	84
Рис. 5.5 - Фрагмент космического снимка - 1 (Bing, 2020г.) .....	85
Рис. 5.6 - Фрагмент космического снимка - 2 (Bing, 2020 г.) .....	86
Рис. 6.1 - Строение оползня. (Ломтадзе, 1977) .....	107
Рис. 6.2 - Форма очертаний оползней в плане: а) циркуобразный; б) фронтальный; в) оползень-поток – глетчерообразный .....	109
Рис. 6.3 – Трасса инженерно-геологического маршрута .....	115
Рис. 6.4 – Т. н. № 1 - бровка стенки срыва оползня .....	115
Рис. 6.5 - Т. н. № 2 – шурф .....	116
Рис. 6.6 – Т.н. 3. Верхняя часть растущего оврага .....	118
Рис. 7.1 – Скриншот рабочей области CorelDraw с план-схемой оползня – 2021 г. ....	125
Рис. 7.2 - Продольный профиль поверхности оползня – 2021 г. ....	126

Рис. 8.1 - Фрагмент геологической карты дочетвертичных отложений масштаба 1:200000. ....	129
Рис. 8.2 - Фрагмент геологического разреза. ....	129
Рис. 8.3 – Хаджогская теснина. ....	138
Рис. 8.4 – Тропа к водопадам Руфабго. ....	140
Рис. 8.5 – Водопад «Три братца».....	141
Рис. 8.6 – Водопад «Шум». ....	142
Рис. 8.7 – Водопад «Каскадный». ....	143
Рис. 8.8 – Герой эпоса – Хаджох. ....	143
Рис. 8.9 – Водопад «Сердце Руфабго». ....	144
Рис. 8.10 – Водопад «Девичья коса». ....	145
Рис. 9.1 – Последовательность определения прозрачности.....	150
Рис. 9.2 – Последовательность определения рН.....	152
Рис. 9.3 – Последовательность определения нитрит-иона.....	153
Рис. 9.4 – Последовательность определения нитрат-иона. ....	154
Рис. 9.5 – Последовательность определения гидрокарбонат-иона.....	158
Рис. 9.6 – Последовательность определения сульфат-иона. ....	159
Рис. 9.7 - Последовательность определения хлорид-иона. ....	160
Рис. 9.8 - Последовательность определения общей жесткости. ....	161
Рис. 9.9 - Последовательность определения кальция.....	163

## Список таблиц

Таблица 2.1 Журнал нивелирования .....	42
Таблица 2.2 Результаты режимных наблюдений за уровнем поверхностных и подземных вод .....	42
Таблица 3.1 Перечень сведений, необходимых для описания родника	48
Таблица 3.2 Журнал измерения дебита родника .....	51
Таблица 4.1 Журнал измерения глубин по гидрометрическим створам	61
Таблица 4.2 Журнал измерения скорости потока поверхностными поплавками .....	64
Таблица 4.3 Значения переходных коэффициентов при глубине водного потока до 1 м .....	65
Таблица 5.1 Категории опасности природных воздействий [21,таблица 5.1] .....	87
Таблица 5.2 Таблица характеристик проявления карста и оценки опасности .....	88
Таблица 6.1 Наименование основных структурных элементов связанных грунтов [7] .....	100
Таблица 6.2 Полевые признаки определения степени влажности песков [10] .....	103
Таблица 6.3 Вспомогательные признаки определения основного наименования глинистых грунтов [6] .....	103
Таблица 6.4 Полевые признаки определения консистенции [6] .....	104
Таблица 7.1 Результаты измерения расстояний между опорными реперами .....	123
Таблица 7.2 Результаты измерения расстояний между опорными реперами и точками на бровке стенки срыва .....	123
Таблица 7.3 Результаты измерения расстояний между опорными реперами и деформационными знаками .....	124
Таблица 7.4 Результаты измерения расстояний между опорным репером № 1 и головным уступом оврага .....	127
Таблица 9.1 Условия применения полевых методов .....	147
Таблица 9.2 Таблица оценки запаха .....	148
Таблица 9.3 Таблица оценки вкуса .....	149
Таблица 9.4 Визуальная оценка цветности .....	149
Таблица 9.5 Извлечения из СанПиН 1.2.3685-21 .....	168

## Введение

Учебная полевая практика по методам гидрогеологических и инженерно-геологических исследований проводится на 2-м курсе, завершая изучение следующих дисциплины: гидрогеология, основы инженерной геологии, геодезия, гидрология и климатология, компьютерная обработка данных в гидрогеологии и инженерной геологии. Основной целью практики является получение профессиональных умений и навыков по полевым методам гидрогеологических, инженерно-геологических исследований и смежных с ними дисциплин.

Состав методов, изучаемых на полевой практике и включенных в методическое пособие, обусловлен местоположением базы полевых практик «Никель» Воронежского государственного университета в Майкопском районе республики Адыгея. Ландшафтные условия среднегорья, разнообразные геологические, гидрогеологические, гидрологические условия, многочисленные проявления современных геодинамических процессов (эрозия, оползни, карст, осыпи), а также наличие сети оборудованных пунктов наблюдений (гидрогеологические наблюдательные скважины, грунтовые репера на оползневом участке и в долине р. Сюк) в непосредственной близости от базы позволяет ознакомить студентов с разнообразными методами изучения гидрогеологических и инженерно-геологических условий.

Основными задачами практики являются изучение: методов полевых маршрутных гидрологических, гидрогеологических и инженерно-геологических исследований; методов стационарных режимных наблюдений за поверхностными и подземными водами, за развитием современных экзогенных геологических процессов; приемов и методов накопления, обработки и анализа полевых гидрогеологических и инженерно-

геологических исследований; а также развитие навыков безопасного проведения полевых исследований.

Учебная практика включает три этапа.

*Первый – подготовительный этап* проводится в г. Воронеже. Его основными задачами являются:

- усвоение правил безопасного проведения полевых работ и порядка нахождения и проживания на базе практики;

- ознакомление с программой и календарным планом полевого этапа, изучение методических пособий по отдельным видам исследований;

- подготовка полевого снаряжения и оборудования (одежда для полевых маршрутов, средств документирования, измерения, опробования, обработки информации, приборов для натурных и лабораторных экспериментов).

- изучение сведений по географическим и геологическим условиям района.

*Второй – полевой этап* нацелен на приобретение навыков полевых исследований, освоение методов получения и обработки гидрогеологической и инженерно-геологической информации. Проводится на базе полевых практик ВГУ «Никель».

По прибытию на базу студенты проходят инструктаж по технике безопасности на месте прохождения практики, а также правилам проживания в лагере. Студенческая группа разбивается на две бригады, которые самостоятельно будут выполнять полевые исследования.

Каждый рабочий день практики посвящен отдельному методу исследования. В первой половине дня выполняются полевые работы, во второй половине дня проводится текущая (предварительная) камеральная обработка материалов: заполняются журналы опробования, формируются электронные таблицы, проводятся гидрохимические исследования с по-



мощью полевой лаборатории. Режимные гидрогеологические наблюдения проводятся в течение практики каждый день (бригады чередуются) в утреннее время, до выхода на полевые работы.

*Третий – камеральный этап* проводится в Воронеже, в одном из компьютерных классов геологического факультета ВГУ. На данном этапе проводится окончательная обработка материалов исследований и написание отчета. Каждая бригада составляет отдельный отчет. Защита отчета проводится в форме опроса студентов по всем разделам программы практики.

Основное место проведения практики – это территория, прилегающая к базе: северная и восточная границы - долина р. Сюк, западная граница - река Белая, южная граница – Даховский гранитный массив. Проявления карстовых процессов изучаются во время экскурсии на плато Лаго-Наки и в Азишскую пещеру. Отдельно проводится гидрогеологический маршрут с гидрологическими наблюдениями от Ходжохской теснины до водопадов р. Руфабго.

## **1. Краткая характеристика физико-географических, геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий района практики**

База полевых практик «Никель» Воронежского государственного университета находится в п. Никель Майкопского района республики Адыгея. Поселок Никель - это бывший поселок геологов и шахтеров. В 60-е годы прошлого века здесь было открыто ураново-никель-арсенидное месторождение, которое было признано нерентабельным и закрыто. В настоящее время, основную часть территории поселка занимает биологическая и геологическая база практик Южного федерального университета «Белая речка», к которой с восточной стороны примыкает базы практик ВГУ «Никель». Жилые вагончики базы размещены в живописном буковом лесу на краю борта долины ручья Сюк ([рис. 1.1](#))



Рис. 1.1 - База практик ВГУ "Никель"

### **Физико-географический очерк**

Район практики находится в среднем течении р. Белая между Скалистым и Передовым хребтами Северо-Западного Кавказа. Общий характер

рельефа – низкогорный и среднегорный с преобладанием эрозионно-тектонического типа. Абсолютные отметки изменяются от 475 (пойма р. Белая) до 1200 м (Даховский массив).

Более возвышенным и сильно расчлененным рельефом характеризуется крайний юг района практики, где протягиваются северо-западные отроги Передового хребта. В значительной мере рельеф здесь обусловлен складчато-глыбовым строением этого участка, сложенного кристаллическими (метаморфическими и магматическими) породами домезозойского субстрата, трудно поддающимися процессам выветривания. Даховский горст-антиклинальный хребет сильно изрезан балками ручьев и образует систему скалистых гребней с крутыми (до 60°) склонами, покрытыми осыпями [9].

Скалистый хребет имеет резко асимметричный вид, характерный для куэст, - пологий длинный северный склон и крутой, обрывистый - южный. Гребень хребта и верхняя обрывистая часть сложены известняками и доломитами, а нижняя - глинистыми сланцами, песчаниками и сланцеватыми глинами.

Основной водной артерией района является река Белая – левый приток р. Кубани. Длина реки – 273 км, площадь водосборного бассейна - 5990 км<sup>2</sup> [17]. Берёт начало на Главном, хребте Большого Кавказа, у вершин Фишт и Оштен. В верхнем течении несёт черты типичной горной реки с рядом каньонных участков. Питание смешанное - ледниковое, снеговое, дождевое. Протекая через всю площадь полигона при всех своих изгибах она сохраняет в общем субмеридиональное направление, т.е. пересекает вкрест простирающаяся как моноклиналичную структуру северного склона Кавказа, так и основные складчатые структуры на юге полигона. Долина реки Белой, оставаясь симметричной в поперечном профиле, на всем своем протяжении, испытывает резкие изменения вдоль по течению,

что в значительной степени обусловлено литологическим составом прорезаемых рекою пород. Максимальной шириной и пологими низкими склонами долина характеризуется на участках развития сравнительно мягких песчано-глинистых пород (в районе расположения п. Никель). На этих же участках значительной ширины достигают пойма и надпойменные террасы. Резкое сужение долины и появление высоких скалистых склонов наблюдается на участках, где река прорезает прочные или кристаллические породы Даховского массива («Гранитное ущелье»), где ее ширина не превышает 10-15 м.

Половодье на р. Белой бывает в теплое время года, но часто разливается в любое время года, за исключением зимы. Причины разливов: весной - таяние снегов, летом - таяние ледников Фишт-Оштеновского массива и ливни в горах, осенью - дожди. Зимняя межень характерна для р. Белой, но она имеет неустойчивый, непродолжительный характер, что обусловлено частыми оттепелями и дождями. В среднем за год в бассейне р. Белой наблюдается 18-20 ливневых дождей

Притоки реки Белой являются здесь типичными горными речками с многочисленными водопадами и порогами (ручей Сюк). Они текут в глубоких ущельях и балках, склоны которых в большинстве случаев покрыты густым лесом. Сильно развитая здесь балочная сеть часто связана с зонами тектонических разломов.

Территория района практики относится к горной климатической провинции [17]. Это определяется близостью незамерзающего Черного моря, наличием системы высоких хребтов Большого Кавказа. На территорию оказывают свое влияние как предгорный климат - умеренно-теплый, влажный так и холодный климат высокогорья. В связи с этим можно охарактеризовать климатические условия как умеренно прохладные. Продолжительность солнечного сияния изменяется от 1750 до 2200 часов в

год. Большое количество получаемой суммарной радиации определяет длительный от 221 дня вегетационный период. Среднегодовая температура воздуха равна 8,9°C. В течение года среднемесячная температура изменяется от -3°C в январе до 21°C в июле. Абсолютный максимум температуры равен 37°C, абсолютный минимум составляет -38°C. Продолжительность безморозного периода составляет более 160 дней. Гидрометрический коэффициент увлажнения составляет 1,2 – 1,5. Наибольшая относительная влажность наблюдается зимой. В декабре и январе она составляет 78%. Минимум относительная влажность приходится весенний период в частности на апрель и равен 68%. Для территории поселения характерно неравномерное выпадение осадков по временам года. Максимум выпадения осадков приходится на май – июль. Основная часть осадков поступает с Атлантики и Черного моря. Среднегодовое количество осадков – 700-900 мм. В году 115 – 150 дней с осадками. Снежный покров на территории округа появляется в конце ноября и сходит в середине марта. Высота снежного покрова колеблется из-за частых оттепелей, в среднем составляет 50-80 см. Ветровой режим определяется особенностями подстилающей поверхности и режимами циркуляции воздушных масс. Преобладают ветра южных направлений, высока повторяемость ветров восточных румбов, что связано с меридиональной ориентацией речных долин северного склона Большого Кавказа. Средняя скорость ветра около 1,5 м/с. В годовом ходе скорости ветра отмечается два максимума - основной в марте и дополнительный – в октябре-ноябре. Минимальные скорости ветра наблюдаются летом в августе, зимой - в январе.

Растительный мир района относится к Западно - закавказской провинции Кавказской области горных лугов и лесов. По лесорастительному районированию на территории практики можно выделить: среднегорный район (700 м над у.м.) каштановых, дубово-грабовых и буково-грабовых

лесов; горный район (600-1200 м над у.м.) буковых лесов, где почти безраздельно господствует бук восточный (*Fagus orientalis* Lip.), сопровождаемый влаголюбивыми элементами подлеска и травяного яруса. На безлесных территориях развита горно-луговая, альпийская, скально-осыпная растительность [18].

На территории практики развиты бурые лесные почвы, отличающиеся высоким плодородием и значительной выщелоченностью. Мощность гумусового горизонта невелика - от 2-5 см до 30-60 см [17].

Административно поселок Никель расположен в Майкопском районе, республики Адыгея, Российской Федерации. Постоянного населения нет, ближайшим населенным пунктом является сельское поселение Даховское. Ближайшая железнодорожная станция расположена в поселке Каменноосткий. Райцентром является поселок Тульский. Рядом с поселком Никель располагается база отдыха «Горная деревня». Ближайшими относительно крупными поселками являются: Хамышки, Даховская, Каменноосткий. На территории отсутствуют постоянные магазины, медпункты, аптеки, больницы.

Вдоль р. Белая проходит автодорога А-159. Начинается в городе Майкоп, проходит через населенные пункты: Шаумяч, Каменноосткий, Даховская, Хамышки и заканчивается в Гузерипле. Протяженность — 84 км. Ближайшая автозаправочная станция находится в п. Каменноостный.

### ***Геологическое строение района размещения базы практики***

Южную часть территории района практики представлена Даховским кристаллическим массивом (ДКМ). ДКМ в плане имеет форму неправильной трапеции, вытянутой на расстояние 8 км с СЗ на ЮВ и с севера и юга ограниченной разрывными нарушениями. В СЗ части ширина выхода 5 км, на ЮВ - до 3 км (рис. 1.2).



позднепалеозойских гранитоидов малкинского плутонического комплекса ( $\gamma\delta PR_3 m$ ), на разрезе (рис. 3) обозначены -  $\gamma\delta_1$ . Развитие последнего произошло в два этапа.

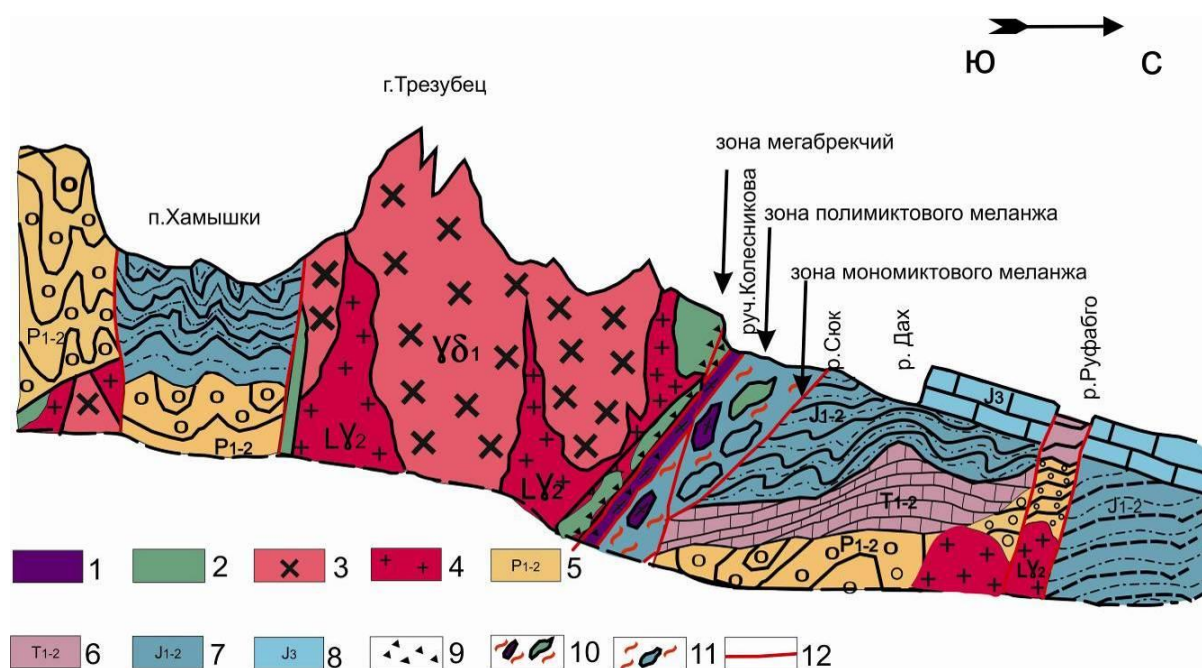


Рис. 1.3 - Схематический геологический разрез ДКМ и его обрамления по профилю Хамышки – Каменноосткий.

1-серпентиниты; 2- метаморфиты балканского комплекса; 3-4 малкинский комплекс: 3- гранодиориты I фазы, 4- лейкограниты II фазы внедрения; 5 – отложения пермской молассы, 6 – известняки триаса; 7- терригенные отложения ранней и средней юры; 8 – карбонатные отложения поздней юры; 9-11- СВК шовной зоны: 9 – магабрекчия шовной зоны, 10 – полимиктовый серпентинитовый и терригенный меланж, 11 – мономиктовый терригенный меланж; 12 – разрывные нарушения различной кинематики [18].

Образования *первой фазы* внедрения сложены средне- крупнозернистыми амфибол-биотитовыми гранодиоритами, возраст которых составляет 301 млн. лет [18], отвечающий границе верхнего карбона и нижней перми, что коррелируется с завершением герцинского тектогенеза.

Породы *второй фазы* представлены небольшими линейно вытянутыми телами, разноориентированными дайками, жилами и штоками му-



сковитовых и двуслюдяных гранитов, обрамляющие гранитоиды первой фазы с юго-запада и востока. Кроме того, в гранитоидах первой фазы малкинского комплекса в виде ксенолитов, размером от десятков сантиметров до 250 м в поперечнике, встречаются плагиограниты и диориты, относимые [9] к даховскому плагиогранит-диоритовому плутоническому комплексу.

Породы балканского метаморфического комплекса, слагающие северную и южную части ДКМ тектонически контактируют с отложениями нижней-средней юры. Сам контакт часто подчёркивается интенсивно меланжированными серпентинитами и их протрузиями. Внутреннее строение комплекса весьма сложное за счёт разрывных и складчатых дислокаций, многочисленных даек, жил пегматитов кварцевого, баритового и карбонатного метасоматоза. В связи с этим стратификация образований комплекса весьма условна. На западе (р. Догуако, р. Белая) отмечается неравномерное чередование амфиболитов (до 8 м) и амфиболовых гнейсов (до 0,5 м) и биотит- амфиболовых гнейсов (до 6 м), иногда с прослоями мусковитовых сланцев (до 0,3 м). В бортах долины р. Белой отмечаются гранат содержащие разности. Общая мощность более 500 м.

К северной части ДКМ примыкают нижнеюрские отложения псебайской свиты.

*Псебайская свита.* Отмечается тектоническая нарушенность, фациальная изменчивость псефо-псаммитовых образований свиты, особенно резкая вблизи тектонических нарушений и участков палеоподнятий, размывы на границе с образованиями байоса [9], трансгрессивное, с угловым несогласием перекрытие отложениями келловея, до полного размыва на Даховском выступе. Свита подразделяется на подсвиты: нижнюю, среднюю и верхнюю.

*Нижняя подсвита ( $J_1pb_1$ )* залегает согласно на бугунтинской свите и с размывом – на триасовых отложениях (р.р. Дах – Сахрай). В бассейне р.р. Дах – Сахрай? а также в Даховской подзоне [9] в основании подсвиты отмечаются пачки песчаников, прослой гравелитов, реже – грубообломочные горизонты (рч. Гош, р. Сахрай), редко – криноидные известняки. Выше залегают аргиллиты. В Дудугушской синклинали разрез представлен алевритовыми, слюдистыми аргиллитами с редкими прослоями песчаников. Мощность подсвиты 200-680 м.

Отложения средней подсвиты на Даховском массиве и в районе ручья Руфабго (р. Белая) размывы.

*Верхняя подсвита ( $J_{1-2}pb_3$ )* залегает согласно, местами с размывом на средней. С размывом перекрывается отложениями байоса и келловея. В отложениях подсвиты преобладающее значение играют аргиллиты, содержащие глинистые стяжения и септарии сидеритов [9]. Местами отмечаются сгруженные стяжения сидеритов, образующие конгломератовидные линзы. Горизонты до 3 м конгломератов наблюдаются в Даховской подзоне и содержат обломки красных известняков, гранитоидов, порфиритов, сидеритов, песчаников, кварца, конкреции сульфидов и др. Изредка отмечаются линзы криноидных известняков в верхней части. Мощность подсвиты до 800 м.

Территория базы практики «Никель» располагается на стыке отложений нижней и верхней подсвит псебайская свиты.

На левом берегу р. Белая напротив базы практик и частично на правом берегу (юго-западнее базы) распространены отложения криноидной толщи средней юры.

*Криноидная толща ( $J_2k$ )*. Выделена впервые по р. Белой (севернее Даховского массива до ст. Даховской). Залегает стратиграфически несогласно на псебайской свите. Полных разрезов толщи нет из-за сложной

тектоники (в т. ч. и надвигов), множества закрытых интервалов. В основании толщи залегает пачка (8-10 м) глинистых конгломератов с включениями известняков, сидеритов. В средней части залегает толща (более 250 м) аргиллитов (3-40 м) с линзами и прослоями известняков, мергелей (до 0,6 м), криноидных известняков (0,2-4,5 м), редко – песчаников (до 0,8 м), конгломератов (до 1,5 м). Переслой неравномерный, изменчивый по площади выходов толщи. В верхней части толщи – пачка (более 50 м) криноидных, оолитовых, доломитизированных известняков песчаных до известковистых песчаников. Общая мощность толщи более 310 м.

### **Четвертичная система**

Осадки плейстоцена в виде покровного или прерывистого чехла развиты повсеместно, отсутствуя лишь на скальных эскарпах куэст и отвесных стенах каньонов. Представлены континентальными образованиями, часто в сложных парагенетических сочетаниях ([рис. 1.4](#), [рис. 1.5](#)).

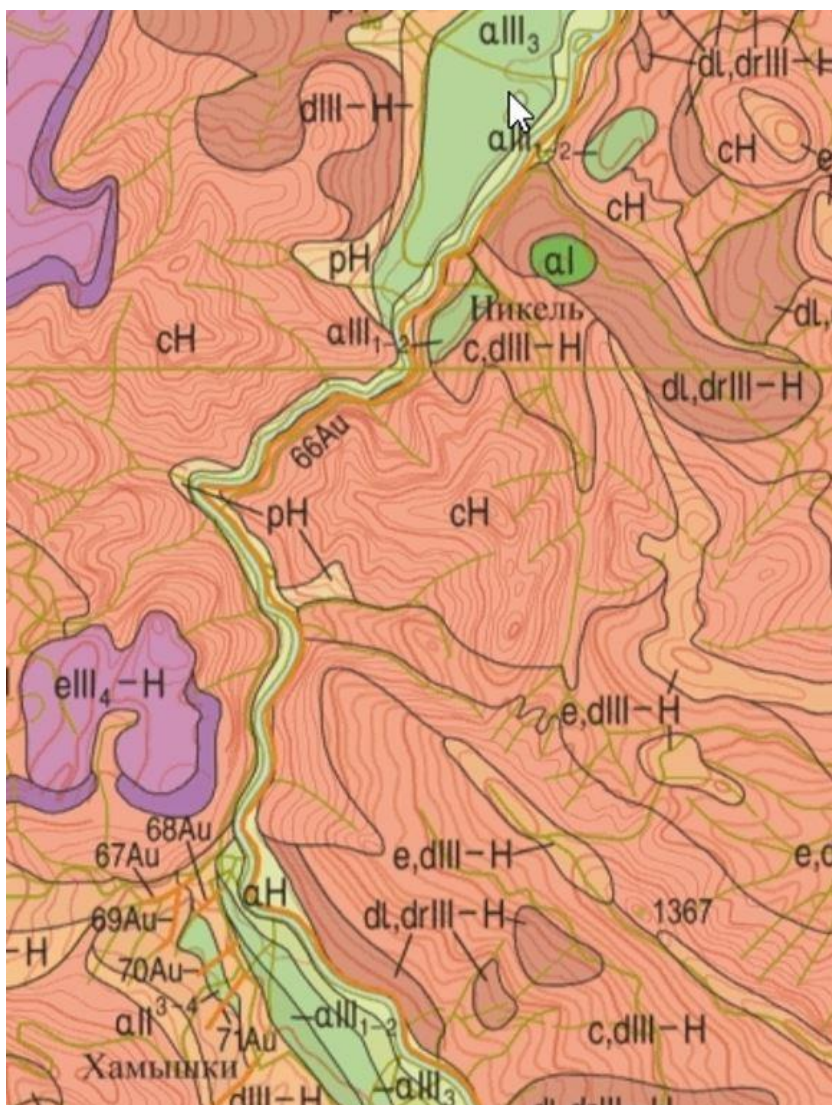


Рис. 1.4 - Фрагмент геологической карты четвертичных отложений масштаба 1:200000.

### ***Неоплейстоцен. Верхнее звено ( $Q_{III}$ )***

*Верхнее звено (первая и вторая ступени) ( $a_{III_{1-2}}$ ).* Представлено аллювием террас краснодарского комплекса. В плане номенклатурного деления они соответствуют VI и VII надпойменным террасам главных долин бассейна Кубани. На территории изучения эти образования получают развитие в Северо-Юрской депрессии и в предгорьях, где постепенно сливаются, образуя единую поверхность с усреднёнными высотами 35-45 м. Аллювий – валунные галечники с примесью гравия в песчаном и песчано-глинистом заполнителе. Мощность 3-4 м в бассейне р. Белой.

pH	Проллювий конусов выноса временных водотоков. Гальки, валуны, дресва, щебень, глыбы (до 30 м)
aH	Аллювий русел, пойм, стадияльных и пойменных террас. Галечники, валуны, пески, гравий, супеси, глины (до 20 м).
cH	Коллювий крутосклонных массивов. Щебнисто-глыбовые отложения, с редкими скальными отторженцами (до 30 м и более)
e,dIII-H	Элювий и делювий низких уплощенных водоразделов предгорной зоны. Дресвяные глины, суглинки с включениями щебня (до 3 м).
c,dIII-H	Коллювий и делювий крутых склонов. Щебнистые и дресвяные глины с включениями глыб (до 28 м)
dl,drIII-H	Деляпсий, десерпций и прочие образования склонового ряда. Дресва, щебень, глины, глыбы, переотложенные валуны, гальки (до 65 м).
aIII <sub>3</sub>	Аллювий террас главных рек высотой от 10-12 до 28 м. Валунные галечники с редкими прослоями и линзами песков и гравия (до 30 м).
aIII <sub>1-2</sub>	Аллювий террас Краснодарского комплекса с усредненными высотами 35-45м. Валунные галечники, гравий в песчаном и песчано-глинистом заполнителе. В верхних горизонтах – суглинки с линзами гравия, песка, щебня (до 25 м).

Рис. 1.5 - Фрагмент условных обозначений к геологической карте четвертичных отложений масштаба 1:200000.

Верхний горизонт рыхлообломочной толщи представлен суглинками с линзами гравия, песка, мелкого щебня мощностью до 12 м. По положению в разрезе он местами выделяется в ранге второй ступени, в ранге первой ступени выделяются нижележащие валунно-галечные отложения.

*Аллювиальные отложения третьей ступени (a III<sub>3</sub>)* развиты в долинах главных рек и их крупных боковых притоков на высотах от 10-12 до 28 м. В бассейне Белой это цокольные террасы, с высоким цоколем, в бассейне Лабы – целиком сложены аллювием. Осадки представлены валунными галечниками с редкими прослоями и линзами песков и гравия. Обломочный материал хорошо окатан и сортирован, имеет свежий облик.

Мощность от 1-4 м до 20-30 м. По особенностям строения и высотным признакам сопоставляются с аллювием Черкесской террасы Кубани. Террасы этого комплекса обычно лишены покрова суглинков.

***Верхний неоплейстоцен – голоцен неразделённые***

Отложения данной возрастной группы представляют переходные или промежуточные нестратифицированные толщи, объединяющие разновозрастные генетически однородные образования при отсутствии сколько-нибудь ясных границ между ними.

*Деляпсий, десерпсий и прочие образования склонового ряда (dl, dr III-N)* максимальное развитие получают на склонах, сложенных глинистыми образованиями палеоген-неогена, реже – нижнего мела и юры. Формирование их связано с медленным смещением продуктов выветривания в условиях умеренного увлажнения. В связи с сильной текучестью пород, обусловленной литологическими причинами, и их трещиноватостью, смещению подвергнуты крупные коренные блоки, дробящиеся в процессе транзита и постепенно трансформирующиеся в поточные оползни. Оползневой снос протекает при активном участии процессов плоскостного смыва и медленного движения кор выветривания. В составе отложений – дресва, щебень в глинистой массе, иногда с включениями глыб, скалистых отторженцев, смещённых пачек аллювия и перекрывающих его глин. Часто встречаются толщи смешанного генезиса, в том числе вкуче с тектоно – и сейсмогравитационными. Стратиграфических признаков они не имеют. Возраст определён по положению в рельефе и соотношению с поверхностями террас. Максимально известные мощности – до 60-65 м.

*Коллювий и делювий (с, d III-N)* среди отложений склонового ряда наиболее распространён. В качестве «горного делювия» покрывает большие площади относительно крутых склонов (12-20°). В типичных разрезах представляет нестратифицированные толщи щебнистых и дресвяных глин

с включениями острорубристых глыб разной величины. Мощность до 28 м. Возраст устанавливается по положению базисов аккумуляции, которыми являются поверхности речных террас средне-верхнечетвертичного возраста, а также днища долин и балок.

*Элювий и делювий (e, d III-N)* развит на участках низких уплощённых водоразделов предгорной зоны. Спорадически встречается на поверхностях наклонных плато вне пределов распространения древних ледниковых покровов. Представлен маломощными (3 м) дресвяными глинами и тяжёлыми суглинками с включениями щебня. Реже встречаются пестроцветные коры выветривания с реликтовой структурой выветренных пород с многочисленными гипергенными образованиями. Внешне они напоминают остатки ископаемых почв, образовавшихся, вероятно, в предпоследнее межледниковье. Глубина их залегания 2,5 м. На территории распространения глинистых отложений нижней – средней юры и аргиллитоподобных глин характерны суглинистые образования, а в местах выходов мезо-кайнозойских известняков и песчаников – маломощный дресвяно-щебнистый покров. На высотах 1,9-2,3 км элювий и делювий часто преобразован солифлюкционными процессами.

*Делювий пологих склонов и их подножий (d III-N)* аккумулируется на выположенных участках долин, днищах замкнутых котловин – полей, пологих уступах поверхностях террас. Типичные делювиальные отложения, образованные плоскостным смывом, характерны для террасоувалов и склонов балочных долин, где образуют сплошные покровы мощностью от 2-3 до 10 м. Представлены однородной толщей лессовидных суглинистых отложений с щебнистыми прослоями и горизонтами делювиально-пролювиального генезиса. Возраст устанавливается на основании взаимоотношений с речными террасами и положению в рельефе.

### ***Голоцен (H)***

Отложения современного звена, развитые повсеместно, характеризуются большим генетическим разнообразием. Они покрывают склоны, поверхности водоразделов и плато, днища речных долин. Формирование их началось в период деградации последнего оледенения и активно продолжается в настоящее время.

*Пролувий (р Н)* тесно связан с деятельностью временных водотоков, наследующих ослабленные зоны разломов и оперяющих трещин, т.е. линейные зоны развития тектонических брекчий. Этим объясняется их большая выносная способность. По выходу в долины главных рек они образуют различной величины конусы выноса, перекрывающие аллювий пойм и низких террас. В устьях горных ручьев насчитывается до 2-3 генераций конусов, из угловатых глыб и щебня с гнёздами грязекаменного материала. Водотоки, расчленяющие высокие террасы пра-рек, образуют более распластанные конусы из переотложенных галек и валунов с включением дресвы, щебня и глыб мощностью до 25-30 м. Размеры конусов от нескольких десятков метров до 2-3 км, высота от подошвы до головной части до 80-100 м.

*Аллювий русел, пойм, стадияльных пойменных террас (а Н)* привязан, в основном, к долинам главных магистральных рек бассейна Кубани (р. Белая) и их крупным притокам (р.р. Курджипс, Дах и др.). Осадки представлены галечниками и подчинёнными в количественном отношении валунами с прослоями и линзами песков, гравия, гнёздами глин и супесей общей мощностью от 1-2 до 15-20 м. Долины бассейна Белой характеризуются небольшой (1-5 м) мощностью аллювия, исключая участки долинных подпруд. Граница подошвы голоценовых осадков отбивается по резкому уменьшению обводнённости более спрессованных доголоценовых образований.

## **Геоморфология [9]**



Основные черты рельефа predeterminedены большой продолжительностью континентального этапа развития территории в условиях резко дифференцированных новейших движений, контролирующих характер и интенсивность экзогенных процессов. Главными из них являются работа рек, процессы выветривания, склоновая денудация.

*Рельеф, образованный препарировкой интрузивных тел и их приконтактных зон связан с выходами на дневную поверхность многочисленных интрузивных и субинтрузивных тел. Наиболее крупный из них - Даховский, массив площадью ~ 20 км<sup>2</sup>. Крупные интрузивные тела орграфически представляют обособленные линейно вытянутые возвышенности, контрастно выделяющиеся на фоне более сглаженного окружающего рельефа. Абсолютные высоты Даховского гранитного массива достигают 1350 м, превышения относительно дна долины Белой - до 800 м.*

Характерными для форм выветривания гранитов, гранодиоритов и гипербазитов являются зубчатые и пирамидальные вершины, резко обособляющиеся в рельефе. Склоны массивов представлены крутыми скальными стенками, образованными обрушениями крупных коренных блоков по тектоническим трещинам. Обвалившийся материал располагается в нижних частях склонов, образуя местами крупноглыбовые скопления в виде пьедесталов подножий и полос глыбово-щебнистого шлейфа. Многочисленные сорванные блоки способствуют образованию на дне ущелий глубокооврезанных крутых меандров. Днища малых долин иногда полностью заграждены скальными обломками, реки на таких участках имеют подповерхностный сток. Река Белая - третий по крупности и водоносности приток Кубани - в месте прорыва Даховского массива сужена до 2 м при максимальной ширине русла выше и ниже каньона до 50 и 60 м.

*Рельеф, созданный проявлением комплекса склоновых процессов, приурочен в основном к области развития внутригорных понижений и*

разделяющих их куэстовых гряд с преобладающим прямым отражением складчатых и моноклиальных структур. На значительной части площади он отвечает обширной внутригорной впадине, выработанной в легко размываемых песчано-глинистых отложениях нижней-средней юры. С юга она ограничена Передовым хребтом и его отрогами, с севера - обрывистым эскарпом Скалистого хребта. Эта широкая полоса пониженного рельефа, составляющая один из основных структурных элементов северного склона Западного и Центрального Кавказа, известна под названием Северо-юрской депрессии. В структурном отношении она приурочена к северо-кавказской моноклинали и отделяет собственно горную часть от полосы куэстовых предгорий. На левобережье р. Белой депрессия замыкается в результате резкого разворота Скалистого хребта на юг.

Преобладающий рельеф низкогорный. Руслу главных рек у северного борта депрессии располагаются на абсолютных высотах ~ 450 м (р. Белая). Высоты водоразделов в пределах депрессии не превышают 1-1,2 км. Геоморфологически они представляют уплощенные междуречья, протягивающиеся от подножий Передового хребта к северному краю депрессии. В целом рельеф депрессии характеризуется умеренным расчленением и сглаженностью форм. Ведущие рельефомоделирующие процессы (речная эрозия, оползание, плоскостной смыв) осуществляются в условиях умеренного увлажнения и большой податливости коренных пород к внешним агентам разрушения. Литологические особенности пород во многом определяют характер склонов и строение речных долин. Пологие делювиальные склоны и долинные расширения приурочены к областям распространения глинистых отложений. Места выходов песчаников и известняков отмечены многоярусными системами структурных террас, микроэскарпов и платообразных поверхностей. По высотному положению, особенностям расчленения и характеру проявления экзогенных процессов - это область

эрозионных литоскульптурных долин с характерными сглаженными формами, маскируемыми склоновыми отложениями. Местные тектонические структуры непосредственного отражения в рельефе не получают и сказываются, в основном, в колебаниях ширины речных долин. По условиям осадконакопления депрессия является областью долинной аккумуляции с преобладанием аллювиальных фаций и большим количеством склоновых, деляпсивных и пролювиальных накоплений вдоль бортов долин. Низкие внутриваловые террасы развиты повсеместно и появляются сразу по выходу рек из эрозионных ущелий Передового хребта. Серией сближенных уровней высотой от 3-4 до 20-28 м они образуют озеровидные расширения типа замкнутых котловин протяженностью до 10-12 км. Междуречные террасы являются бортами современных долин. Суммарная мощность аллювия террас составляет ~ 30 м (р. Белая). Это указывает на то, что депрессия - область местной разгрузки выносимого реками обломочного материала.

### **Гидрогеология [9]**

Территория района практики относится к Центральному Северо-Кавказскому гидрогеологическому району Большекавказского бассейна пластово-блоковых напорных вод.

Большекавказский бассейн представлен трещинными, пластово-трещинными и трещинно-пластовыми водами, приуроченными к отложениям от протерозоя до палеогена включительно. Питание осуществляется за счет атмосферных осадков и поверхностных вод. Разгрузка идет по зонам тектонических нарушений в виде родников (на поверхности) или в вышележащие отложения. Воды, в основном, гидрокарбонатного и сульфатно-гидрокарбонатного кальциевого состава с минерализацией не превышающей 1 г/дм<sup>3</sup>.

Согласно гидрогеологической стратификации на данной территории выделяются следующие подразделения [9].

*Водоносный голоценовый аллювиальный горизонт ( $aQ_H$ ).* Воды данного горизонта приурочены к валунно-галечным, гравийным пескам и супесям отложений низких пойм и русел рек (р.р. Белая, Дах, Курджипс и др.). Воды грунтовые, безнапорные, проявляются, преимущественно, в виде родников, также эксплуатируются колодцами и мелкими скважинами. Мощность водовмещающих отложений достигает 15-20м. Глубина залегания их колеблется от 0,5 до 6,5м. Воды преимущественно пресные, гидрокарбонатные кальциевые и сульфатно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые. Водообильность отложений различна на разных участках. В основном, дебиты родников составляют 0.2-2.0 дм<sup>3</sup>/с, дебиты колодцев – от десятых долей до 1.0 дм<sup>3</sup>/с.

Питание вод данного горизонта составляют атмосферные осадки и поверхностные воды. Разгрузка осуществляется в реки (в период межени)

*Водоносный верхнечетвертично-голоценовый пролювиальный горизонт ( $pQ_{III-H}$ ).* Отложения данного горизонта представляют собой конуса выносов временных водотоков и представлены дресвяно-глинистыми и валунно-галечными образованиями, мощностью до 30м.

Практически повсеместно эти отложения сдренированы, только в нижней части, на глубинах 10-15м встречаются грунтовые воды. Дебиты родников из этих отложений составляют 0,1-2,5 дм<sup>3</sup>/с. Воды гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией до 2,2 г/дм<sup>3</sup>.

Питание горизонта атмосферное, разгрузка идет в речную сеть и нижележащие отложения.

*Относительно водоносный верхнечетвертично-голоценовый делювиальный, эллювиально-делювиальный, коллювиально-делювиальный гори-*

зонт ( $d, e-d, c-dQ_{III-H}$ ). Подземные воды этих отложений развиты повсеместно на водораздельных пространствах и их склонах, однако они не образуют непрерывного водоносного горизонта, потому что водовмещающие породы, как по своему литологическому составу, так и по характеру залегания и распространения не создают благоприятных условий для формирования подземных вод.

Отложения этого горизонта представлены щебнем, дресвой, щебнистыми и дресвяными суглинками и глиной. Мощность отложений колеблется от долей метра на водоразделах, до 20м на склонах и подножиях склонов.

Воды грунтовые, питание их осуществляется за счет атмосферных осадков. Разгрузка происходит в виде нисходящих родников на склонах водоразделов. Колодцами и скважинами данный горизонт не эксплуатируется, в связи с нерегулярным гидродинамическим режимом.

Дебиты родников изменяются в широких пределах от десятых долей до 5-6 дм<sup>3</sup>/с, причем наименее водообильные родники расположены на площадях развития ниже-среднеюрских отложений (до 0,18 дм<sup>3</sup>/с – родник №24). Более водообильны родники на верхнеюрских и меловых отложениях.

Основная масса родников имеет минерализацию воды, не превышающую 0.8 г/дм<sup>3</sup> (в среднем – 0,3-0,5г/дм<sup>3</sup>) и гидрокарбонатный кальциевый состав, однако по отдельным родникам минерализация воды достигает 1,5-2,5г/дм<sup>3</sup> и в типовом анионном составе появляется хлорид – ион, что, по-видимому, объясняется дренированием через эти отложения вод коренных пород.

Как сказано выше, в связи с неустойчивым гидродинамическим режимом и слабой защищенностью данного горизонта от загрязнения, воды этих отложений эксплуатируются редко.

*Водоносный средне-верхнечетвертичный аллювиальный горизонт (а Q<sub>II-III</sub>).* Водоносный горизонт данных отложений прослеживается повсеместно по долинам рек Белая, Дах и др. Он вскрыт многочисленными колодцами и скважинами на глубинах от 0,5 до 40 м. Водовмещающими отложениями этого горизонта являются валунно-галечные отложения с песком и гравием, иногда разделенные прослоями глин.

Воды данного горизонта могут быть как безнапорные, так и субнапорные. Грунтовые воды вскрываются на глубинах 0,5-7,0 м. Дебиты колодцев составляют 0,01-0,9 дм<sup>3</sup>/с, скважин (в долине р. Белая) - 0,004-0,007 дм<sup>3</sup>/с.

По химическому составу грунтовые воды пресные с минерализацией 0,2-0,9 г/дм<sup>3</sup>, гидрокарбонатные кальциевые, кальциево-магниевые, кальциево-натриевые и сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-магниевые[2].

Питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации поверхностных вод рек и атмосферных осадков. Разгрузка грунтовых вод происходит в те же реки, в зависимости от сезонных колебаний уровня, напорных – за счет перетекания в другие горизонты.

Воды используются, в основном, колодцами для нецентрализованного водоснабжения.

*Относительно водоупорный криноидный терригенный (J<sub>2k</sub>) горизонт.* Криноидный горизонт представлен известняками, аргиллитами и песчаниками. В целом, отложения горизонта являются водоупорными, лишь в зоне экзогенной трещиноватости к ним приурочены источники, дебит которых составляет 0,05-0,17 дм<sup>3</sup>/с. В зонах тектонических нарушений водообильность отложений увеличивается, дебиты родников достигают 0,5-2,5 дм<sup>3</sup>/с. По химическому составу воды комплексов гидро-

карбонатно-сульфатные и сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые и кальциево-магниевые с минерализацией от 0,1 до 0,7 г/дм<sup>3</sup>.

*Водоносный бугунжинско-псебайский терригенный комплекс (J<sub>1-2</sub>bg+pb).* Отложения горизонта представлены песчаниками, аргиллитами, алевролитами с линзами известняков и конгломератов общей мощностью 1800 м. Обводнены в основном песчаники и алевролиты. Дебиты родников, выходящих из этих пород в долинах рек, составляют от сотых долей до 3,2 дм<sup>3</sup>/с. Химический состав родниковых вод гидрокарбонатный кальциевый, гидрокарбонатно-сульфатный натриевый при минерализации 0,1-0,5 г/дм<sup>3</sup>. В зоне затрудненной циркуляции дебиты скважин изменяются от 0,06 до 1,1 дм<sup>3</sup>/с. По химическому составу воды гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные натриевые с минерализацией до 2,5 г/дм<sup>3</sup>.

Воды горизонта используются для хозяйственно-питьевых нужд в близлежащих населенных пунктах.

*Водоносная зона трещиноватости Малкинского гранитового (γPZ<sub>3m</sub>)* гранодиоритового плутонического комплекса. Зоны трещиноватости данных комплексов имеют небольшие по площади области выхода на поверхность в Даховском поднятии. Подземные воды приурочены к коре выветривания интрузивных образований, а также к тектоническим трещинам. В местах дренажа трещин балками и долинами рек выходят родники с дебитами от десятых долей до 1,0-1,5 дм<sup>3</sup>/с. Более высокие дебиты родников отмечены в тектонических трещинах (до 2,5-4,0 дм<sup>3</sup>/с). Воды глубокой циркуляции здесь не изучены. Химический состав родниковых вод гидрокарбонатный кальциевый, сульфатно-гидрокарбонатный магниевый-кальциевый при минерализации 0,1-0,3 г/дм<sup>3</sup>. Воды родников не используются.

### **Современные экзогенные геологические процессы**

В пределах исследуемой территории распространены следующие экзогенные геологические процессы: эрозия временных водотоков и плоскостная эрозия, сели, оползни, карст, крип, солифлюкция, обвалы и осыпи, эоловая денудация, затопление и подтопление [2].

На территории практики эрозия временных водотоков получает распространение в предгорной зоне. Умеренно-теплый климат с годовым количеством осадков 900-1000 мм. Частые ливни создают максимальный годовой сток до 2000-2500 мм. Эрозия временных водотоков в горной части представлена, в основном, длинными балками, промоинами, расщелинами, щелями и ущельями. Наиболее крупные овраги приурочены к бортам реки Белой и ее притоков (ручей Сюк).

Под плоскостной эрозией (мелко-струйчатая эрозия) или плоскостным смывом понимают размывающую деятельность дождевых, ливневых и талых снеговых вод, происходящую по всей поверхности склонов и водоразделов. На возникновение и интенсивность водной эрозии почв большое влияние оказывает рельеф и, особенно, крутизна склонов, расчлененность территории, долинно-балочной сетью и форма склонов. Чем сильнее расчлененность территории, тем больше склоновых земель, которые могут подвергаться водной эрозии. Обычно принимается следующее соотношение степени смыва от крутизны склона при прочих равных условиях: слабый смыв при уклоне -  $3^\circ$ , средний – при  $3-5^\circ$ , сильный – при  $5-7^\circ$  и очень сильный смыв при уклоне  $8^\circ$  и более. Чем круче и длиннее склон, тем больше разрушительна работа воды. Территория практики относится к зоне сильной плоскостной эрозии [2].

По берегам р. Белой и её притоков получают развитие оползни. По механизму смещения это преимущественно оползни скольжения, реже проседания-течения и при комбинации нескольких факторов – сложные оползни. По размерам оползни подразделяются, в основном, на мелкие



(мощность сместившихся масс не более 5м, небольшие размеры в плане – несколько метров) и средние (длина и ширина в пределах десятков метров, мощность до 20–30 м). По геологическим условиям развития на исследуемой территории выделяются оползни коренных пород и оползни поверхностных отложений. Оползневые проявления антропогенного характера наблюдаются во врезке дорог Каменноостский - Хамышки, Дачовская – Лагонаки. [2].

В верхнеюрских карбонатных отложениях, слагающих водораздельные плато (плато Лаго-Наки), распространены поверхностные (воронки, котловины, карстовые овраги) и подземные формы (пещеры, шахты) карста. Наибольшим распространением пользуются карстовые овраги и воронки глубиной до 6 м, диаметром 2 м. Подземные полости различной формы, глубины и протяженности распространены в основном в пределах крутых и обрывистых склонов. Пораженность территории карстовыми процессами составляет здесь около 20%.

Обвалы и осыпи приурочены, в основном, к рельефу, образованному препарировкой интрузивных тел (ДКМ), которые местами образуют крупноглыбовые скопления в виде пьедесталов подножий и полос глыбово-щебнистого шлейфа.

Процессы затопления и подтопления развиты в пойме р. Белая и приурочены к периодам снеготаяния и ливней.

## 2. Изучение приречного режима подземных вод

Изучение режима подземных вод является одним из основных видов работ в общем комплексе гидрогеологических исследований.

Под режимом подземных вод понимают процесс изменения уровня, расхода, температуры и химического состава подземных вод во времени и пространстве. Различают естественный и нарушенный режим подземных вод [12].

Естественным режимом считают такой, который обусловлен воздействием различных природных факторов: климатических, геоморфологических, гидрологических и гидрогеологических. Нарушенный режим формируется под воздействием искусственно создаваемых факторов.

Выделяют три основных вида режима подземных вод: приречный, склоновый и междуречный.

*Приречный вид* режима характеризуется гидравлической связью потока подземных вод с рекой, поэтому колебания уровня подземных вод здесь существенно зависят от колебаний уровня воды в реке. Характер дренированности подземного потока периодически меняется: в межень дренированность его максимальная, а во время паводка может отсутствовать вообще, так как речные воды питают подземные. После спада паводковых вод в течение длительного времени происходит сток инфильтрующихся вод в реку. Продолжительность стока зависит от фильтрационных свойств отложений, уклонов потока, длительности паводка и степени расчлененности поймы. Кривая колебания уровня подземных вод здесь характеризуется резким подъемом в паводок и постепенным спадом после его прохождения, осложненным колебаниями, связанными с атмосферными осадками.

*Склоновый вид* режима характеризуется повышенными уклонами потока подземных вод и привязан к ориентирующим их склонам долины

реки, склонам горных массивов, сильно расчлененных возвышенностей и др. Дренированность этих участков довольно интенсивная и почти не меняется во времени. Кривая колебания уровня подземных вод характеризуется подъемом уровня весной в связи с таянием снегов, а иногда летом и осенью в связи с дождями. Пики подъемов следуют с запозданием по сравнению с пиками повышения уровня подземных вод прилегающего междуречья.

*Междуречный или водораздельный* тип режима формируется под влиянием переменных во времени инфильтрации атмосферных осадков, испарения и подземного стока. Дренированность участка обычно бывает слабая, поэтому уклоны потоков подземных вод небольшие.

Кроме указанных основных видов режима, применительно к различным условиям местности могут быть выделены: предгорный и карстовый типы, где наряду с инфильтрацией атмосферных осадков большое влияние на режим подземных вод оказывает поглощение речных вод и вообще поверхностного стока; мерзлотный тип, характеризующийся полным или частичным промерзанием надмерзлотных вод; режим глубоких напорных вод; режим замкнутых котловин и верховодок, характеризующийся сосредоточенным питанием подземных вод в какой-то период года, после чего происходит длительное растекание или стекание вод, накопленных за период питания.

Наблюдения за режимом подземных вод проводят на специально оборудованной для этой цели сети наблюдательных точек (скважин, колодцев, источников).

Гидрологический режим поверхностных водоемов и водотоков изучают на водомерных постах, оборудованных в створе пьезометрических поперечников (наблюдательных скважин).

Если имеется связь поверхностных вод с подземными, при изменении уровня поверхностных вод происходит изменение уровня подземных вод, которое в наблюдательных точках прибрежной полосы сказывается по-разному, в зависимости от водопроницаемости пород и расстояния наблюдательной точки от водоема. Изучение этой зависимости является основной целью режимных наблюдений во время проведения учебной практики.

В районах с естественным режимом в скважинах, расположенных на пойме и в прибрежной части долины, замеры уровней воды в межень обычно ведут через 3-5 дней. В периоды паводков, ливневых или продолжительных дождей замеры уровня воды в выборочных наблюдательных точках, расположенных на приречных участках, в карстовых областях, *на участках с неглубоким залеганием уровня грунтовых вод*, проводят ежедневно [14].

Замеры уровня воды в реках и других водоемах проводят в те же сроки, что и в наблюдательных скважинах, так как это необходимо для сопоставления полученных данных. Наблюдения на всех водопунктах проводятся по возможности в одно и то же время.

В настоящее время замеры уровня проводят, как правило, электроуровнемерами. Электроуровнемеры работают по принципу замыкания водой цепи электрического тока, проходящего между датчиком, опускаемым в скважину, и землей (обсадной трубой). Уровень воды измеряют проводом, имеющим разметку на метры и дециметры, и линейкой с делениями на сантиметры и миллиметры, укрепленной на корпусе уровнемера. Касание датчиком воды в скважине определяют по миллиамперметру, вмонтированному в корпус прибора (рис. 2.1).

Измерение уровня лотовыми приборами, состоящими из стальной рулетки с наконечником - лотом, прикасающимся к воде (хлопушка, сви-

сток, уронемер и т.п.), производится 2 раза подряд: если второй раз получается новый отсчет, то двукратное измерение повторяется снова. Точность измерения -  $\pm 1$  см. Все измерения уровня производят от занивелированной марки на краю обсадной трубы, на срубе колодца и т.п.

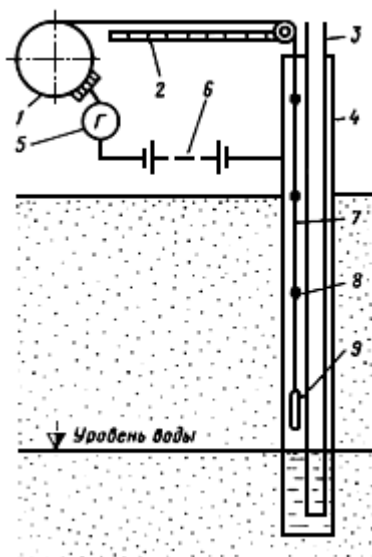


Рис. 2.1 - Принципиальная схема электроуровнемера.

1 - барабан; 2 - рейка со шкалой; 3 - насосная труба; 4 - обсадная труба; 5 - гальванометр; 6 - электробатарея; 7 - провод; 8 - бирка; 9 - наконечник-датчик

При измерениях уровня воды на глубине до 10 м можно применять хлопушку (лотовый прибор), представляющую собой полую металлическую трубку диаметром 1,5-2 и длиной 5-7 см, один конец которой забит деревянной пробкой, или выточенный стаканчик. К пробке прикрепляют кольцо, к которому привязывают размеченный стальной трос. В момент соприкосновения хлопушки с поверхностью воды раздается глухой хлопающий звук. Точность замера уровня хлопушкой составляет  $\pm 1$  см.

Расстояние между нулем рулетки и нижним краем хлопушки или свистка измеряют и записывают в полевую книжку, так как оно является поправкой к замерам. Эту поправку проверяют 1 раз в декаду, о чем делают соответствующую отметку в полевой книжке.

Все измерения уровня производятся от края обсадной или пьезометрической трубы. Превышение ее над поверхностью земли должно быть измерено и занесено в журнал режимных наблюдений (Приложение 1).

В журнал вносятся данные глубины уровня подземных вод от поверхности земли, которые вычисляются следующим образом: от глубины уровня подземных вод, измеренного от края обсадной или пьезометрической трубы, вычитается высота патрубка (превышение края обсадной или пьезометрической трубы над поверхностью земли).

Наблюдения за температурой подземных вод проводятся одновременно с наблюдениями за уровнем подземных вод. Измерения осуществляются специальными приборами (водяными термометрами, электронными регистраторами температур) в интервале установки фильтра.

При измерениях термометр держат в воде в течение нескольких минут. Отсчет по нему производится немедленно после извлечения его из воды. Точность измерений - до  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Сначала отсчитываются десятые доли градуса, а затем целые градусы.

Результаты измерений уровней и температур подземных вод записываются наблюдателями в журнал наблюдений непосредственно около скважины (Приложение 1). После окончания измерений наблюдатель должен в тот же день переписать все результаты в электронную таблицу установленной формы (Приложение 1) [15].

Куст наблюдательных скважин, по которым ведутся стационарные наблюдения находится на пойме р. Белая, в непосредственной близости от берегового водозабора подземных вод. Наблюдательные скважины находятся в 40 м севернее подвесного моста через р. Белая (рис. 2.2). Наблюдения проводятся по двум скважинам: скважины № 1 и № 3.

Наблюдения за уровнем воды в р. Белая проводят от гидрометрической рейки (ГР), установленной на столбе ограждения водозабора (рис. 2.3).



Рис. 2.2 - Схема расположения наблюдательных скважин и родника.



Рис. 2.3– Измерение уровня воды в р. Белая.

Измерения уровня воды в реке проводятся с помощью строительного гидроуровня (ватерпаса). Простейшим гидроуровнем является гибкая

прозрачная трубка (шланг) с открытыми концами, частично заполненная водой или иной жидкостью. Действие гидроуровня основано на законе сообщающихся сосудов Паскаля.

В конструкцию гидроуровня входит прозрачный гибкий шланг, на окончаниях которой располагаются две колбы со специальной шкалой (рис. 2.4). В длину такой шланг может состоять от 3-4 до 30 метров. Для правильной работы гидроуровня важно, чтобы ниже референсного уровня в трубке не было воздушных пузырей, нарушающих связность заполнения трубки.

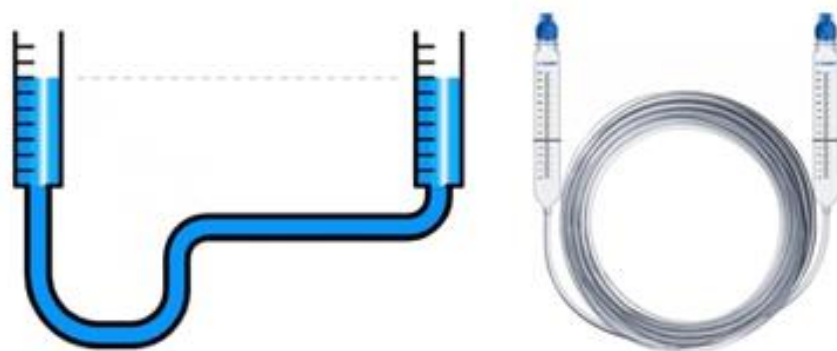


Рис. 2.4 – Устройство гидроуровня.

Измерение уровня воды в р. Белая производят в следующей последовательности:

- растягивают гибкий шланг с колбами на концах и заполняют гидроуровень водой до половины объема колб;
- одну из колб прислоняют к гидрометрической рейке так, чтобы уровень воды в колбе совпадал с отметкой условного нуля;
- вторую колбу прислоняют к измерительной рейке, которую устанавливают в реке у берега;
- фиксируют положение уровня воды в гидроуровне ( $h_1$ ) и отметку уровня воды в реке ( $h_2$ ) на измерительной рейке.

Измерения проводятся с точностью до 1 мм.



Уровень воды в реке относительно нуля гидрометрической рейки ( $H_p$ ) находится как разница между отметкой по гидроуровню и отметкой воды в реке -  $H_p = h_1 - h_2$ .

Примечание: измерительная рейка представляет собой деревянную рейку длиной 2,0 м, к которой прикреплена измерительная строительная рулетка.

Замеры уровня в наблюдательных скважинах проводятся лотовым прибором (хлопушкой) от края патрубка наблюдательных скважин (от зафиксированной отметки) с точностью до 1 мм.

Наблюдательные скважины закрыты оголовком с потайным болтом. Оголовки открываются накидным ключом (№12).

Перед первым измерением уровня воды в реке и в наблюдательных скважинах студенты проводят «нивелировку» патрубков наблюдательных скважин относительно нуля гидрометрической рейки. Для этого прокладывается *нивелирный ход* (совокупность закрепленных на местности точек, между которыми определяют превышение ( $h$ )).

Нивелирование проводится с помощью гидроуровня и двух измерительных реек. Нивелировочный ход проходит от гидрометрической рейки (ГР) до наблюдательной скважины и обратно. Измерительные рейки последовательно перемещаются между пунктами наблюдения – пикетами (ПК). Расстояние между пикетами от 2 до 4 м, в зависимости от превышения между ними. Рейки последовательно перемещаются между пикетами, которые отмечаются на поверхности земли колышками или засечками. В журнал наблюдений записываются ([таблица 2.1](#)) отсчеты по рейке №1 ( $ПК_i$ ) и рейке №2 ( $ПК_{i+1}$ ).

Одна из бригад прокладывает нивелировочный ход до наблюдательной скважины № 1, другая – до скважины № 3.

Наблюдения за уровнем воды в реке и в наблюдательных скважинах проводятся ежедневно утром до начала других видов работ. Бригады проводят замеры по очереди через день.

Таблица 2.1 Журнал нивелирования

№ пикета	Отсчет по рейке №1 $h_i$ , мм	Отсчет по рейке №2 $h_{i+1}$ , мм	Разница между отсчетами $\delta_i = h_i - h_{i+1}$ , мм + / -	Превышение, $\Delta_i = \Delta_{i-1} + \delta_i$ , мм
0 (ГР)	54	-		
1	142	12	42	42
2	154	46	96	138
...				
$i$				
$i+1$				
...				
N (Скв.)				

Результаты наблюдений записываются в журнал наблюдений (Приложение 1). Во время текущей камеральной обработки материалов данные замеров заносятся в электронную таблицу Excel ([таблица 2.2](#)).

Таблица 2.2 Результаты режимных наблюдений за уровнем поверхностных и подземных вод

Отметка верха патрубка относительно нуля гидрометрической рейки, м: Скв. 1 - 2,0  
Скв. 3 - 4,2

Дата измерения	Уровень воды в р. Белая, м	Глубина УПВ от верха патрубка, м		Отметка УПВ от нуля ГР, м		Примечания
		Скв. № 1	Скв. № 3	Скв. № 1	Скв. № 3	
09.06.2021	-0,57	2,15	4,45	-0,15	-0,25	
10.06.2021	-0,63	2,12	4,48	-0,12	-0,28	
11.06.2021	-0,62	2,15	4,47	-0,15	-0,27	
12.06.2021	-0,68	2,16	4,54	-0,16	-0,34	
13.06.2021	-0,58	2,24	4,64	-0,24	-0,44	
14.06.2021	-0,67	2,27	4,72	-0,27	-0,52	
15.06.2021	-0,64	2,39	4,66	-0,39	-0,46	

По окончании работ, в камеральный период, в электронном процессоре Excel строятся графики результатов наблюдений за уровнями воды в реке и наблюдательных скважинах ([рис. 2.5](#)), а также сравнительные графики уровней в наблюдательных скважинах по годам наблюдений.

Журналы наблюдений и графики приводятся в отчете о практике, в главе «Изучение приречного режима подземных вод».

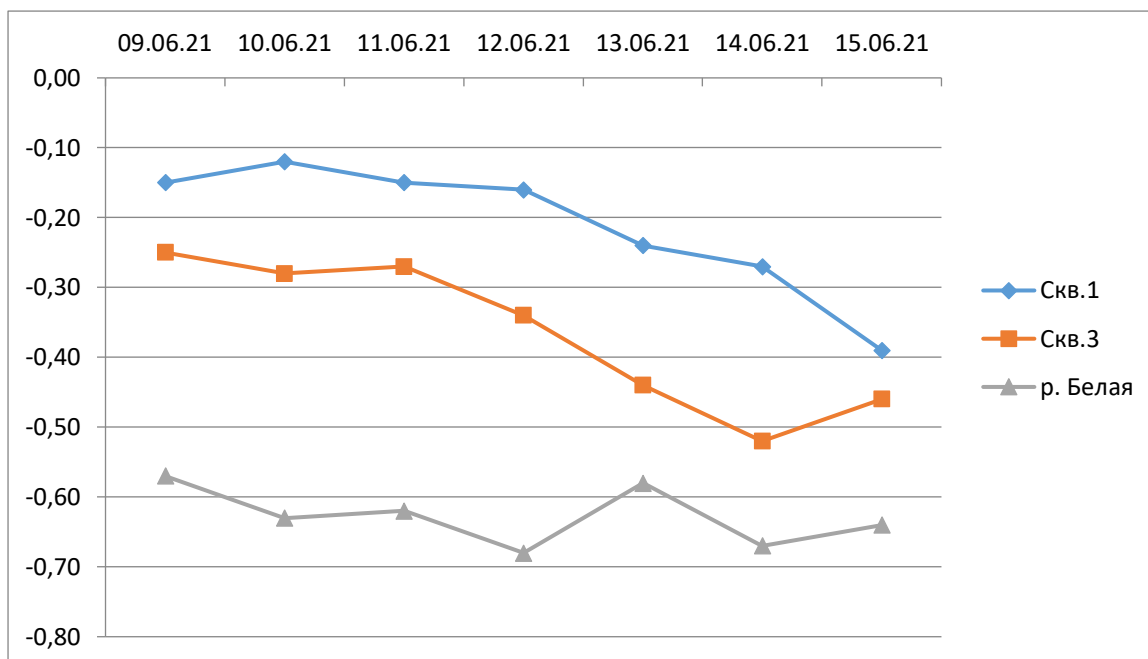


Рис. 2.5 – Графики колебания уровня подземных вод в наблюдательных скважинах и уровня воды в р. Белая.

### **3. Изучение поверхностных проявлений подземных вод (родники, мочажины)**

Питание и разгрузка грунтовых вод определяют водный баланс водоносного горизонта. Они определяют поступление воды в горизонт, накопление запасов подземных вод, а также отток и расходование запасов подземных вод данного водоносного горизонта.

Питание грунтовых вод осуществляется путем инфильтрации атмосферных осадков, конденсации, поглощения поверхностных вод, притока из нижележащих горизонтов и искусственного питания грунтовых вод. Питание грунтовых вод возможно в пределах всей площади распространения горизонта.

Разгрузка грунтовых вод осуществляется в виде источников, фильтрацией в русло или дно водоема при наличии гидравлической связи грунтовых и поверхностных вод, путем испарения, перетеканием в нижележащие водоносные горизонты, искусственным путем.

Настоящая тема посвящена изучению естественных источников подземных вод.

Источником (родником, ключом) называются естественный выход подземной воды на земную поверхность.

Термин «источник» употребляется для выхода любой подземной воды (пресной, минеральной, термальной), родник - преимущественно для естественных выходов пресной воды [4].

Выход подземных вод на поверхность обуславливается тремя, часто связанными между собой факторами:

1) расчленением местности, т.е. пересечением водоносных горизонтов эрозионными и другими отрицательными формами современного рельефа - речными долинами, балками, оврагами, озерными котловинами и т.п.

2) структурно-геологическим строением местности, т.е. наличием открытых тектонических трещин, антиклинальных складок с нарушенными крыльями и прочее.

3) наличием в районе интрузий и даек, в зонах контактов которых с осадочными горными породами могут образоваться открытые трещины, выводящие на поверхность подземные воды.

Кроме того, в осадочных горных породах, в самих интрузиях и дайках по трещинам могут выходить на поверхность подземные воды.

### **Классификация родников**

По связи с безнапорными и напорными водами различают: 1) нисходящие 2) восходящие источники.

По продолжительности действия (т.е. режим) различают: 1) постоянно действующие родники, существующие многие годы. Дебит изменчив по сезонам года и по годам. 2) сезонно-действующие родники, возникающие только в определенное время года. К этой группе относятся следующие родники: пересыхающие, действующие только после весеннего снеготаяния или выпадения обильных осадков; переливающиеся, перемежающиеся, свойственные закарстованным породам, родники оттаивания, выводящие подмерзлотные воды на поверхность и др. 3) ритмически действующие родники, характеризующиеся периодичностью изменений дебита и напора. Примером их служат гейзеры.

Особое место занимает группа родников, образование которых связано с деятельностью человека. Это родники, выходящие в нижнем бьефе плотин, образованные в результате фильтрации из оросительных каналов и выклинивающиеся на орошаемых массивах (возвратные воды) и др.

По степени изменчивости дебита в зависимости от отношения минимального дебита к максимальному подразделяются на 5 категорий: весьма постоянные ~ 1:1; постоянные от 1:1 до 1:2; переменные от 1:2 до

1:10; весьма переменные от 1:10 до 1:30; исключительно переменные от 1:30 до 1:∞. Причины колебаний дебита родников различны. Дебит нисходящих родников связан в основном с сезонными и годовыми изменениями осадков. Чем глубже залегает водоносный горизонт, меньше его водопроницаемость, слабее связь его с атмосферой и чем больше область питания, тем с большим опозданием отражается влияние выпадения осадков на дебите родников. Дебит восходящих родников отличается большим постоянством, чем нисходящих.

По приуроченности к отдельным типам подземных вод выделяют источники: 1) питающиеся верховодкой; 2) грунтовых поровых вод; 3) трещинных вод; 4) карстовых вод; 5) артезианских вод; 6) подземных вод в области многолетней мерзлоты.

Источники, питающиеся верховодкой, характеризуются резкими эпизодическими колебаниями дебита, температуры и состава, зависящими в основном от изменения метеорологических условий района распространения этих источников.

Источники грунтовых поровых вод являются нисходящими; дебит, температура и состав их подвержены сезонным и в меньшей мере эпизодическим колебаниям, которые обусловлены также в основном изменением метеорологических условий района.

Источники грунтовых и напорных трещинных вод бывают нисходящие и восходящие. Первые связаны с трещинами зоны выветривания магматических, метаморфических и осадочных горных пород. От источников грунтовых поровых вод они отличаются тем, что обычно имеют более концентрированные сосредоточенные выходы. Восходящие источники приурочены к отдельным тектоническим трещинам и зонам тектонических нарушений, пересекающих и дренирующих систему трещин зоны выветривания. Эти источники питаются напорными трещинными водами,

причем напор в них обуславливается гидростатическим давлением, давлением газов (нарзаны) или водяных паров (гейзеры). К этой группе относятся большинство выходов минеральных вод, а также термальные источники.

Источники грунтовых и напорных карстовых вод встречаются как нисходящие, так и восходящие. Они отличаются большим разнообразием условий выхода на поверхность. Из большого количества разнообразных карстовых источников можно выделить 3 подгруппы: 1) перемежающиеся; 2) постоянные; 3) субмаринные.

Перемежающиеся источники характеризуются резким непостоянством дебита во времени; действуя по принципу сифона, они дают то большие дебиты, то очень малые, вплоть до прекращения выхода воды. Связаны подобные источники с зоной, залегающей выше уровня карстовых вод.

Постоянные источники связаны с крупными трещинами, подземными каналами, горизонтальными пещерами, развитыми в зоне распространения основных карстовых водоносных горизонтов. Дебит этих источников иногда достигает несколько м<sup>3</sup>/с, причем часто имеет резкие колебания по сезонам года.

Субмаринные источники приурочены к подземным карстовым каналам, залегающим ниже уровня моря.

Источники артезианских вод являются восходящими, связаны они с напорными водами артезианских бассейнов и склонов. На территории артезианских бассейнов источники выходят в долинах рек, оврагах, озерных котловинах, складках и др.

В областях вечной мерзлоты выделяются надмерзлотные - нисходящие, межмерзлотные - восходящие и подмерзлотные – восходящие источники.

К особой группе источников, встречаемых в районах молодой вулканической деятельности, относятся гейзеры, получившие свое название от района Гейзер в Исландии, где они впервые были исследованы.

По признакам выхода вод на земную поверхность родники подразделяются на три типа: реокрены, лимнокрены и гелокрены.

*Реокрен* образует узкий и быстрый ручей, который течет по склону и впадает в другой более крупный водоток. Характерен для склонов или у основания холмов, на склонах речных долин или иных эрозионных врезках.

*Лимнокрен* на выходе образует небольшой проточный водоем, так называемую “ванну”, из которой вытекает ручей. На дне лимнокреновой ванны часто наблюдаются грифоны (ключи), по которым поступают подземные воды на дневную поверхность. Грифон — водоподводящий канал (стержень), заканчивающийся у поверхности чашеобразной впадиной.

Множественные небольшие выходы подземных вод на относительно ровную поверхность образуют *гелокрен*, обычно выраженный топким, заболоченным местом (мочажина). Совокупность нескольких близко расположенных *гелокренов* составляет кренополе (пластовый выход подземных вод).

### **Общая схема изучения родников**

При изучении родников необходимо произвести полевое обследование родника и окружающей местности, отобрать пробы воды, выполнить анализ отобранных проб и произвести оценку качества воды. Описание родника включает следующие сведения ([таблица 3.1](#)) [11].

Таблица 3.1 Перечень сведений, необходимых для описания родника

№ п/п	Необходимые сведения	Пояснения
1.	Географическое положение	Указывается направление и расстояние от ближайшего к роднику населенного пункта, точки привязки. Географические координаты родника (по GPS / ГЛОНАСС навигатору).
2.	Положение в рельефе	Отмечается положение родника относительно орогра-



		фических и гидрографических элементов местности. Например, «родник расположен у подошвы северо-западного склона холма (гряды) высотой около 30 м», или «в верхней части пологого (крутого) склона речной долины (балки, оврага)», или «в основании (середине) уступа правого коренного берега реки», или «у подножья первой надпойменной террасы» и др.
3.	Высота выхода родника относительно уреза воды в ближайшем водоеме или водотоке	Указывается превышение места выхода над меженным уровнем водотока или водоема, дном балки, оврага, поверхностью болота. Отмечается возможность затопления родника во время половодий и паводков.
4.	Абсолютная высота выхода родника	По горизонталям крупномасштабной топографической карты.
5.	Тип питающих источник подземных вод	Указывается тип подземных вод в соответствии с их классификацией по условиям залегания: верховодка, грунтовые, межпластовые, трещинные, трещинно-карстовые воды.
6.	Геологическая структура участка	Информация о геологическом строении территории. О геологии данного участка можно судить по обнажениям горных пород поблизости и фондовой геологической карте.
7.	Характеристика водоносного горизонта	Дается по гидрогеологическим картам в виде общепринятого сокращенного обозначения.
8.	Тип родника	Для родников грунтовых поровых вод указывается их тип: депрессионный, контактовый, экранированный, субаквальный. Для родников, питающихся напорными водами, тип указывается как «напорный».
9.	Характер выхода воды	Описывается сколько близко расположенных выходов имеет родник (один или несколько), характер истечения воды (спокойное, пульсирующее и др.).
10.	Дебит	Малодобитные источники измеряются объемным способом: 1) по времени восстановления уровня в приемке; 2) по времени заполнения водой емкости через сливной лоток. При больших расходах применяют гидрометрический метод с использованием поплавков или вертушек.
11.	Отложения родника	Отмечается характер отложений: твердый осадок, охра, натеки, налет, а также их цвет. По возможности определяется химический состав отложений.
12.	Каптаж родника	Описывается конструкция каптажного устройства, его состояние, защищенность каптажной камеры от попадания загрязнений.
13.	Источники возможного загрязнения воды	Отмечается наличие поблизости объектов – возможных источников загрязнения воды и почвы: дорог, автостоянок, сельскохозяйственных угодий, огородов, силосных ям, навозохранилищ, свалок, складов удобрений, химикатов, горюче-смазочных материалов, кладбищ и др. Кроме того, необходимо отметить наличие болот или осушенных торфяников вблизи

		родника.
14.	Физические свойства воды	Определяются такие показатели как температура, вкус, запах, цвет, прозрачность воды.
15.	Отбор проб воды на химический анализ	№ пробы, место отбора, дата (оформляется этикетка)
16.	Другие сведения	В качестве дополнительной информации можно указать: удобство подъездных путей, примерное количество людей, пользующихся родником, особые свойства воды, превышение нормативных показателей качества, рекомендации по охране и благоустройству и др.

Результаты обследования родника могут быть оформлены в виде «Акта обследования родника». Пример такого акта, принятого как стандарт предприятия ФГБУ «Гидроспецгеология» приведен в Приложении 3.

### ***Определение дебита родников***

*Дебит* – объем жидкости, стабильно поступающий из некоторого естественного или искусственного источника в единицу времени [4].

Дебиты маломощных родников определяются объемным способом. Для определения расхода воды объемным способом нужны: протарированный мерный сосуд (кружка, ведро), секундомер, черпак или металлический лоток (желоб).

Объемным способом можно измерить дебит родника двумя методами: 1) восстановлением уровня в приемке; 2) через сливной лоток.

#### ***1. Измерение расхода родника способом восстановления уровня***

Вблизи от выхода воды на поверхность, на пути стока воды выкапывается приемок ([рис. 3.1](#)), размер и глубина которого позволяют сделать единовременное понижение уровня в нем (одноразово вычерпать некоторый объем воды). Приемок выкапывается таким образом, чтобы он перехватывал весь поток воды, выходящий из родника.

В приемке устанавливается мерная вешка (палочка, щепка) с меткой на уровне воды в приемке. Затем из приемка одноразово черпаком вычерпывается вода (для этого удобно использовать походный котелок или об-

резанную пятилитровую пластиковую бутылку) и измеряется время восстановления воды до условной метки (в секундах). С помощью мерной емкости измеряют объем воды, изъятый воды из приемка. Полученные значения заносят в таблицу ([таблица 3.2](#)).

Дебит источника вычисляется по формуле:

$$Q = V/t, \quad (3.1)$$

где

$Q$  – дебит источника в л/с;

$V$  – объем мерного сосуда в литрах ( $\text{дм}^3$ );

$t$  – время заполнения мерного сосуда в секундах.



Рис. 3.1 - Приемок на роднике №1.

Таблица 3.2 Журнал измерения дебита родника

Родник № \_\_\_\_\_

№ п.п.	Время восстановления уровня $t$ , с	Объем вычерпанной воды $V$ , $\text{дм}^3$	Дебит, $Q$ , $\text{дм}^3/\text{с}$
1.			
2.			
3.			

Среднее			
---------	--	--	--

Результатом измерения является значение среднего дебита ( $Q_{cp}$ ) родника.

## **2. Измерение расхода родника с помощью лотка**

Вблизи от выхода воды на поверхность, на пути стока воды устраивается грунтовая плотина таким образом, чтобы полностью перекрыть ток воды. На гребень плотины устанавливают лоток так, чтобы можно было подставить мерную емкость. После установления постоянного тока воды через лоток производят трехкратное измерение расхода путем измерения времени заполнения мерной емкости. Результаты замеров заносят в таблицу измерения дебита родника ([таблица 3.2](#)).

Дебиты родников с большим расходом (более 3-4 дм<sup>3</sup>/с), ниже которых формируются ручьи (реокрены) определяют гидрометрическим способом с использованием поплавков или гидрометрических вертушек.

После завершения замеров дебита дают некоторое время, для того чтобы вода отстоялась в запруде или приямке и производят отбор пробы воды для химического анализа.

Правила отбора проб воды регламентированы ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб» [5].

Основным требованием при отборе воды является чистота бутылки и пробки. Наиболее доступной и удобной емкостью для отбора проб воды, является пластиковая бутылка из-под пресной питьевой воды. Перед заполнением бутылку ополаскивают отбираемой водой не менее 3-х раз.

Время и условия хранения проб воды для определения отдельных компонентов различны. Однако в большинстве случаев рекомендуется хранить пробу в темном месте при температуре 2–5 °С не более суток.

При определении микробиологических показателей емкость (обычно стеклянная), в которую отбирается проба, должна быть простерилизо-

вана в сушильном шкафу при температуре 160–170 °С в течение часа или в паровом стерилизаторе при температуре 120 °С в течение 20 минут. Проба охлаждается до 2–10 °С и хранится не более 6 часов.

При определении органических веществ обычно используют емкости из темного боросиликатного стекла. При анализе воды на содержание нефтепродуктов требуется отдельная стеклянная емкость, промытая гексаном.

Ряд нестабильных компонентов ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , pH, Eh и др.) желательно определять непосредственно на водоисточнике. Растворенные в воде газы (кислород, углекислый газ, сероводород и др.) требуют специальных методов отбора и консервации.

Количество воды, отбираемой на анализ, зависит от его вида. Объем пробы воды, требующийся для производства полного химического анализа, составляет 2 л. На бутылку с пробой воды наклеивают этикетку с помощью прозрачного скотча. Пример бланка этикетки пробы воды приведен в Приложении № 4.

При передаче пробы воды в лабораторию для производства анализа бутылку с пробой маркируют и сопровождают Актом отбора проб. Акт отбора содержит следующие сведения:

- 1) Расположение и наименование места отбора проб;
- 2) Дата и время отбора;
- 3) Метод отбора;
- 4) Метеорологические условия;
- 5) Температура воды при отборе;
- 6) Метод подготовки к хранению;
- 7) Цель исследования воды;
- 8) Исполнитель (должность, фамилия, подпись).

### ***Изучение источников подземных вод***

На учебной полевой практике изучение поверхностных проявлений подземных вод проводится в процессе гидрогеологического маршрута.

Перед началом маршрута заполняется титульная страница полевого дневника (Приложение 2).

На первой странице «Полевого дневника» записывается: цель маршрута; направление маршрута.

*Далее приводится описание местоположения точек наблюдения на территории проведения учебной практики.*

**Родник №1 (точка наблюдения №1)** находится на склоне правого борта долины р. Белая, в 60-70 м севернее (по автодороге «Гузерибль-Майкоп») въезда на базу «Белая речка» и в 10-15 м вниз по склону от автодороги ([рис. 3.2](#)).

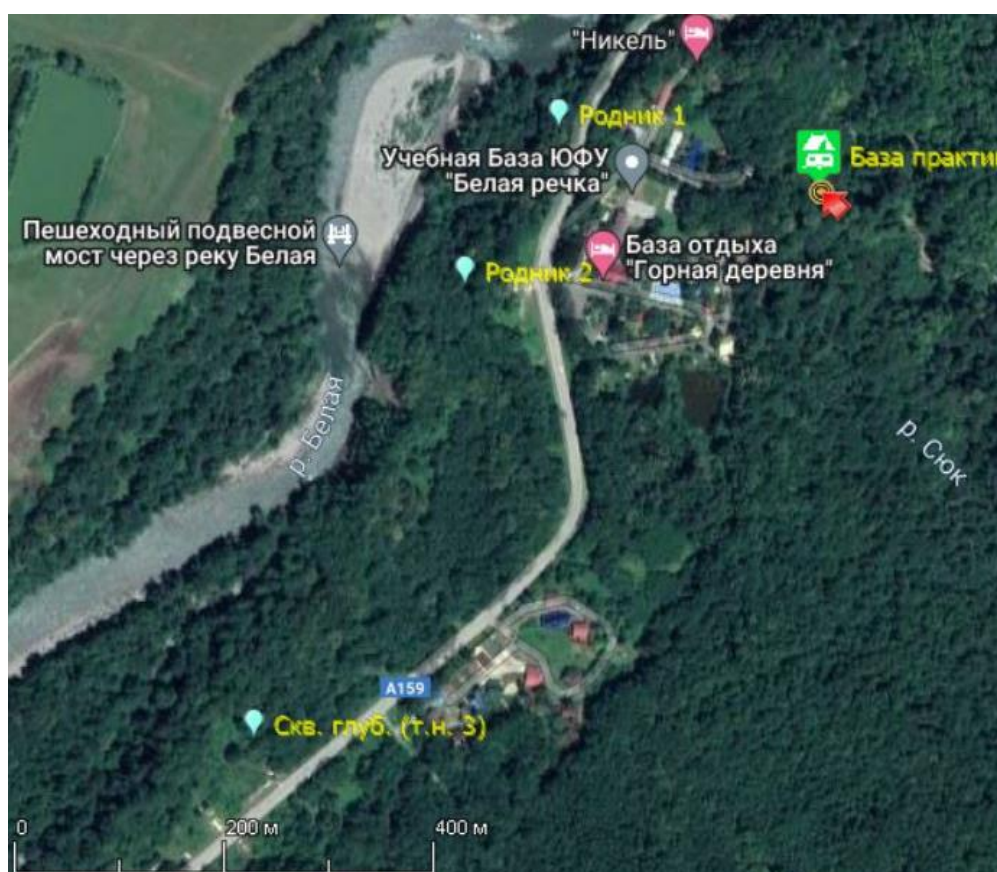


Рис. 3.2 - Расположение источников подземных вод – точки наблюдения №№ 1, 2, 3

Водовмещающими породами являются коллювиально-делювиальные отложения склонов (*c, d III-H*). Область питания подземных

вод находится в пределах верхненеоплейстоценовой аллювиальной террасы (*aIII<sub>1-2</sub>*). Подземные воды дренируются через коллювиально-делювиальные накопления из основания аллювиальной террасы ([рис. 3.1](#)).

На источнике подземных вод студенты выполняют следующее: описание родника, определение дебита двумя способами, отбор пробы воды.

**Родник №2 (точка наблюдения №2)** находится на правом борту р. Белая под дорожкой (тропинкой) от турбазы «Горная деревня» к подвесному мосту ([рис. 3.2](#)), в 80 м западнее входа в турбазу «Горная деревня».

Источник каптирован в металлическую трубу. На источнике подземных вод студенты выполняют следующее: описание родника, определение дебита с помощью мерной емкости.

Далее маршрут следует на юг, вдоль автомобильной дороги «Майкоп-Гузерибль».

**Точка наблюдения №3 (старая разведочная скважина)** находится в 500-520 м юго-западнее входа на турбазу «Горная деревня» ([рис. 3.2](#)), в 40 м западнее автодороги, за деревьями. В точке наблюдения находится заброшенная разведочная скважина, предположительно глубиной около 900 м. Из скважины самоизливаются высокоминерализованные подземные воды (рассол).

На водопункте студенты выполняют следующее: описание источника подземных вод, определение дебита способом восстановления уровня, отбор пробы воды.

Далее маршрут следует на юг, вдоль автомобильной дороги «Майкоп-Гузерибль», к входу в «Гранитный каньон».

**Родник №4 (Точка наблюдения №4)** находится в 2,3 км юго-западнее входа на турбазу «Горная деревня», по левой стороне дороги «Майкоп-Гузерибль». В основании склона находится каптированный родник с оборудованным подходом ([рис. 3.3](#)).

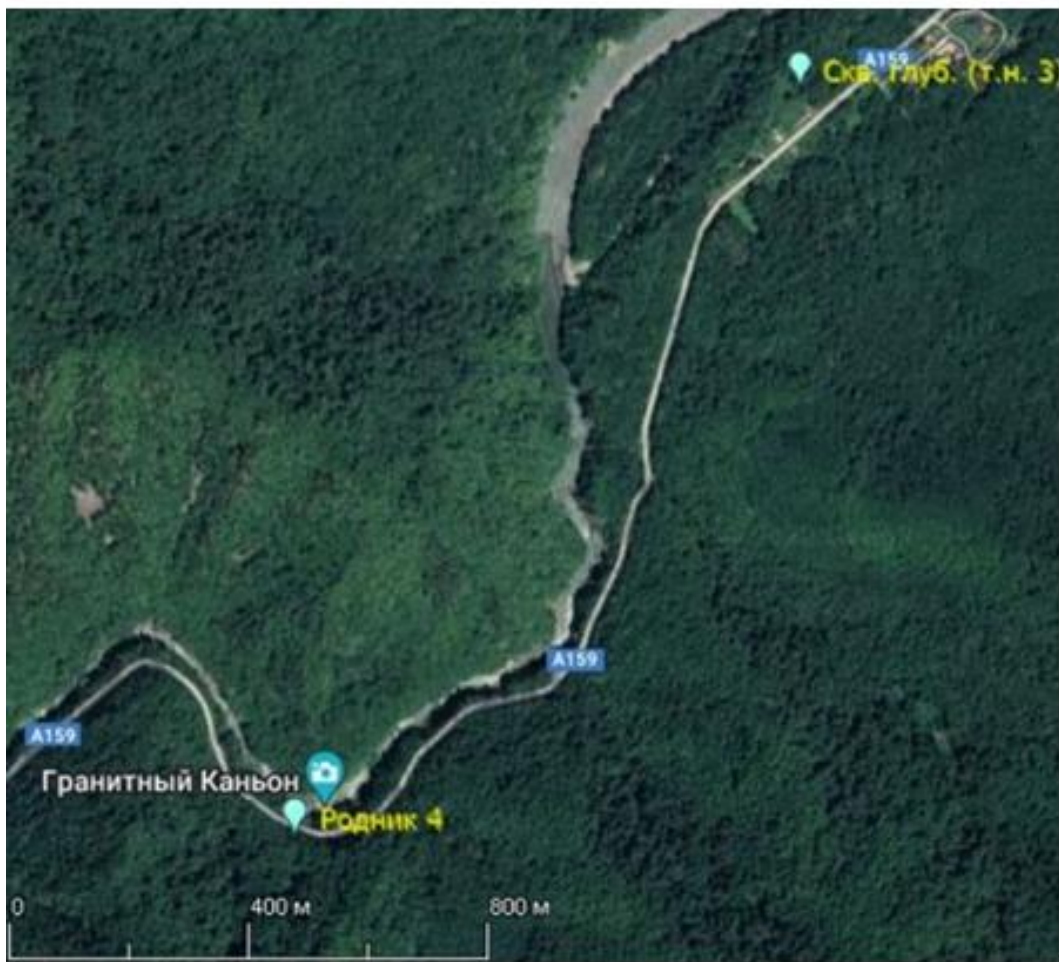


Рис. 3.3 - Местоположение и внешний вид родника №4.



На роднике студенты выполняют следующее: описание родника, определение дебита с помощью мерной емкости (ведра), отбор пробы воды.

Маршрут завершается фотосессией на фоне «Гранитного каньона» и возвращением на базу практики.

Во время текущей (полевой) камеральной обработки материалов студенты заполняют ведомость (реестр) отбора проб воды и выполняют химические анализы воды (определение отдельных компонентов) с помощью полевой химической лаборатории.

#### **4. Гидрометрические исследования на малых реках и ручьях**

Гидрометрические работы проводятся для количественной оценки разгрузки подземных вод в гидрографическую сеть территории.

На практике величина подземного стока отождествляется с естественными ресурсами подземных вод. Однако подземное питание рек (подземный сток в реки) практически всегда меньше общего подземного стока или питания подземных вод, разгрузка которых осуществляется не только в поверхностные водотоки (реки и ручьи), но и родниковым стоком, испарением и транспирацией.

В настоящее время разработаны различные методы оценки питания подземных вод, наиболее распространенным из которых является метод определения меженного подземного стока в реки (на одном или между двумя гидрометрическими створами).

Гидрометрический метод оценки подземного стока в реки входит в состав работ при проведении гидрогеологической съемки.

Исходными материалами для оценки подземного стока в реки являются:

- результаты измерений летне-осенних меженных расходов водотоков на временных гидрометрических створах;

- данные о площадях водосборов водотоков, в том числе участков водосборов, ограниченных положением временных гидростворов;

- сведения о ежедневных расходах рек по наблюдательной сети Росгидромета (данные, содержащиеся в базе данных государственного мониторинга поверхностных водных объектов, ведение которого осуществляется подразделениями Росгидромета);

- карта распространения основных гидрогеологических подразделений.

Для оценки подземного стока гидрологические исследования проводятся в период летне-осенней межени при отсутствии поверхностного стока и интенсивного выпадения атмосферных осадков на дневную поверхность. В этот период расходы рек, находящихся в природных (естественных) условиях, формируются в основном за счет разгрузки в них подземных вод.

В состав гидрометрических работ входят:

- гидрологические и гидрогеологические рекогносцировочное обследование рек и выбор участков для устройства гидрометрических створов;
- оборудование временных гидрометрических створов и определение площади поперечного сечения русла водотока на каждом створе;
- определение скорости течения и расходов водотоков.

***Рекогносцировочное обследование рек и выбор участков для устройства гидрометрических створов включают:***

- визуальный осмотр долин рек и определение морфометрических характеристик: формы доли, их очертаний в плане, описания пойм и надпойменных террас с отражением их ширины и высоты;
- установление наличия родников, описание характера выхода источника (одиночный, групповой, пластовый), определение дебита источника, определение физических свойств воды, отбор проб подземных и поверхностных вод на химический анализ и определение неустойчивых компонентов химического состава, определение температуры подземных вод в месте выхода родника;
- выявление участков рек с прямолинейным течением потока, на которых отсутствуют: притоки рек меньшего порядка, для размещения на таких участках гидрометрических створов;

- выявление распространения проявлений экзогенных геологических процессов (оползней, селей, карстовых воронок, осыпей, конусов выноса и др.).

### ***Устройство временных гидрометрических створов и определение площадей поперечных сечений профилей рек***

На каждом выбранном участке оборудуются по два гидрометрических створа на расстояниях равных двукратной ширины водотоков, на малых притоках – до пятикратной их ширины.

Каждый гидрометрический створ устанавливается перпендикулярно течению реки и закрепляется на обоих берегах реперами (столбами или вехами). Для каждого створа устанавливаются координаты и абсолютные отметки берега реки.

При расстояниях между реперами менее 50 м между ними протягиваются капроновая веревка или тонкий (2-4 мм) металлический трос, размеченные железными скобами, на которых цифрами отмечаются расстояния кратные 0,5 и 1 м. На реках глубиной до 1,0 м и скорости течения менее 0,5 м/с промеры глубины реки выполняются вброд с помощью гидрометрической штанги.

Гидрометрическая штанга (наметка) представляет собой сборный (секциями по 1,0-1,5 м) круглый металлический шест диаметром 3 см с 10-сантиметровыми делениями. Она применяется при глубинах рек до 2,0 - 3,0 м и скоростях течения воды менее 0,5 м/с. Во избежание погружения в ил штанга оборудуется поддоном в виде диска диаметром 7,5 - 15 см. Нижняя поверхность поддона совпадает с нулевым делением наметки. В момент измерения шест должен быть установлен вертикально. При волнении берется средний из отсчетов по гребню и ложбине волны, прошедший через наметку. Точность измерения глубины с помощью наметки примерно 2%.

Для определения площади живого сечения потока рек, их глубины измеряются на промерных вертикалях створов, количество которых определяется протяженностью створов и гипсометрическими профилями днищ рек в створах (рис. 4.1). При ширине рек (ручьев) до 10 м расстояния между промерными вертикалями сужают до 0,2 м.

Отсчет глубин рек на промерных вертикалях производится по маркам (отметкам) на гидрометрических штангах.

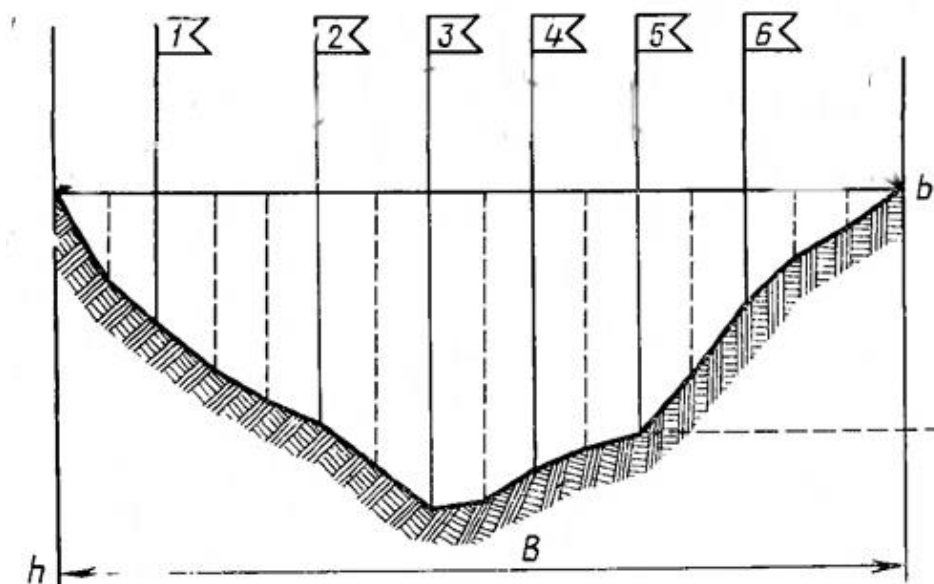


Рис. 4.1 - Профиль живого сечения реки.

Измеренные глубины по створам записываются в таблицу (таблица 4.1).

Таблица 4.1 Журнал измерения глубин по гидрометрическим створам

№ п.п.	Расстояние между вертикалями $l$ , м	Глубины по вертикали $h$ , м	Площадь сечения $S_i$ , $m^2$	Примечания
1				
...				
$i$				
$i+1$				
...				
$n$				
$\Sigma$	-	-		

Площадь живого сечения реки ( $W$ ) находят по формуле :

$$W = \sum_{i=1}^n \left( \frac{h_i + h_{i+1}}{2} * l_i \right) \quad (4.1)$$

### ***Измерение скорости потока поверхностными поплавками***

Инструментальные измерение скорости течения рек производят с помощью гидрометрических вертушек или, в последнее время, с использованием приборов на основе эффекта Доплера (лазерные, радиолокационные). При рекогносцировочных обследованиях рек, ледоходе, отсутствии вертушек или доплеровских приборов, измерения проводятся поплавочным способом, так как точность поплавочных измерений существенно ниже инструментальных [15].

Поплавки бывают: поверхностные, глубинные и интегральные. На ручьях или мелких реках используют поверхностные поплавки (рис. 4.2).

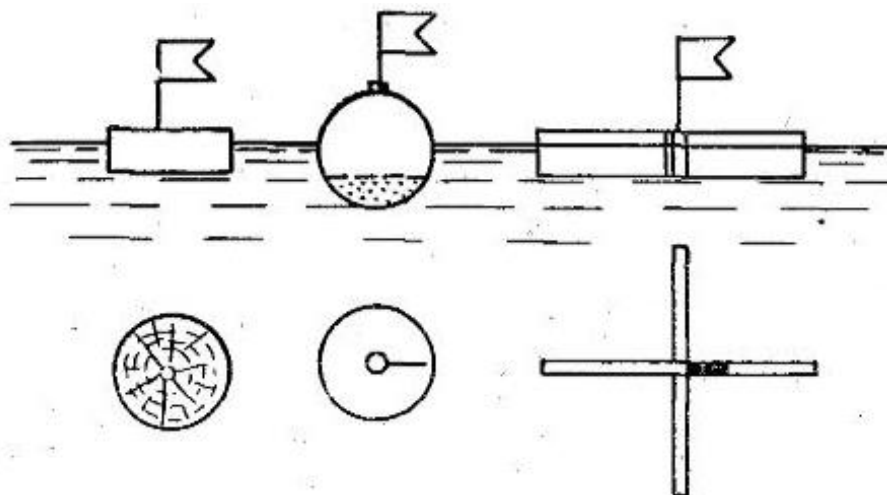


Рис. 4.2 - Конструкция поверхностных поплавков.

Чаще всего они представляют собой деревянные цилиндры диаметром 5-30 см высотой 2 см, пригруженные сосуды или крестовины из досок.

На практике студенты используют деревянные цилиндры.

На реках по берегу параллельно основному направлению течения прокладывается магистраль и перпендикулярно к ней разбиваются три

створа: верхний, средний (центральный) и нижний. Расстояние между створами назначается такое, чтобы продолжительность хода поплавков между ними составляла 10-20 секунд.

Измерение скорости течения поверхностными поплавками состоит в определении времени прохождения ими расстояния от верхнего до нижнего створа. По центральному створу засекается место прохождения поплавка относительно начала или конца створа.

На средних и больших реках запускается 15-20 поплавков, равномерно распределенных по ширине реки. Затем вычисляют частичные фиктивные расходы  $q_f$  на каждом сегменте (скоростной вертикале). Их сумма, с учетом краевых коэффициентов, дает общий фиктивный расход воды  $Q_f$ .

На реках с быстрым течением или ручьях, таких как ручей Сюк, где невозможно пустить поплавки по всей ширине, так как поплавки сносятся к середине потока, расходы воды определяются по наибольшей поверхностной скорости между двумя створами. В этом случае на стрежневую часть потока пускается 5-10 поплавков. Из всех пущенных поплавков выбираются три с наибольшей продолжительностью хода, отличающиеся друг от друга по времени не более чем на 10%; при большем отклонении продолжительности хода пускается ещё 5-6 поплавков [13]. Погрешность измерения вычисляется как отношение разности среднего и частных измерений к среднему, выраженная в процентах:

$$\delta_V = (V_{cp} - V_i) / V_{cp} * 100 \quad (4.2)$$

Измерение скорости потока ручья Сюк, студенты определяют именно этим способом. Результаты измерений заносятся в таблицу ([таблица 4.2](#)). Гидрометрические створы, на которых измеряется живое сечение ручья, и

между которыми определяется скорость течения, располагаются в непосредственной близости (в створе) база практик «Никель».

Таблица 4.2 Журнал измерения скорости потока поверхностными поплавками

№ п.п	Расстояние между створами $l$ , м	Время $t$ , с	Скорость $V$ , м/с	Погрешность измерения $\delta_V$ , %
Створ № _____				
1				
...				
n				
Замеры с наибольшей продолжительностью:				
1				
2				
3				
Среднее				

При измерении скорости реки поплавковым способом промеры глубин выполняются на двух (верхнем и нижнем) гидрометрических створах (рис. 4.3).



Рис. 4.3 - Схема расположения створов при измерении скорости течения поплавками.

На каждом из них вычисляют площади живого течения. Средняя площадь поперечного сечения водного потока определяется как половина суммарной площади поперечного сечения двух створов.

Расход воды вычисляется по формуле:

$$Q_{\phi} = W_{cp} \cdot V_{cp} \quad (4.3)$$



Полученное значение расхода называется фиктивным, поскольку при его определении используется скорость течения поверхностных слоев водного потока, которая выше по сравнению с истинным её значением. Действительный расход поверхностного водного потока ( $Q_{нов}$ ) получают введением в расчет расхода воды переходного коэффициента ( $k$ ), величина которого зависит от характера русла водного потока.

$$Q_{нов} = k W_{cp} V_{cp} \quad (4.4)$$

Значения переходных коэффициентов при глубине водного потока до 1 м, приведены в [таблице 4.3](#).

Таблица 4.3 Значения переходных коэффициентов при глубине водного потока до 1 м

Характер русла	Коэффициент
Илистое, глинистое русло	0.87-0.93
Песчаное, гранитовое русло с ровными берегами без растительности	0.78-0.86
Галечное, каменистое русло, водная растительность, извилистые берега	0.70-0.77

### ***Определение подземного стока в аллювиальных отложениях горного ручья***

В горных ручьях и реках, аллювий которых сложен валунно-галечниковыми отложениями, значительная часть подземных вод, разгружающихся в реку, проходит стоком внутри валунно-галечниковых аллювиальных отложений. Особенно это характерно для долин, врезанных в плохо дренируемые породы (долина р. Сюк).

Величину этого стока можно ориентировочно оценить используя закон Дарси

$$Q_{под} = k \cdot F \cdot I, \quad (4.5)$$

где:  $Q_{под}$  – расход потока воды в толще в аллювиальных отложениях ( $\text{м}^3/\text{сут}$ );

$k$  – коэффициент фильтрации аллювия ( $\text{м}/\text{сут}$ ),

F- площадь поперечного сечения руслового аллювия (равна произведению ширины пойменного аллювия на его мощность);

I- градиент (уклон) потока.

Для соблюдения однозначности расчетных величин м<sup>3</sup>/сут переводятся в м<sup>3</sup>/с, делением на 86400 (количество секунд в сутках).

Суммарный расход потока ручья определяется суммированием расходов воды в водотоке и толще аллювия:

$$Q = Q_{нов} + Q_{под} \quad (4.6)$$

Источником информации для оценки фильтрационных свойств и мощности аллювиальных отложений служат материалы Госгеолкарты 200 [9]. По данным геолого-съемочных работ мощность пойменных отложений р. Сюк составляет около 1,0 м.

Ширина поймы(полосы распространения пойменного аллювия) измеряется при проведении нивелировки поперечного профиля русла ручья Сюк.

Градиент уклона потока ручья находят как отношение превышения отметок уреза воды ( $\Delta h$ ) в двух точках к расстоянию между измеренными точками ( $l$ ):

$$I = \Delta h / l \quad (4.7)$$

Превышения отметок уреза воды определяются путем нивелирования на расстоянии 50-100 м вдоль русла ручья.

Нивелирование проводится с помощью гидроуровня и двух измерительных реек. Последовательность нивелирование такая же, как и при нивелировании оголовков наблюдательных скважин, только добавляется обязательное измерение расстояния между пикетами. В журнал наблюдений записываются (таблица 4.4) отсчеты (в метрах, с точностью до миллиметров) по рейке №1 (ПК<sub>i</sub>) и рейке №2 (ПК<sub>i+1</sub>), а также расстояние между рейками.

Суммарный расход потока поверхностных вод и потока воды в отложениях аллювия реки можно использовать для ориентировочной оценки естественных ресурсов подземных вод в пределах водосборной площади, расположенной выше расчетного створа. Количественным показателем естественных ресурсов подземных вод является модуль подземного стока.

Таблица 4.4 Журнал нивелирования продольного профиля ручья

№ пикета	Отсчет по рейке №1 $h_i$ , м	Отсчет по рейке №2 $h_{i+1}$ , м	Расстояние между рейками $S_i$ , м	Разница между отсчетами $\delta_i = h_i - h_{i+1}$ , м + / -	Превышение, $\Delta_i = \Delta_{i-1} + \delta_i$ , м
0	0,540	-			
1	1,42	12		42	42
2	154	46		96	138
...					
$i$					
$i+1$					
...					
$n$					
$\Sigma$	-	-	...	-	-

Модуль стока – объем воды, стекающий с определенной площади бассейна за единицу времени, измеряется в  $m^3/c$  ( $c км^2$ ). Находится как отношение расхода воды ( $Q$ ),  $m^3/c$  к площади водосбора ( $F$ ),  $км^2$ .

$$M = Q / F \quad (4.8)$$

Если за промежуток времени, в течение которого поверхностная вода может добежать от границы водосбора до створа, где измеряется расход, не было атмосферных осадков, то можно приближенно считать, что расход в реке (ручье) формируется за счет подземного стока в результате дренирования подземных вод рекой и выходов подземных вод в виде родников.

При гидрологических исследованиях подземного стока измерения проводят в меженный период, в расчете используют результаты много-

летних наблюдений (6 и более лет), либо используют данные многолетних наблюдений на гидропостах аналогах Росгидромета. Соответственно, полученные студентами результаты определения модуля стока действительны только на период проведения измерений.

### *Изучение эрозионной деятельности р. Сюк*

Дополнительно к гидрометрическим работам студенты на ручье Сюк проводят изучение эрозионной деятельности речного потока.

Деятельность русловых потоков складывается из размыва земной поверхности водным потоком - эрозии, переноса и аккумуляции продуктов размыва. Деятельность потока определяется в первую очередь его кинетической энергией, описываемой известной формулой  $mv^2/2$ , где в данном случае  $m$  – масса воды,  $v$  – скорость течения. Скорость течения, в свою очередь, зависит от величины уклона русла. Основная часть энергии расходуется на перенос обломочного материала, поступающего в русло, а также на преодоление сопротивлений, возникающих вследствие турбулентности потока и его трения о дно и борта русла. Избыток энергии тратится на эрозию, направленную на размыв водными потоками земной поверхности [24].

Эрозионная деятельность реки осуществляется различными несколькими способами:

при помощи переносимых речным потоком осадков, которые воздействуют на коренные породы ложа реки как абразивный материал;

за счёт растворения пород ложа (важную роль в этом играют растворённые в воде органические кислоты);

за счёт гидравлического воздействия воды на рыхлый материал ложа (вымывание рыхлых частиц);

дополнительными факторами могут служить разрушение берегов во время ледохода, темроэрозийные процессы и др.

Эрозионная деятельность реки осуществляется различными несколькими способами:

при помощи переносимых речным потоком осадков, которые воздействуют на коренные породы ложа реки как абразивный материал;

за счёт растворения пород ложа (важную роль в этом играют растворённые в воде органические кислоты);

за счёт гидравлического воздействия воды на рыхлый материал ложа (вымывание рыхлых частиц);

дополнительными факторами могут служить разрушение берегов во время ледохода, темроэрозийные процессы и др.

Интенсивность боковой эрозии зависит от угла подхода стрежени потока к берегу. Стрежень - линия, соединяющая точки наибольших скоростей на поверхности воды. На прямых участках стрежень обычно располагается близ середины водотока, в таких условиях боковая эрозия не проявляется. На извилистых участках происходит отклонение стрежени к одному из берегов, что приводит к сжатию потока и его «набеганию» на этот берег, сопровождающемуся размывом последнего. «Прижимание» потока к берегу обуславливает образование циркуляционного течения, донная ветвь которого направлена к противоположному берегу. Поскольку придонные слои наиболее насыщены обломочным материалом (в том числе и образованным за счёт эрозии берега), то происходит перемещение материала от размываемого берега к противоположному, где происходит его аккумуляция в форме прирусловой отмели [24].

В результате эрозионная деятельность водотока приводит к изменению поперечного профиля его русла. В качестве объекта наблюдения данного процесса в районе проведения учебной практики выбран ручей Сюк,

в русловой части которого на гидрометрическом створе установлены два опорных репера. Ежегодно между реперами проводится нивелировка поперечного профиля русла. Цель наблюдений – проследить изменчивость поперечного профиля русла ручья Сюк в многолетнем разрезе.

Нивелировка проводится с помощью гидроуровней, также как и при определении градиент уклона потока ручья. Результаты записываются в журнал нивелирования поперечного профиля ручья Сюк ([таблица 4.4](#)).

### **Камеральная обработка материалов наблюдений**

Во время *полевой (текущей) камеральной обработки материалов работ* студенты: 1) строят профили живого сечения ручья по двум створам; 2) находят уклон потока воды в р. Сюк (обрабатывают журнал нивелирования), 3) рассчитывают скорость течения, расход воды в ручье Сюк, расход подземных вод руслового аллювия и суммарный расход, 4) строят профили поперечное сечение русла р. Сюк.

1. Профили живого сечения ручья строятся с помощью электронной таблицы Excel. Журналы измерения глубин по гидрометрическим створам (табл. 4.1) заполняются в Excel и по этим данным строится точечный график (точки соединенные линиями): по оси ординат – глубины (ось в обратном порядке значений), по оси абсцисс – расстояния между измерениями глубин (рис. 4.1). Площадь живого сечения ручья находится в Excel по формуле (4.1).

2. В Excel заполняется журнал нивелирования вдоль уреза воды ручья ([таблица 4.4](#)) и вычисляется градиент (уклон) воды в ручье по формуле (4.7).

3. В Excel заполняется журнал измерения скорости потока ручья, вычисляются: средняя скорость потока, поверхностный расход воды в ру-

чье Сюк (4.4), расход подземных вод в русловом аллювии (4.5) и суммарный расход.

4. В Excel заполняется журнал нивелирования поперечного сечения русла ручья и строится график поперечного сечения текущего года, который добавляется как очередной ряд наблюдений на график измерения поперечного сечения русла ручья за многолетний период. График строится аналогично профилю живого сечения ручья.

Журналы, заполненные в электронной таблице Excel, с построенными графиками сохраняются в отдельных файлах и будут приложены к электронному варианту отчета о практике.

Мобильный интернет на базе практик относительно медленный, поэтому расчет модуля подземного стока проводится при окончательной камеральной обработке, в компьютерном классе.

Площадь водосборной поверхности р. Сюк определяется в навигационной программе *SAS.Планета* с использованием крупномасштабных картографических покрытий (ГГЦ) и с помощью инструментов программы измеряется площадь водосбора р. Сюк, и рассчитывается модуль стока ручья по формуле (4.8). Дополнительно определяется длина водотока ручья, рассчитывается время добегания от истока до створа и по данным о количестве осадков (<https://www.gismeteo.ru>) за это время оценивается точность определения модуля подземного стока ручья Сюк.

Таблицы измерения площади расчетных створов, определения скорости потока, профиля живого тока и русла р. Сюк и результаты расчетов расходов и модуля стока включаются в соответствующую главу отчета о практике.

## 5. Изучение карстовых процессов на плато Лагонаки

Нагорье Лагонаки находится на границе средневысотных гор с относительно пологими залесенными склонами к высоким горам (>2000 м) с альпийским рельефом между Северо-Западным и Западным Кавказом с координатами 39 39' в. д. - 44 14'-43 57' с. ш., протягивается с севера на юг на 34-35 км (Гуамское ущелье - Белореченский перевал) и с запада на восток на 20-21 км, общая площадь составляет 700 км<sup>2</sup>. Район исследований во время практики находится в восточной части нагорья.

Нагорье Лагонаки включает ряд орографических единиц: хребты (Азиш-Тау, Каменное море, Нагой-Чук), плато - поверхности выравнивания (Лагонаки, Мурзикао, Утюг), горные массивы (Фишт, Оштен, Пшехасу), ущелье (Желоб), перевалы (Гузериписьский, Армянский, Белореченский). Для большинства хребтов, плато, массивов характерны обрывистые склоны, множество разнообразных карстовых форм рельефа.

Средняя годовая температура воздуха на плато Лагонаки составляет 3,5 С, с апреля по ноябрь она положительная. Минимальная температура приходится на январь (-6 С), максимальная - на август (+12 С). Средняя температура зимой (декабрь - февраль) отрицательная -5<sup>0</sup> С. Лето (июнь - август) умеренно прохладное. Средняя температура воздуха колеблется – 11<sup>0</sup> С. Безморозный период на плато составляет 130 дней [17].

Годовые осадки на плато Лагонаки составляют 1505 мм, наибольшее количество приходится на июль (190 мм) и декабрь (195 мм). Осадков осенью выпадает больше, чем весной.

Нагорье Лагонаки по высотам (1600-2300 м) располагается в субальпийском поясе с развитием редколесья, высокоотравья, среднетравных лугов, кустарников. Эндемики составляют 16 % от общего числа видов.

Редколесье и криволесье представлены буком и березой. Наибольшую часть флоры составляют многолетние травянистые растения (89 %),



среди которых преобладают длиннокорневищные виды из-за их способности выживать на оголенных участках с подвижным субстратом. Субальпийские луга отличаются высоким травостоем (70-80 см), разнообразием видов и красочностью. Иногда луга состоят только из разнотравья, часто примешиваются злаки.

Основу лугов составляют ветреница пучковатая, буквица крупноцветковая, лютик кавказский, горечавка оштенская, злаки: мятлик, вейник, щучка, овсяница, истод, клевер горный. Заросли кустарников образуют ивняки, рододендроны понтийский и кавказский, черника, смородина. Заросли рододендронов густые, труднопроходимые - родореты. Под субальпийской растительностью в условиях влажного климата формируются горно-луговые почвы, которые различаются по содержанию гумуса (8-12 %), мощности, механическому составу [17]. Для них характерны бурая и коричневая окраска, хорошо выраженная зернистая структура.

### *Геологическое строение плато Лагонаки*

Плато Лагонаки сложено верхнеюрскими – нижнемеловыми отложениями лагонакской зоны [10], представленные известняками, глинистыми сланцами, меловыми известняками, мергелями, доломитами, что определяет широкое развитие карстовых процессов в карбонатных породах (рис. 5.1).

Рифтовые и межрифтовые известняки зоны обнажаются в междуречье Серебрячка (Цица) – Куджипс в аллохтоне Лагонакского покрова. По рекам Цица – Серебрячка и западнее замещаются грубообломочными (псефитовыми) известняками Черногорской подзоны. В составе зоны выделяются толщи: лагонакская (оксфорд-титон) и балки Сухая (берриас).

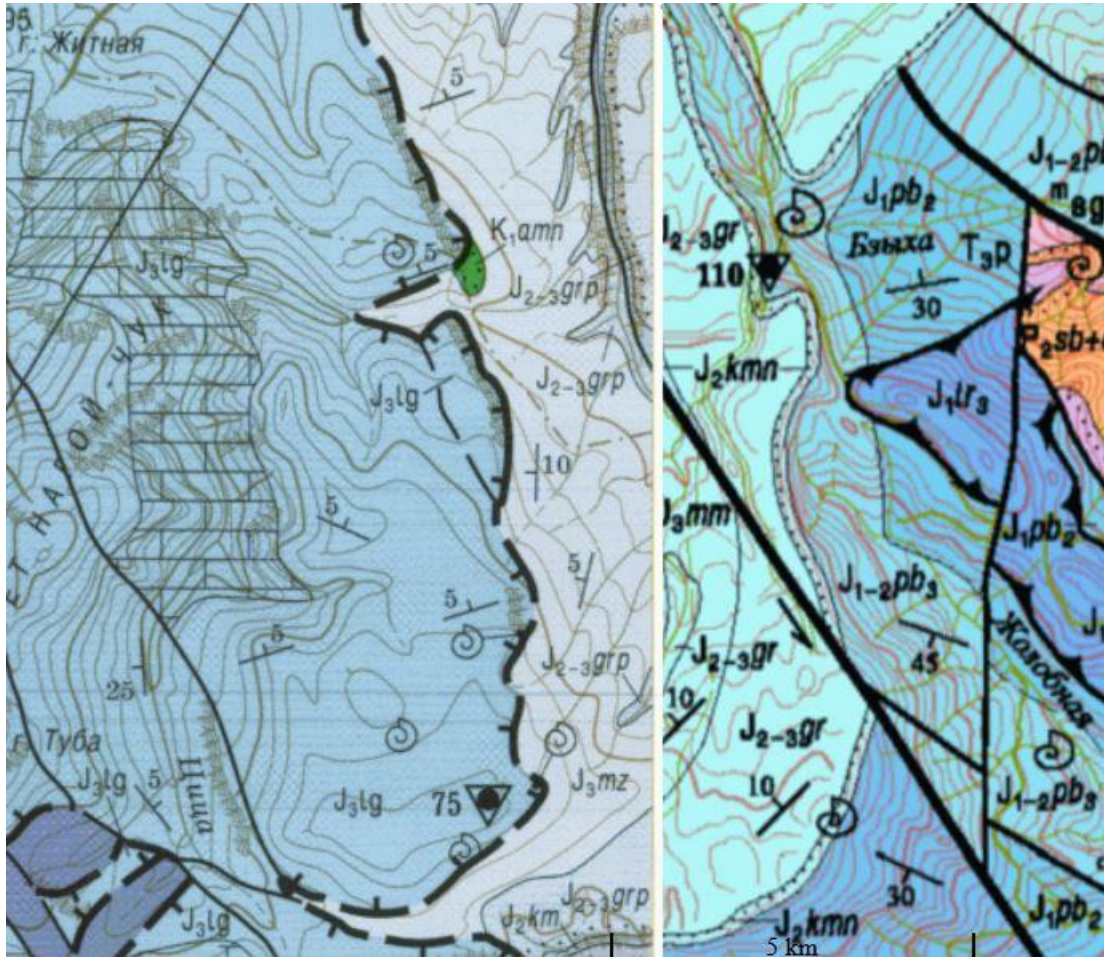


Рис. 5.1 - Фрагмент геологической карты дочетвертичных отложений масштаба 1:200000 листы L-37-XXXV (Майкоп), L-37-XXXIV (Туапсе).

*Лагонакская толща (J<sub>3</sub>lg)* сложена известняками, среди которых выделяются:

- рифтовые массивы: Оштенский – о, Цицинский – с, Гуамский – г, сложенные биогермными, органогенно-обломочными, рифогенными, сгустковыми, реже брекчиевидными известняками. Мощность местами более 850 м (гора Буква);

- межрифтовые и надрифтовые слоистые, плитчатые гравилито-пелитовые обломочные и органогенные известняки.

- межрифтовые и надрифтовые слоистые, плитчатые гравелито-пелитовые обломочные и органогенные известняки. Мощность более 500 м.

Карбонатные, отложения нижнего мела в составе зоны обнажаются по левому притоку р. Курджипс – балке Сухая, они выделены в толщу балки Сухая [3].

Толща балки Сухая ( $K_{1sh}$ ) согласно залегает на слоистых межрифтовых известняках лагонакской толщи, верхи размыты. Преставлена слоистыми оолитовыми и фарфоровидными (пелитоморфными) известняками. Мощность более 100 м (рис. 5.2).

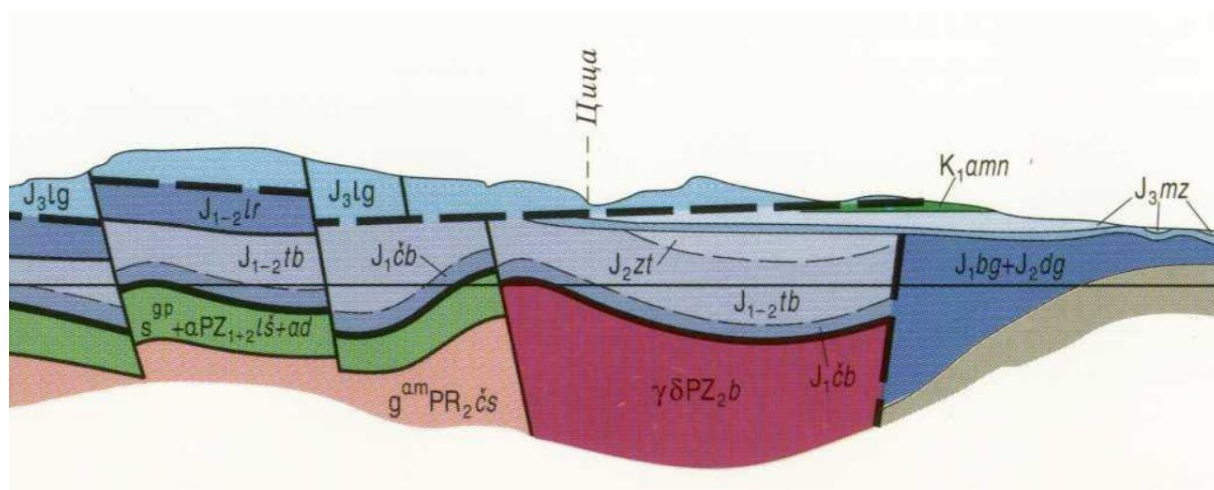


Рис. 5.2 - Фрагмент геологического разреза.

Известняки лагонакской толщи подстилаются ниже-среднеюрскими отложениями тубинской свиты ( $J_{1-2tb}$ ) и среднеюрскими отложениями зейтунской свиты ( $J_{2zt}$ ) аргиллитами с горизонтами глинистых гравелитов, песчаников, общей мощностью около 2000 м.

#### **Геоморфология плато Лагонаки [10]**

Разновысотный глубоко расчлененный литоскульптурный рельеф плато с прямым отражением позднемезозойских моноклиальных структур занимает территории в пределах выхода на поверхность сильно карстующихся известняков верхней юры. Южная, вздернутая часть плато

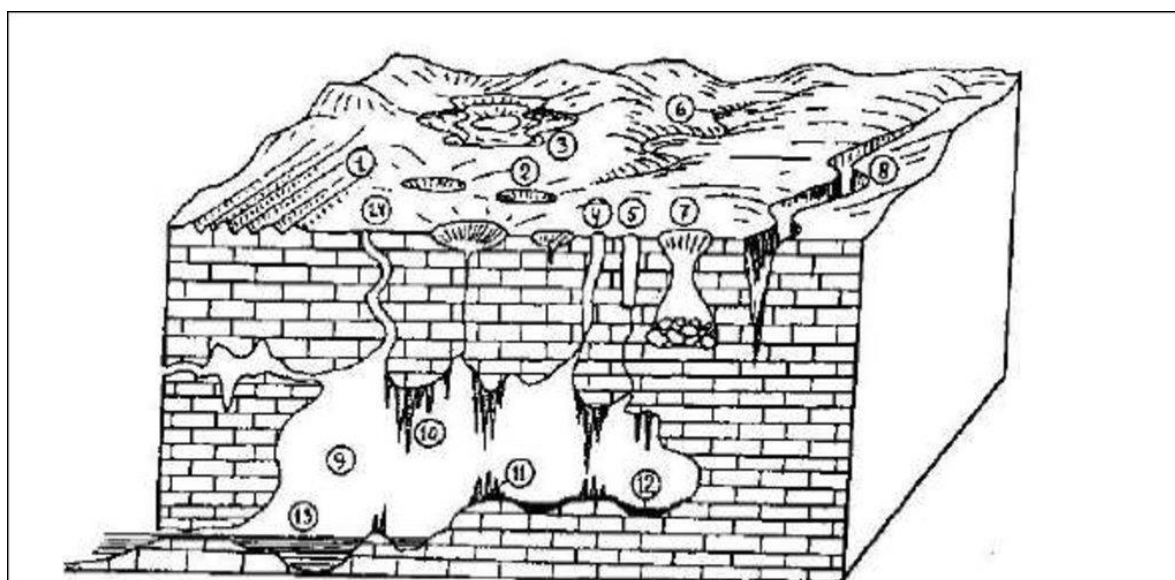
поднимается до 2500 м, а венчающие его карлинговые пики (горы Фишт, Оштен) выше 2800 м. В северном направлении наблюдается быстрое снижение высот и смена высокогорных альпийских форм эрозионно-денудационными. В структурном отношении плато представляет собой западную часть Верхнеюрской куэсты, сильно выдвинуто на юг. Эрозией и древними ледниками оно разобцено на отдельные массивы (Нагой-Чук, Азиш-Тау, Лагонакский, Гуама и др.), сохраняющие в водораздельных частях платообразную поверхность. Края плато представляют собой крутые или отвесные скальные уступы высотой сотни метров. Подножия их обрамлены мощными обвальными-осыпными шлейфами и остатками морен, спускающимися по склонам на 2—3 км. В высокогорной части плато широко представлены формы современного морозного выветривания в виде каменных россыпей, многоугольников, «разборных» скал. По краям плато развиты ледниковые кары и цирки, формирующие целую лестницу этих гляциальных образований. В долине р. Курджиис и Мезмайской котловине прекрасно сохранились морены последнего оледенения в виде разрозненных покровов, скученных гряд и холмов.

Геоморфологические особенности плато тесно связаны с карстообразованием. Наиболее распространенными формами поверхностного карста являются карры, воронки, котловины, карстовые рвы, провалы. Известны десятки карстовых полостей объемом десятки тысяч кубических метров. Из форм глубинного карста распространены пещеры, подземные галереи, шахты глубиной сотни метров и протяженностью первые километры. Современные гляциально-нивальные и гравитационные формы рельефа наложены на карстовые и представлены фирновыми полями, каменными глетчерами, гравитационными течениями грунта (солифлюкцией), курумами. Многие карстовые воронки, постоянно заполненные нестайвающими за лето фирново-снежными массами, разрослись в крупные

замкнутые каррообразные котловины и поля.

Условия возникновения карста, помимо наличия карстующихся пород, характеризуются глубоким расчленением, малой мощностью или отсутствием рыхлых поверхностных отложений, повышенной трещиноватостью пород.

По глубине и характеру выделяются поверхностный и подземный карст (рис. 5.3). К поверхностному относятся карры, рвы, воронки, котловины, останцы [3].



### Карстовые формы рельефа

1 – карры, 2 – воронки, 3 – поляе, 4 – колодцы, 5 – шахты, 6 – исчезающие реки, 7 – провальные воронки, 8 – ущелье, 9 – пещера, 10 – сталактиты, 11 – сталагмиты, 12 – «терра-росса», 13 – пещерное озеро

Рис. 5.3 - Карстовые формы рельефа.

**Карры** - (от нем. Karren) (шратты), мелкие поверхностные (реже полупогребённые) формы карстового рельефа, характерные главным образом для областей развития голого карста. Расположены параллельными рядами или ветвистыми лабиринтами в виде крутостенных борозд и ниш

(глубина от нескольких сантиметров до 1–2 м), обычно разделённых узкими острыми или сглаженными гребнями. Они появляются в результате разъедающего действия на известняки дождевых и талых снеговых вод и приурочены к более крутым склонам. Выделяются карры следующих типов: лунковые, трубчатые, бороздчатые, желобковые, трещинные и ряд других. На плато Лагонаки преобладают бороздчатые и трещинные карры.

**Желоба и рвы** представляют собой более протяженные и глубокие участки карстового выщелачивания поверхности известняков, наследующие поверхностные трещины и достигающие глубины до 5 м. Рвы встречаются на всех высотах, но наибольшие их площади приурочены к высотам 2100-2600 м на приледниковых склонах. Их длина может достигать нескольких сотен метров, ширина 25–30 м, глубина от 1 до 10 м.

**Поноры** – узкие отверстия, наклонные или вертикальные, возникающие на узлах пересечения трещин при дальнейшем развитии процесса растворения и выщелачивания. Эти каналы служат стоком поверхностных вод и направляют их вглубь массива горных пород.

**Карстовые воронки** являются самой распространенной формой. Это замкнутые впадины, которые имеют блюдцеобразную, чаще конусную и эллипсоидную форму. Ширина всегда больше глубины. Размеры изменяются от 2-5 м до 100-200 м в поперечнике, глубина 20-30 м. Наибольшая густота отмечается на плато Лагонаки (30-40 км<sup>2</sup>).

Карстовые воронки подразделяются на следующие типы:

- *воронки поверхностного выщелачивания* (напоминает собой воронку от взрыва снаряда или бомбы; образуются они за счет выщелоченной с поверхности породы; обычно в центре такой воронки располагается понор-канал, по которому уходит вода; диаметр воронок обычно до 50 м, иногда и больше, а глубина 5-20 м);

- *провальные воронки* (связаны с обрушением свода над полостью, выработанной водами на некоторой глубине);

- *воронки просасывания (коррозионно-суффозионные)* возникают в том случае, когда карстующиеся известняки перекрыты пластом песчаных отложений и последние вмываются в нижележащие карстовые полости.

*Блюдца и западины* представляют собой мелкие, небольшие карстовые воронки.

Если воронки разных генетических типов сливаются по несколько штук вместе, то образуется *карстовая котловина* с рядом углублений на дне. Иногда дно у котловин может быть плоским.

В формировании котловин ведущую роль играют снеговые и ледниковые воды. Котловина плато Лагонаки (516 км<sup>2</sup>) расположена между хребтами Мурзикао, Оштен, Каменное море. Крупная котловина Чашка находится между массивами Пшеха-Су и Нагой-Чук, ее длина 2 км, ширина 1 км, глубина 100-200 м [17].

*Поля* представляют собой довольно большие, сотни метров в диаметре, неправильной формы понижения, образовавшиеся при слиянии ряда котловин и воронок (в том числе и провальных).

*Слепые долины* представляют собой небольшие речки, протекающие в закарстованных районах, имеющие исток, но внезапно оканчивающиеся у какой-нибудь воронки или понора, куда и уходит вся вода.

*Карстовые останцы* характерны в основном для весьма зрелых стадий развития карста. В карбонатном карсте останцы свойственны преимущественно тропическим областям, если не иметь ввиду мелкие, а также реликтовые формы, образовавшиеся в прежних тропических условиях.

Подземный карст представлен колодцами, шахтами, пещерами.

*Карстовые колодцы и шахты* - это каналы, уходящие почти вертикально в известковые массивы на десятки и сотни метров при диаметре в

первые метры. Они образуются при выщелачивании по трещинам, иногда поверхностными водными потоками, размывающими известняки. *Шахтами* называются вертикальные полости глубиной свыше 20 м, а меньше – *колодцами*. Если шахты соединяются между собой, а также с субгоризонтальными ходами и пещерами, то образуются карстовые *пропасти*, достигающие глубины в 1000 метров и более.

Колодцы и шахты наиболее часто встречаются на водоразделе между Оштенем и Пшеха-Су (40 шахт), глубина их 50 и более метров, диаметр 3-5 м.

***Карстовые пещеры*** возникают различными способами: путем растворения, выщелачивания и размыва; путем обрушения, раскрытия и последующего размыва тектонических трещин. Подземные воды, протекая по трещинам или тектоническим раздробленным зонам, постепенно растворяют и выщелачивают известняки или доломиты. Таким образом, формируются пещерные полости, часто многоэтажные и сложные, когда отдельные крупные пещеры – «залы», соединяются с другими узкими каналами, щелями, нередко с текущими по ним ручьями. Крупные пещерные комплексы формируются продолжительное время – десятки и сотни тысяч лет. Развитие пещер тесно связано с колебаниями уровня подземных вод и положением местного базиса эрозии, например, реки, а также тектоническими движениями. При понижении зеркала грунтовых вод, уже выработанные полости пещер осушаются и процесс растворения и выщелачивания переходит на более низкий уровень. Так может продолжаться несколько раз согласно с этапами врезания реки и колебаниями уровня грунтовых вод.

Пещеры имеются практически на всех плато, хребтах, вершинах нагорья. Они отличаются многообразием, встречаются горизонтальные многометровые галереи и колодцы, шахты и пропасти.



П. А. Костин (1969) выделяет два карстовых района [17]. Первый приурочен к высокогорным массивам Фишт, Оштен, Пшеха-Су, Нагой-Чук. Он сложен дислоцированными доломитизированными известняками верхней юры. В течение года здесь выпадает более 2500 мм осадков. Развита карстовые шахты, колодцы, пещеры, воронки, карры.

Второй район располагается на среднегорных массивах, плато хребтах: Мурзикао, Каменное море, Азиш-Тау, Лагонаки и сложен моноклинально залегающими доломитизированными известняками юры, разделенными красноцветными глинами титона. Отличается от предыдущего меньшим количеством осадков (до 2500 мм) и более продолжительным теплым периодом. Много карстовых воронок поверхностного выщелачивания и провальных, развиты карровые поля (Каменное море), имеются шахты, колодцы, пещеры с подземными реками.

Наиболее интересными являются нижеперечисленные пещеры.

*Большая Азишская пещера* находится на высоте 1540 м на хребте Азиш-Тау. Ее длина составляет 635 м, из них 270 м оборудованы освещением, лестницами. В пещере много сталактитов, сталагмитов; на нижнем этаже находится постоянный водоток.

*Парящая птица* - самая глубокая пещера (520 м), состоит из вертикальных колодцев с холодными (+2 С) водопадами, соединенных узкими горизонтальными ходами.

*Абсолютная* - самая длинная пещера (более 5 км), глубиной 317 м. Вход в виде колодца, глубина 160 м. Она занимает несколько ярусов, много натечных образований, имеется подземная река.

*Университетская* пещера расположена на хребте Каменное море. Ее длина составляет 790 м, а глубина 175 м. Знаменита подземным ледником, над которым летом образуются ледяные кристаллы и много натечных образований. Имеет подземную реку.

### *Изучение проявлений карстовых процессов плато Лагонаки*

Наблюдения проводятся в виде экскурсии-маршрута, продолжительность которого составляет 6-7 часов. В экипировке студентов - обязательна обувь на рифлёной подошве (туристические ботинки, трековые кроссовки) и дождевик.

Первый пункт экскурсии - Большая Азишская пещера.

Большая Азишская пещера Находится в 29 км от ст. Даховская, на междуречьи рек Белая и Курджипс. Вход в пещеру находится на платообразном массиве, в 500 м от асфальтированной дороги Майкоп — Лагонаки. Пещера располагается среди буково-пихтового леса в южной части хребта Азиш-Тау. Вместе с Малой Азишской пещерой составляет Азишскую пещерную систему. Между этими двумя пещерами всего 50 метров.

Пещера известна с 1911 года, в 1987 году была оборудована как экскурсионный объект.

Большая Азишская пещера имеет длину более 640 м. Из них для экскурсионного осмотра оборудовано 220 м пещеры. Пещера состоит из объемных разноярусных галерей и больших залов. Пещера оборудована пешеходными дорожками, лестницами и ограждениями, удобна и безопасна для осмотра. Есть электрическое освещение.

Пещера выработана в верхнеюрских доломитизированных известняках, которые имеют слабое падение около 5 градусов на северо-запад. Вход в полость представляет вертикальный колодец. Это отверстие, образованное в результате обвала части кровли верхнего зала. Входной зал это верхний этаж полости. Чётко выделяются ещё два уровня.

На дне самого нижнего хода протекает ручей с расходом 1,2 л/с, в конце галереи падающий с водопадного уступа и ещё через несколько метров исчезающий в узких щелях. Температура воды в потоке невысокая

(5,2-5,7 °С С потолка пещеры в разных местах срываются капли просачивающейся по трещинам влаги.

Температура воздуха в пещере в июле температура воздуха в этой точке составляет 4-6 °С.

В пещере находится множество натечных образований: колонны, крупные (несколько метров) сталактиты, сталагмиты и колонны (сталагматы).

*Сталактиты* (греч. «натёкший по капле») — хемогенные отложения в карстовых пещерах в виде образований, свешивающихся с потолка (сосульки, соломинки, гребёнки, бахромы и т. п.).

*Сталагмиты* (греч. «капля») — натёчные минеральные образования (большой частью известковые, реже гипсовые, соляные), растущие в виде конусов, столбов со дна пещер и других подземных карстовых полостей навстречу сталактитам и нередко сливающиеся с ними, образуя *сталагмат*.

Экскурсия проводится организованно, с экскурсоводом. Во время экскурсии студенты фотографируют проявления подземного карста. Фотографии используют затем как иллюстрации в соответствующей главе отчета.

Далее маршрут проходит по плато Лагонаки.

Маршрут проходит от смотровой площадке на входе в Кавказский государственный природный биосферный заповедник имени Х.Г. Шапошникова (КПП Лагонаки), до поля крупных карстовых воронок в 2 км южнее ([рис. 5.4](#)), вдоль хребта Каменное поле.

По ходу маршрута студенты проводят описание проявлений поверхностного карста.

Описание проводится в следующей последовательности:

- размеры в плане и глубина воронки (длина, ширина, глубина),
- форма (изометричная, вытянутая неровная в плане);

- крутизна бортов воронки (в градусах);
- степень задернованности бортов;
- характеристика дна воронки (здернованность, наличие трещин и понов, наличие воды);
- описание обнажений карстующихся пород.



Рис. 5.4 - Трасса маршрута по изучению поверхностных форм карста (Google Earth, 2021).

Описание первой карстовой воронки бригады проводят совместно под руководством преподавателя. Далее карстовые воронки и карры, встречающиеся по ходу маршрута, студенты описывают самостоятельно, каждая бригада отдельно друг от друга. Необходимо зафиксировать и описать не менее 6-ти карстовых форм. При описании карстовых форм проводится обязательная фотодокументация.

Фрагменты космических снимков для сопоставления с визуальными наблюдениями и описание дешифровочных признаков поверхностных проявлений карста приведены на [рис. 5.5](#) и [рис. 5.6](#).



Рис. 5.5 - Фрагмент космического снимка - 1 (Bing, 2020г.).



Рис. 5.6 - Фрагмент космического снимка - 2 (Bing, 2020 г.).

Во время полевой камеральной обработки студентам необходимо оформить полевые записи маршрутных наблюдений карстовых процессов в электронном виде.

По фрагментам космоснимков студенты определяют следующие основные количественные характеристики карста: *плотность карстовых*

воронки; площадную пораженность территории; средний диаметр провалов [21].

Плотность карстовых воронок ( $f$ ) определяется по формуле:

$$f = N / S, \quad (5.1)$$

где

$f$  – плотность карстовых воронок, шт./км<sup>2</sup>;

$N$  – число карстовых воронок на площади  $S$  (км<sup>2</sup>).

Площадную пораженность территории или площадной коэффициент закарстованности ( $K_s$ ) определяют по формуле:

$$K_s = S_k / S, \quad (5.2)$$

где

$S_k$  – площадь, занимаемая карстовыми проявлениями, км<sup>2</sup>;

$S$  – площадь изучаемого участка, км<sup>2</sup>.

Средний диаметр провалов определяют как средний размер обследованных карстовых проявлений (воронок).

В соответствии с требованиями СП 115.13330.2016 «Геофизика опасных природных воздействий» [21] (таблица 5.1) студенты оценивают категорию опасности карстовых процессов.

Таблица 5.1 Категории опасности природных воздействий [21, таблица 5.1]

Показатели, используемые при оценке категории опасности природного процесса (ОПП)	Категории опасности процессов			
	чрезвычайно опасные (катастрофические)	весьма опасные	опасные	умеренно опасные
Карст				
Площадная пораженность территории, %	-	5-80	5-50	Менее 5
Частота провалов земной поверхности, случаев в год	-	Более 0,1	Менее 0,1	Менее 0,01
Средний диаметр провалов, м	-	Более 20	3-20	Менее 3
Общее оседание территории, мм/год	-	Более 5	Менее 5	Отсутствует

Определение перечисленных характеристик и оценку опасности карстовых процессов студенты проводят в электронной таблице Excel ([таблица 5.2](#)).

Таблица 5.2 Таблица характеристик проявления карста и оценки опасности

№ проявления	Диаметр проявления $d_i$ , км <sup>2</sup>	Площадь проявления $S_i$ , км <sup>2</sup>	Площадь участка $S$ , км <sup>2</sup>	Плотность, $f$	Площадь поражаемая, $K_s$	Категория опасности
1			-	-	-	-
...			-	-	-	-
i			-	-	-	-
...			-	-	-	-
n			-	-	-	-
<b>Ср.</b>			-	-	-	
<b><math>\Sigma</math></b>	-					

В отчете о проведении учебной практики должна быть представлена глава, в которой дана характеристика геологических, геоморфологических, гидрогеологических условий развития карста и оценка опасности развития карстовых процессов (в соответствии с таблицей 5.2) на обследованной территории.



## **6. Маршрутные инженерно-геологические исследования**

Основными задачами проведения маршрутных инженерно-геологических исследований является освоение студентами методов проходки поверхностных инженерно-геологических выработок, отбора инженерно-геологических проб грунта ручным способом, правил полевого инженерно-геологического описания грунтов, правилам описания проявлений оползневых процессов и процессов линейной эрозии.

### **Инженерно-геологические горные выработки**

*Инженерно-геологическая выработка - горная выработка для изучения геологического разреза, отбора образцов грунтов для изучения их состава, состояния и свойств, измерения уровней и отбора проб подземных вод, а также для полевых исследований грунтов (в том числе геофизическими методами).*

Проходка горных выработок при инженерно-геологических исследованиях осуществляется с целью:

- установления или уточнения геологического разреза, условий залегания грунтов и подземных вод;
- определения глубины залегания уровня подземных вод;
- отбора образцов грунтов для определения их состава, состояния и свойств, а также проб подземных вод для их химического анализа;
- проведения полевых исследований свойств грунтов, определения гидрогеологических параметров водоносных горизонтов и грунтов зоны аэрации, а также производства геофизических исследований;
- выполнения стационарных наблюдений (локального мониторинга компонентов геологической среды);
- выявления и оконтуривания зон проявления геологических и инженерно-геологических процессов.

При инженерно-геологических исследованиях используют следующие виды инженерно-геологических выработок:

- закопушки (глубиной до 0,6 м);
- расчистки (в глубь обнажения до 1,0 м);
- канавы (глубиной до 3,0 м);
- траншеи (глубиной до 6,0 м);
- шурфы и дудки (глубиной до 20 м);
- шахты (глубиной 20 м и более);
- штольни (длиной 10 м и более);
- инженерно-геологические скважины.

Шахты и штольни рекомендуется проходить при инженерно-геологических исследованиях для проектирования особо ответственных и уникальных зданий и сооружений, а также объектов народного хозяйства, размещаемых в подземных горных выработках.

Все горные выработки после окончания работ должны быть ликвидированы: шурфы - обратной засыпкой грунтов с трамбованием; скважины - тампонажем глиной или цементно-песчаным раствором с целью исключения загрязнения природной среды и активизации геологических и инженерно-геологических процессов.

***Основные виды поверхностных горных выработок при инженерно-геологических исследованиях***

***Расчистка*** - в геологии, наиболее простая горная выработка, проходящая при геологоразведочных работах для вскрытия выходов коренных пород и полезных ископаемых путем удаления перекрывающего их маломощного слоя рыхлых отложений.

***Закопушка*** - простейшая, обычно ямообразная горная выработка, которая служит для вскрытия коренных п., залегающих непосредственно под растительным слоем, почвой и рыхлыми наносами мощностью до 0,5

м. Широко используются на всех стадиях поисковых и разведочных работ, а также для взятия металлометрических и шлиховых проб.

**Шурф** - вертикальная (реже наклонная) горная выработка (чаще прямоугольного сечения), проведённая с поверхности земли для поиска и разведки полезных ископаемых, а также для инженерно-геологических и гидрогеологических исследований.

Разведочные шурфы служат для изучения условий залегания и литологического состава пород под основанием запроектированного сооружения, степени их сохранности и устойчивости, для отбора проб (монолитов) пород в состоянии естественной влажности и нарушенной структуры. Опытные шурфы - для проведения в них экспериментов по оценке несущей или фильтрационной способности горных пород, эксплуатационные - для вентиляции шахт, водоотлива, транспортирования материалов, спуска и подъёма людей. Неглубокие шурфы круглого сечения называются дудками. Шурфы, проходимые в неустойчивых и рыхлых породах, крепят, а глубиной более 10 м - вентилируют.

### **Инженерно-геологическое опробование**

*Инженерно-геологическое опробование* - проводят при инженерно-геологических работах с целью определения состава, строения, состояния и свойств грунтов, а также заключённых в них подземных вод и газов.

По методике проведения собственно опробования различают полевые исследования массива в естественном залегании без отбора проб и лабораторные методы, включающие отбор проб, их транспортировку, хранение и изучение. Отбор проб осуществляется из обнажений непосредственно либо дистанционно специальными устройствами (пробоотборниками, грунтоносами).

Отбор образцов грунтов из инженерно-геологических выработок и естественных обнажений, а также их упаковку, доставку в лабораторию и хранение следует выполнять в соответствии с ГОСТ 12071-2014 «Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов» [8].

Методы опробования должны учитывать состав пород и свойства, характер пространственной изменчивости, а также целевое назначение инженерно-геологических исследований.

### ***Технология отбора инженерно-геологических проб из поверхностных выработок***[8]

Образцы грунта отбираются из зачищенных забоя и стенок горных выработок. Для определения полного комплекса физико-механических характеристик проба может состоять из нескольких образцов.

Для лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов отбирают пробы с нарушенной или ненарушенной (монолиты) структурой.

#### ***Отбор образцов нарушенной структуры***

Образцы грунта нарушенной структуры отбирают с помощью лопаты, ножа, зубила и т.д. из зачищенных дна, стенки шурфа (обнажения) или керна скважины.

Масса образцов нарушенного сложения для определения стандартного набора физических характеристик должна составлять:

- 1,5-2,0 кг – для глинистых грунтов;
- 2,0-3,0 кг для песков;
- 3,0-5,0 кг – для крупнообломочных грунтов.

По отдельному заданию могут отбираться крупнообъемные (валовые) пробы массой до 20 кг.

Образцы грунты ненарушенного сложения упаковываются в тару, обеспечивающую сохранение мелких частиц (мешочки из синтетической

пленки, плотной ткани и т.п.). Для образцов, требующих сохранения естественной влажности, применяют бьюксы с герметично закрывающейся крышкой. Внутри тары укладывают этикетку, которая изолируется в отдельный полиэтиленовый пакет.

### ***Отбор монолитов грунтов***

Монолиты отбирают для определения расчетных характеристик физико-механических свойств связных пород [1]. Для рыхлых песчаных пород монолиты можно заменить пробами с нарушенной структурой, но в этом случае надо определять плотность грунтов в естественном залегании полевыми методами.

Монолиты отбираются режущим кольцом и ручным вырезанием из обнажений грунтов, в шурфах и подземных горных выработках.

При отборе монолитов из открытых выработок ручным способом используют нож, лопату и т.д.

Размеры монолитов, отбираемых ручным вырезанием: 100x100x100 мм, 200x200x200 мм, 300x300x300 мм (для дресвяно-гравийных грунтов).

Содержание работы вне зависимости от способа отбора монолитов: операции, связанные с обслуживанием рабочего места; разогревание парафина и пропитывание им марли; заполнение этикеток; парафинирование и упаковка монолита; документация.

В зависимости от способа отбора монолитов в содержание работы дополнительно включаются:

а) при отборе монолитов режущим кольцом: спуск в шурф лестницы и подъем ее; закрепление и раскрепление лестницы; зачистка обнажения или стенки горной выработки; погружение кольца в грунт с постепенной выемкой грунта вокруг кольца до полного его заполнения грунтом; подрезание грунта ниже края кольца; выравнивание грунта с краем кольца; подъем монолита из шурфа;

б) при отборе монолитов ручным вырезанием: спуск в шурф лестницы, инструмента и других предметов и подъем их; закрепление и раскрепление лестницы; зачистка обнажения или стенки горной выработки; разметка контура монолита и выемка ниши в обнажении или стенке горной выработки; подрезание граней монолита и его снятие; подъем монолита из шурфа

в) при отборе монолитов грунтоносами: сборка грунтоноса; установка задавливающего устройства; спуск грунтоноса в буровую скважину на заданную глубину и подъем его; погружение грунтоноса в породу; извлечение монолита из грунтоноса

После извлечения из грунтоноса монолит очищают от шлама и немедленно консервируют для сохранения структуры и естественной влажности грунта. Существуют два способа консервации: 1) парафинированием или упаковка стрейч пленкой, 2) упаковкой в жесткую тару. При упаковке монолита следует отметить его верх и в случае необходимости дать ориентировку по сторонам света.

*Парафинирование* - монолит обматывают марлей, предварительно пропитанной расплавленной парафиновой смесью. Для парафинирования монолитов применяют смесь, состоящую из двух частей парафина и одной части гудрона, которую подогревают до температуры 60-65 градусов. Затем поверх марли его покрывают еще одним слоем парафиновой смеси, вновь обматывают марлей и покрывают третьим слоем парафина. До парафинирования на верхнюю грань образца кладут этикетку, завернутую в кальку, которую также покрывают парафином. Второй экземпляр этикетки смачивают расплавленным парафином, прикрепляют к поверхности запарафинированного образца и также покрывают тонким слоем парафина.

В настоящее время парафинирование монолитов заменяют обматыванием монолита грунта несколькими слоями современных влагонепроницаемых материалов, в частности полиэтиленовой стрейч-пленкой.

Монолиты грунта, отобранные в тонкостенные гильзы, должны быть упакованы жесткими крышками с резиновыми прокладками. При отсутствии резиновых прокладок соединение тары с крышкой изолируют или парафинируют.

Внутренний диаметр грунтоносков или жестких обойм должны обеспечивать проведение лабораторных испытаний грунтов, превышать диаметр лабораторных колец.

На этикетки образца грунта необходимо указать [8]:

- наименование организации, проводящей изыскания;
- наименование объекта (участка);
- наименование выработки и ее номер;
- номер образца;
- глубину отбора;
- краткое описание грунта (разновидность);
- должность и фамилия лица, производящего отбор;
- дату отбора образца.

Перевозить монолиты надо в деревянных ящиках. Во избежание повреждений упаковки промежутки между монолитами засыпают опилками. Образцы талых пород необходимо предохранять от замораживания, а мерзлых от оттаивания, так как при этом они теряют структуру.

Упакованные образцы, доставленные в лабораторию без ведомости, приниматься на хранение и производство лабораторных работ запрещается.

Сроки хранения монолитов грунта с момента отбора до начала лабораторных испытаний в помещениях с необходимой влажностью не должны превышать 1,5 месяцев для немерзлых скальных грунтов, песков, глинистых грунтов твердой и полутвердой консистенции, и 1,0 месяц для остальных грунтов.

## **Полевая инженерно-геологическая документация**

Инженерно-геологические исследования, как и другие геологические работы, начинаются с визуального осмотра объекта изучения – геологической среды и, в частности, грунтов.

Основные правила ведения полевой документации и полевого описания грунтов приводятся в соответствии с ГОСТ Р 58325-2018 «Грунты. Полевое описание» [6].

### ***Основные правила ведения полевой документации***

Полевая документация служит основанием для составления исходных геологических документов, а также для последующих обобщений и выводов, необходимых для проектирования сооружений.

К исходным полевым материалам, получаемым при выполнении инженерно-геологических работ, относятся полевые журналы (бурения, шурфования, инженерно-геологического обследования, полевых испытаний грунтов и др.), отобранные образцы грунтов, полевые геологические колонки, разрезы.

Первичная документация может быть признана полноценной только в том случае, если она осуществлена одновременно с проходкой выработок, достаточно подробно и по принятой системе.

Геологоразведочные выработки (буровые скважины, шурфы, расчистки, канавы) должны быть обязательно привязаны в плановом и высотном отношении.

Полевые записи в журнале следует выполнять простым карандашом средней твердости. Стирать и подчищать записи воспрещается. Неправильная запись зачеркивается так, чтобы можно было прочесть зачеркнутое.



Описание грунтов выполняют на очищенных поверхностях, сколах, срезах керна, образца и грунтах естественного залегания.

Полевая документация описания грунтов в обязательном порядке также содержит следующую дополнительную информацию [6]:

- местоположение горной выработки или обнажения в плане - координаты или ситуационная привязка, на неосвоенных территориях описывают также положение выработки в рельефе;

- положение описываемого грунта относительно устья горной выработки или обнажения (за устье горной выработки принимают поверхность земли или дна акватории или условную высотную отметку). Условную высотную отметку, от которой ведется описание и отбор образцов в обнажении, как правило, располагают в верхней его части, доступной для установки временного знака и последующей инструментальной привязки;

- методы бурения/проходки/зачистки и пробоотбора;

- используемое оборудование (при механизированной проходке и бурении - марку установки техники, при бурении - тип и диаметр бурового снаряда);

- интервалы опробования;

- методы отбора проб;

- наличие фотоматериалов, рисунков, абрисов и схем, сопровождающих описание;

- должность, ФИО исполнителя описания, дату проходки скважины (горной выработки) и описания грунта, точки наблюдения.

Формы полевой документации определяют стандартом организации, выполняющей инженерные исследования.

Полевая документация может быть произведена на основании рабочих (черновых) записей исполнителя, в том числе аудио- и видеоматериалов, выполненных в процессе бурения (проходки), но должна быть

оформлена в течение того дня, когда проводилось описание. Рабочие записи не относятся к полевой документации.

### ***Основные правила описания грунтов***

Полевое описание грунтов является обязательной частью первичной полевой инженерно-геологической документации, разрабатываемой с целью предварительного определения наименования грунта в соответствии с ГОСТ 25100-2020 «Грунты. Классификация» [7], а также оценки его состояния, свойств, структурно-текстурных особенностей и других характеристик.

Описание грунта выполняют непосредственно после его извлечения из грунтового массива или в естественном залегании по признакам, определяемым, как правило, в следующем порядке:

*основное наименование - дополнительные наименования - цвет - вещественный состав - состояние - дополнительные характеристики и признаки - полуколичественные показатели свойств или состава.*

Схема описания грунтов и состав описываемых признаков определяют принадлежность описываемого грунта к классу, а для дисперсных грунтов - подклассу грунта [7]. Основные группы грунтов: скальные, дисперсные несвязные, дисперсные связные и мерзлые. По основным геотехническим признакам также выделяют специфические грунты.

### ***Идентификация грунтов (определение основного и дополнительных наименований)***

Основное наименование грунта присваивают в соответствии с полевым определением типа, подвида или разновидности описываемого грунта по их полевым признакам или показателям свойств и состава.

Основное наименование дают именем существительным и документируют прописными буквами, например «ПЕСОК мелкий». Наименования более высоких таксонов (скальный, дисперсный, осадочный) в описания

грунтов не включают, за исключением указания на класс мерзлых грунтов и типов техногенных грунтов, например: «ПЕСОК крупный, мерзлый». «ПЕСОК мелкий, техногенный (намывной)». При полевом описании допускается использовать сокращения, приведенные в ГОСТ Р 58325-2018 [6], либо их расшифровка должна быть приведена в полевой документации.

Дополнительное наименование присваивают в виде имени прилагательного или дополнения на уровне предполагаемой разновидности. Признаки для предварительного определения дополнительного наименования грунта определяют в соответствии с группой грунта.

Для скальных грунтов дополнительным наименованием определяют прочность грунта и трещиноватость.

Для несвязных дисперсных грунтов - гранулометрический состав, наличие включений и примесей.

Для связных дисперсных грунтов - пластичность и консистенция.

Для специфических грунтов - основное геотехническое свойство (зоторфованный, пластичный, лессовидный, просадочный, трещиноватый, выветрелый).

Описание цвета в полевой документации обязательно для всех грунтов. Цвет грунта описывают в естественном состоянии, при полном дневном освещении. Цвет грунта описывают на свежем срезе или сколе (для скальных грунтов). Сухие грунты смачивают водой.

Подготовительные операции фиксируют в полевой документации примечаниями типа: «светло-бурый, при смачивании - коричневый».

Характерные для определенной (региональной или генетической) группы грунтов признаки (запах, текстура, включения, в т. ч. палеофлоры и палеофауны, а также линзы, прослои, гнезда, специфические примеси и др.) также включают в описание, например, «ГЛИНА пылеватая, по-

лутвердая, серая, неяснослоистая, с отдельными конкрециями фосфоритов, обломками палеофауны».

Структурно-текстурные признаки (относятся к дополнительным признакам) - размеры и пространственное положение структурных элементов грунта различного уровня. При описании грунтового массива необходимо зафиксировать пространственное положение, размеры основных текстурных элементов и их структуру ([таблица 6.1](#)).

Таблица 6.1 Наименование основных структурных элементов связанных грунтов [7]

Наименование	Мощность, мм
Пласт, слой	Св. 60
Слой	От 20 до 60
Прослой, тонкое напластование	Не более 20
Прослой, слоек	Не более 1
Включения	Небольшие линзы, карманы

### ***Ограничения полевого описания***

Окончательное наименование грунту присваивают после соответствующих лабораторных определений и испытаний.

Возраст грунтов при полевом описании не определяют. Достаточно ограничиться обобщенным стратиграфическим подразделением в соответствии с фондовыми сведениями о геологическом строении.

Петрографический и минеральный состав определяют на уровне типа грунта (магматический, метаморфический, осадочный), в отдельных случаях - основные структурообразующие минералы.

Валунные (глыбовые) грунты подлежат изучению в открытых горных выработках или естественных и техногенных обнажениях.

### ***Описание дисперсных грунтов***

Описание дисперсных грунтов предваряет определение их подкласса (несвязные/связные), а также подвида в соответствии с ГОСТ 25100. Дальнейшее описание и классификационную идентификацию выполняют

в зависимости от определенных подкласса и подвида описываемого грунта.

### ***Крупнообломочные несвязные грунты***

К крупнообломочным относят грунты, у которых содержание фракций крупнее 2 мм составляют более 50 % весового содержания.

Физические свойства крупнообломочных грунтов зависят преимущественно от размера, окатанности и петрографического состава слагающих их структурных элементов, а также состава и свойств заполнителя.

Основное наименование крупнообломочных грунтов присваивают по размерам и окатанности слагающих элементов. При полевом описании выделяют следующие разновидности крупнообломочных грунтов: ГРАВИЙНЫЕ (ДРЕСВЯНЫЕ), ГАЛЕЧНИКОВЫЕ (ЩЕБЕНИСТЫЕ), ВАЛУННЫЕ (ГЛЫБОВЫЕ).

Если содержание фракций различных размеров в составе обломочного материала примерно одинаковое, а окатанность различная, допускаются смешанные наименования, например, ГРАВИЙНО-ГАЛЕЧНЫЙ грунт, ВАЛУННО-ГЛЫБОВЫЙ грунт.

По степени окатанности обычно различают: неокатанный материал (угловатые формы, острые ребра); слабоокатанный материал (неправильной формы, с притупленными углами и ребрами); полуокатанный материал (с сильно сглаженными углами и ребрами); хорошо окатанный материал (правильной формы, с гладкой, часто отшлифованной поверхностью, округлой или эллипсоидной формы).

Содержание преобладающих по размеру фракций устанавливают визуально с предварительным обмером складным метром или рулеткой наиболее характерных, эталонных обломков.

Помимо размеров структурных элементов указывают петрографический состав (тип) обломков, консистенцию или плотность сложения заполнителя.

При затруднениях в определении петрографических разностей обломочного материала указывают тип скальных грунтов, к которому они относятся (магматические, метаморфические, осадочные).

При определении пластичности и консистенции глинистого заполнителя достаточно установить тип заполнителя (супесь, суглинок, глина) без детализации по разновидности грунта и указать состояние заполнителя.

При определении состава песчаного заполнителя достаточно установить примерную разновидность по гранулометрическому составу, например, «Заполнитель - песок от средней крупности до гравелистого».

### ***Пески***

Основными показателями физических свойств песков являются их гранулометрический состав и плотность сложения.

Физические свойства песков в первую очередь определяют их гранулометрическим (зерновым) составом, плотностью сложения и степенью влажности. Также важнейшими показателями при их оценке являются однородность и водопроницаемость.

Из структурно-текстурных признаков для песков описывают слоистость. Наиболее характерными для песков являются: горизонтальная, косяя и волнистая слоистость.

Крупнообломочные включения характеризуют по форме, крупности, их процентному содержанию в песчаной массе и петрографическому составу. Форму и размер обломков определяют одним термином: гравий (дресва, мелкий щебень), галька (щебень), валуны (глыбы).

Состояние песчаных грунтов зависит от степени их влажности. Определение этого показателя проводят двумя способами: визуальным ([таблица 6.2](#)) и расчетным. При визуальной оценке выделяют три состояния грунта в соответствии с ГОСТ 25100 [7]: маловлажный, влажный, водонасыщенный. Также возможно выделение сухого состояния.

Таблица 6.2 Полевые признаки определения степени влажности песков [10]

Разновидности по таблице В.11 приложения В [7]	Степень влажности грунта по [7]	Признаки
Малой степени водонасыщения	Сухой	Визуально сухой; при сжатии рассыпается
	Маловлажный	При сжатии рукой ощущается холодная масса; при встряхивании в ладони рассыпается на комки
Средней степени водонасыщения	Влажный	В руке при сжатии ощущается влажность; можно придать форму, которая при разжатии держится некоторое время
Водонасыщенные	Насыщенный водой	На ладони при встряхивании расплзается в лепешку
	Переувлажненный	При спокойном состоянии расплзается и растекается

### *Дисперсные связные грунты*

Основное наименование глинистого грунта (СУПЕСЬ СУГЛИНОК ГЛИНА) определяют по характеру раскатывания и вспомогательным признакам ([таблица 6.3](#)).

Таблица 6.3 Вспомогательные признаки определения основного наименования глинистых грунтов [6]

Основное наименование	Вспомогательный признак
СУПЕСЬ	При резанье характерный "шуршащий" звук, поверхность среза шероховатая. В сухом состоянии легко крошится пальцами. Во влажном состоянии сыпуче-пластичен, очень быстро размокает в воде и быстро высыхает. Очень легко смывается слабой струей воды. Зернистость основной массы грунта различима под лупой (x10). Частички грунта оседают в воде в течение 40-60 с
СУГЛИНОК	При резании звук отсутствует, поверхность среза гладкая, но могут встречаться мелкие песчинки и макропоры. Во влажном состоянии слабо пластичен, в сухом крошится пальцами и быстро размокает в воде. Легко смывается слабой струей воды. Зерни-

	стость основной массы грунта не различима. Частички грунта оседают в воде в течение 1-1,5 мин
ГЛИНА	При резанье звук отсутствует, поверхность среза гладкая, блестящая. Во влажном состоянии пластичен, в сухом не крошится пальцами и размокает в воде с трудом, набухает. Сохнет долго, часто трещины усыхания. Не смывается слабой струей воды или смывается с трудом, липкий. Зернистость грунта не различима. Время оседания > 2 мин

Дополнительное наименование присваивают согласно консистенции грунта в его природном состоянии ([таблица 6.4](#)).

Таблица 6.4 Полевые признаки определения консистенции [6]

Состояние грунта (консистенция)	Свойство
Текучая	Не сохраняет форму, течет по плоскости
Текучепластичная	Очень влажный, легко разминается, меняет форму при легком нажатии пальцем, продавливается сквозь пальцы при сжатии
Мягкопластичная	Влажный, палец вдавливаются при умеренном нажиме на несколько сантиметров
Тугопластичная	С трудом разминается руками, палец легко оставляет неглубокий отпечаток, но вдавливаются с трудом
Полутвердая	При разминании крошится. Ноготь вдавливаются без особых усилий
Твердая	Ноготь вдавливаются с трудом, при растирании превращается в пыль
	Нельзя сделать вмятину ногтем большого пальца

### ***Скальные грунты***

Основное наименование скального грунта определяют по выделенным типам (генетическим группам) скальных грунтов:

*магматические; метаморфические; вулканогенно-осадочные; осадочные; техногенные.*

При наличии информации о геологическом строении изучаемой территории, которая позволит дать петрографическое наименование грунтов, или при возможности его определения в образце предварительное наименование уточняют до подвида.



Цвет скального грунта описывают во влажном (смоченном) состоянии. Если необходимо, цветовые различия могут быть уточнены использованием таких терминов, как «пестрый», «пятнистый», «испещренный», «крапчатый», «полосчатый». Окраска скального грунта обусловлена цветом пороодообразующих минералов. Различают грунты, имеющие светлую окраску, и грунты темной окраски.

При описании грунтов магматического и метаморфического происхождения необходимо различать следующие виды структур:

а) зернистую, подразделяющуюся по крупности зерна:

на крупнозернистую, диаметр зерен  $> 5$  мм

среднезернистую » » 1-5 мм

мелкозернистую » »  $< 1$  мм

б) порфировую, отличающуюся наличием крупных зерен на фоне однородной массы более мелких зерен;

в) аморфную, скрытокристаллическую - состав минералов и зернистость визуально неразличимы.

Размер минеральных зерен пороодообразующих минералов следует оценивать визуально в миллиметрах без набора статистического ряда. При этом необходимо отдельно характеризовать цемент и содержащиеся в нем более крупные минеральные зерна или частицы грунта.

По текстурным признакам для магматических грунтов следует выделять однородную (массивную), неоднородную (полосчатую) и пористую текстуры.

При описании скальных грунтов осадочного происхождения структуру следует характеризовать в соответствии с классификацией крупнообломочных грунтов. Для цемента осадочных скальных грунтов следует визуально-контактным методом приближенно оценивать минеральный

состав. Используют следующие термины: «кремнистый», «известковый», «углистый», «железистый», «глинистый».

Выветрелость грунтов оценивают качественно по видимым и диагностируемым изменениям исходного грунта.

При описании скальных грунтов в открытых горных выработках, расчистках и обнажениях помимо идентификационных признаков грунта дополнительно определяют и описывают классификационные признаки массива грунта. Определению подлежат следующие классификационные признаки: сплошность скального массива; степень экзогенного изменения; разновидности отдельностей.

### **Полевое описание оползней**

**Оползни** – это движение (скольжение, вязкопластическое течение) масс пород на склоне, происходящее без потери контакта между смещающейся массой и подстилающим неподвижным массивом. Образование оползня проявляется в вертикальном и горизонтальном смещении масс горных пород вследствие нарушения их устойчивости.

#### *Морфологические особенности оползневых тел*

Каждый оползень образует определённый оползневой участок, захватывающий часть склона или откоса и прилегающей к нему местности. Границы и форма оползневого участка определяются размером и типом оползня. Сместившиеся массы горных пород образуют тело оползня (6) - оползневые накопления (или оползень) ([рис. 6.1](#)).

Сползание масс горных пород при оползневом процессе всегда происходит по одной или нескольким поверхностям скольжения (7). Место выхода поверхности скольжения на дневную поверхность в основании склона называют подошвой оползня (13), а в верхней части - вершиной

(4). Выход её на склоне справа и слева от оси оползня обозначает его борта.

Образованию оползня обычно предшествует возникновение трещин, закономерно расположенных на участке и в теле оползня. В верхней части склона или откоса у вершины оползня обычно образуются трещины отрыва - крутые, ориентированные дугообразно (концентрически) или по простиранию склона (2). По таким трещинам обычно происходят смещения масс горных пород, в результате чего висячая плоскость трещин образует в рельефе главный уступ (3), дугообразно (концентрически) изгибающийся, высотой до нескольких метров. Когда трещины отрыва ориентированы по простиранию, вдоль фронта склона, в рельефе возникает ступень. Часто на склоне или откосе образуется несколько ступеней.

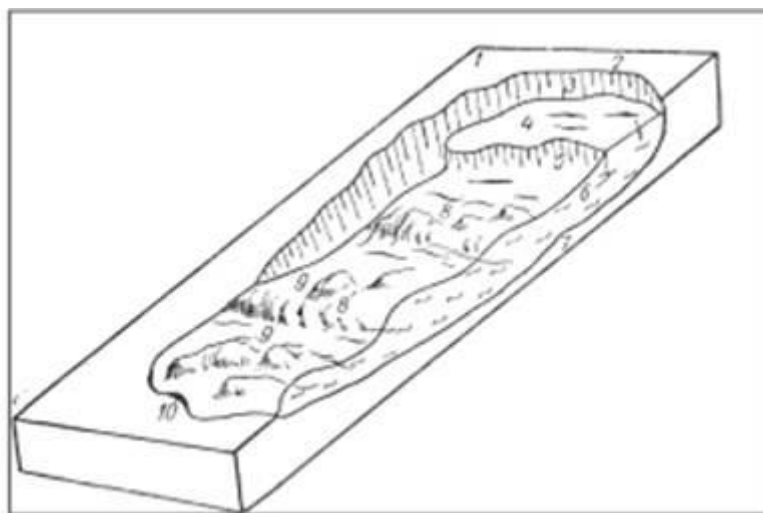


Рис. 6.1 - Строение оползня. (Ломтадзе, 1977)

Условные обозначения: 1 - оползневой цирк; 2 - бровка главного уступа; 3 - главный уступ; 4 - вершина оползня; 5 - уступ внутренний; 6 - тело оползня; 7 - поверхность скольжения; 8 - неровности рельефа поверхности (валы, бугры и др.); 9 - трещины отрыва; 10 - трещины растяжения (отрыва); 11 - трещины сдвига (скалывания) вдоль бортов и по оси оползня; 12 - трещины сдвига (скалывания) у подошвы оползня; 13 - подошва оползня

Вдоль бортов оползня возникают трещины скалывания (сдвига), которые обозначают боковые границы оползня (11). Трещины отрыва воз-

никают также в теле оползня у его вершины, где действуют растягивающие напряжения (10). Они ориентированы параллельно склону. В нижней части, у подошвы оползня, образуются трещины скалывания (сдвига) (12), так как здесь массы горных пород постепенно начинают тормозить движение масс, надвигающихся сверху. Такие трещины пересекают оползень поперёк и ориентированы также параллельно склону. В теле оползня часто появляются продольные косые трещины сдвига вследствие разной скорости смещения масс горных пород вдоль его оси и в прибортовых частях.

Рельеф поверхности оползневого тела обычно неровный - волнистый, бугристый, с западинами. Там, где есть дерновый покров, он разорван, деревья наклонены или даже опрокинуты в разные стороны, образуя «пьяный» лес.

В плане оползни могут иметь весьма разнообразные очертания. Наиболее часто встречаются циркообразные оползни - главный и внутренний уступы полукругом окаймляют понижение, образуя амфитеатр ([Рис.6.2, а](#)). Его длина вдоль склона (по фронту) -  $L$ , примерно равна его ширине -  $B$ . У фронтальных оползней главные и внутренние уступы вытянуты вдоль склона на значительные расстояния -  $L \gg B$  (рис.6.2, б). Оползни-потоки глетчерообразно вытянуты вдоль понижений (ложбин стока) спускающихся со склона -  $L \ll B$  (рис. 6.2, в).

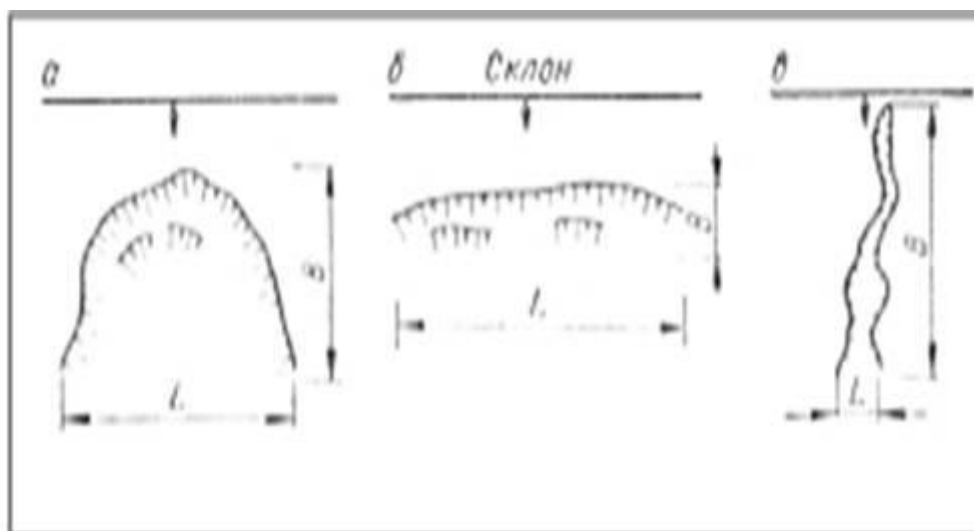


Рис. 6.2 - Форма очертаний оползней в плане: а) циркообразный; б) фронтальный; в) оползень-поток – глетчерообразный.

Важной особенностью морфологии оползневых участков являются водопроявления в разных формах. Источники подземных вод, постоянные или иссякающие, сосредоточенные и рассеянные, появляются в разных местах оползневого участка: вдоль главного уступа цирка, в его основании, у подошвы оползня или вдоль его бортов.

**Схема описания оползня [23].**

1. Наименование типа (подтипа) оползня.
2. Местоположение оползня по отношению к геоморфологическим элементам.
3. Генезис, ориентировка, конфигурация, высота и крутизна склона, на котором расположен оползень.
4. Базис оползня.
5. Форма и размер оползня в плане (длина, ширина).
6. Характер границ оползня (стенка срыва, борта, язык), характер и состояние обрывов (свежие, выветрелые, задернованные), их профиль, высота, крутизна и характер бровок, амплитуда смещения.

7. Рельеф и характер поверхности вокруг оползня в пределах его водосборной площади. Если водосборная площадь очень велика, то дается ее общая характеристика, а детально описывается только та часть, которая непосредственно примыкает к оползню. Наиболее детально следует описывать овраги, балки, канавы, водоемы, их расположение, условия, определяющие сток и фильтрацию (наличие трещин, распашка склонов и пр.).

8. Общая характеристика рельефа оползня (с выделением отдельных геоморфологических элементов). Характер и ширина трещин, наличие просевших участков, следов надвигания и смятия, валов и бугров выпирания, следов подмыва или свежей подрезки языка.

9. Подробная характеристика каждого выделенного морфологического элемента оползня (оползневой ступени и уступа, цирка 2-го порядка и т.п.), его формы, размеров, среднего уклона и характера поверхности (наличие бессточных впадин, запрокинутых площадок, валов, бугров, гряд, трещин, суффозионных воронок), отдельных элементов макрорельефа, следов свежих смещений.

10. Рельеф и характер поверхности ниже языка оползня: пляж или бичевник — его ширина, профиль, крутизна (средняя и на отдельных участках профиля), слагающий материал, урез воды в водоеме; терраса — ее наименование, возраст, наличие водотока и свежего размыва (тела и языка оползня), профиль оврага, наличие искусственной подрезки основания склона и ее характеристики; следы суффозии; наличие выпирания впереди оползня — расстояние вала (или валов) выпирания от языка оползня, форма вала в плане и его профиль, размеры, уклон внешнего и внутреннего склона, характер поверхности и строение.

11. Гидрографическая сеть на оползне, водопроявления и источники питания оползня водой: канавы, овраги с постоянным или временным водотоком — их профиль, геологическое строение стенок, расположение,

водосборная площадь (положение водоразделов 2-го порядка); колодцы, источники, условия выхода воды, дебит; бессточные площади, заболоченности, временные озерца, мочажины, их расположение, форма и размеры.

12. Растительный покров на оползне (по выделенным геоморфологическим элементам) и вокруг него: вид растительности, ее густота и расположение, наличие болотной растительности, сохранение или нарушение правильности рядов деревьев (аллеи, сады, плантации), наклон, искривление или разрыв стволов деревьев, их возраст, сведения о времени посадки и т.п.

13. Положение скальных выступов, крупных камней, пней и других заметных предметов.

14. Здания и инженерные сооружения на оползне и вокруг него (в том числе дороги, насыпи, водоемы, водопроводная и канализационная сеть, наличие утечек воды, противооползневые и берегоукрепительные сооружения); краткие сведения о материале, конструкции и основных размерах, времени их сооружения, последнего ремонта, состоянии, наличие и характер деформаций.

### **Полевое описание проявлений овражной эрозии**

**Эрозия** - это процесс разрушения горных пород водным потоком. Различают эрозию плоскостную (мелкоструйчатый смыв) и овражную (линейную) [1].

**Эрозия плоскостная** – это разрушение пород рассредоточенными водными потоками, не приводящее к образованию характерных эрозионных форм (оврагов, промоин).

**Эрозия овражная** – это разрушение пород сосредоточенными водными потоками, приводящее к образованию характерных эрозионных форм (оврагов, промоин).

Плоскостная эрозия происходит когда выпадающие атмосферные осадки, струйками скатываясь по уклону, захватывают и уносят мелкие частицы, понижая поверхность (склоновый сток). Линейная эрозия это когда вода концентрируется в потоки, текущие в руслах, производит линейный размыв, углубляя дно и стенки своего русла (русловой сети). Образующиеся формы рельефа, нередко развиваются от эрозионной борозды к рытвине, промоине, оврагу, балке и, наконец – долине.

**Овраг** - линейно вытянутая отрицательная форма рельефа, образованная эрозионной работой временных водотоков, стекающих по склонам или по днищам ложбин и балок. Достигают длины в несколько километров, глубиной до нескольких десятков метров. Борта крутые, оголённые, в вершине обычно крутой и даже нависающий уступ (головной уступ). Чётко выражены бровки. В верховьях овраги часто разветвляются на несколько отвершков, образуя овражные системы.

Овраги формируются на холмистых и увалистых равнинах, низкогогорьях покрытых сверху слабосцементированными наносами (лёссы, покровные суглинки и супеси).

В развитии оврага выделяют три стадии. Сначала возникает мелкая рытвина. Водяные потоки ее постепенно углубляют. При углублении в начале (на вершине) оврага образуется уступ. Во время таяния снега и выпадения дождей вода падает с него водопадом, подмывая основание уступа. Вскоре он обваливается, и овраг медленно растет от вершины, образуя ответвления. Рост его может продолжаться до тех пор, пока вершина оврага не достигнет водораздела. Постепенно овраг собирает со склона всю воду. Его рост прекращается, склоны становятся пологими, исчезает перепад в устье. Склоны оврага начинают зарастать. На дне накапливаются рыхлые отложения, которые вода уже не может вынести. Зарастающий овраг постепенно превращается в балку.



Различают береговые (склоновые) и донные овраги:

- береговые - размываются боковые склоны балок или рек;
- донные - размыв идет по дну оврага.

По конфигурации овраги бывают: ствольные; разветвленные (два-три ствола с общим устьем); древовидные (сложная конфигурация и большие площади).

По характеру процесса овраги делятся на: действующие; затухающие; засыпанные.

Овраг имеет следующие части: *вершину, днище, склоны (борта), бровку склонов, устье, отвершки.*

Описание проявлений овражной эрозии проводят в следующей последовательности.

Описывается перепад в верховьях оврага (головной уступ), его размеры (высота, крутизна), наличие водобойного колодца, степень задернованности.

Дается характеристика продольного профиля оврага (прямой, вогнутый, ступенчатый). В случае наличия перепадов или ступенчатого профиля – связь с прослоями более стойких, плотных горных пород. Описание состояния дна оврага, выходы горных пород.

Характеризуется поперечный профиль оврага в верхней, средней и нижней частях. Форма: V-образная (каньенообразная), U-образная (корытообразная); глубина оврага (положение от бровки откосов до дна); ширина (между бровками откоса). Наличие осыпей и обвалов в основании склонов

Описывается базис оврага (русло, реки, днище балки, поверхность аллювиальной террасы, литоморфная терраса). Наличие конусов выноса размытого материала.

На прилегающей территории к оврагу отмечают характер почвенного покрова и степень задернованности и залесенности и распределение последней.

Все наблюдения фиксируют в полевом дневнике и на карте, строят абрисы оврагов, делают зарисовки поперечного профиля в различных его частях (верховье, средняя часть, низовье), ведется фотодокументация.

### **Общий план характеристики оврага.**

1. Место расположения.
2. Экспозиция склона.
3. Тип оврага по форме.
4. Характеристика головного уступа.
5. Характеристика продольного профиля.
6. Характеристика поперечного профиля (в верхней и средней частях), склоны оврага (вид, высота, крутизна, наличие осыпей и оползней), задернованность склонов.
7. Характеристика днища оврага.
8. Характеристика почвенного покрова и растительности вокруг оврага.
9. Причина возникновения оврага.

### **Инженерно-геологический маршрут**

Маршрут проходит от базы практики «Никель» в южном направлении до головного уступа растущего оврага, далее на восток до р. Сюк ([рис. 6.3](#)).

*Задачи маршрута:* инженерно-геологическое описание грунтов; проходка расчисток и шурфов, отбор монолитов грунтов и проб нарушенной структуры; описание проявлений оползневых процессов и процессов линейной эрозии.

*Точка наблюдения (т.н.) № 1.* Находится в 110-120 м южнее базы практики, координаты: в.д. –  $44^{\circ}10'40,66''$ ; с.ш –  $40^{\circ}09'28,89''$  ([рис. 6.4](#)).



Рис. 6.3 – Трасса инженерно-геологического маршрута.



Рис. 6.4 – Т. н. № 1 - бровка стенки срыва оползня.

В точке наблюдения проводится:

- 1) описание оползня;
- 2) в стенке срыва оползня производится расчистка;
- 3) описываются грунты в расчистке;
- 4) отбирается монолит грунта (10 x 10 см) и проба нарушенной структуры.

Т. н. № 2. Находится 250 м южнее базы практики ([рис. 6.5](#)), координаты: в.д. – 44°10'37,25"; с.ш. – 40°09'31,31".

В точке наблюдения проводятся следующие операции:

- 1) копается шурф;
- 2) описываются грунты в стенке шурфа;
- 3) из стенки шурфа отбирается монолит грунта (10 x 10 см) и проба нарушенной структуры.



Рис. 6.5 - Т. н. № 2 – шурф.

*Т.н. 3.* Находится в ~ 400 м на юго-юго-восток от турбазы “Горная Деревня” ([рис. 6.6](#)), координаты: в.д. – 44°10’28,98”; с.ш. – 40°09’32,34”.

В точке наблюдения проводится:

- 1) описывается морфология верхней части растущего оврага;
- 2) описываются грунты в бортах оврага;
- 3) из борта оврага отбирается монолит грунта (10 x 10 см) и проба нарушенной структуры.

*Т.н. 4.* Находится в 450 м на юго-восток от турбазы “Горная Деревня”, координаты: в.д. – 44°10’33,03”; с.ш. – 40°09’42,17”.

В точке наблюдения проводится:

- 1) описывается действие боковой эрозии;
- 2) описываются скальные грунты в борту р. Сюк;
- 3) из борта ручья отбирается монолит скального грунта (10 x 10 см).



Рис. 6.6 – Т.н. 3. Верхняя часть растущего оврага.

## **7. Стационарные наблюдения за развитием оползневых процессов и процессов овражной эрозии**

### **Стационарные наблюдения на оползневом участке**

Мониторинг оползней представляет собой сложную инженерную задачу, для решения которой используются различные методы диагностики и контроля. Стационарные наблюдения за оползневыми и обвальными проявлениями, которые в зависимости от типа склонового процесса, стадии развития, масштабности проявления, защищаемых объектов и т. п. могут включать [23]:

- наблюдения за оползневыми подвижками с использованием поверхностных и глубинных реперов, инклинометров, марок и датчиков;
- наблюдения за изменением напряженного состояния, порового давления и влажности грунтов;
- режимные наблюдения за подземными водами — одним из основных факторов оползнеобразования;
- наблюдения за процессами выветривания горных пород, слагающих оползне-, осыпе- и обвалоопасные склоны;
- гидрометеорологические наблюдения за факторами оползнеобразования, в том числе за переработкой берегов на водоемах и водотоках, поверхностным стоком и другими метеорологическими и климатическими явлениями, влияющими на образование.

На полевой практике студенты проводят стационарные наблюдения за оползневыми подвижками с использованием поверхностных геодезических реперов.

В зависимости от размеров участка изысканий, условий наблюдений, требований к точности результатов, сроков выполнения работ, для определения планового положения опорных пунктов применяются следующие методы измерений или их комбинации

- геодезические спутниковые определения;
- триангуляция, трилатерация, полигонометрия;
- линейно-угловые сети;
- прямые и обратные засечки.

При наблюдениях за горизонтальными смещениями склона в качестве опорных плановых геодезических пунктов должны использоваться геодезические знаки, заложенные за пределами потенциально неустойчивого склона.

В каждом цикле наблюдений за оползневыми процессами должен выполняться контроль устойчивости пунктов плановой опорной геодезической сети. В случае выполнения линейных, угловых или линейно-угловых измерений, критерий устойчивости опорных пунктов - неизменность в пределах точности измеренных значений горизонтальных углов и/или линий между опорными пунктами.

Высотная основа при изучении оползневых процессов на незастроенных территориях должна включать не менее двух опорных реперов. Опорные реперы следует закладывать вне зоны смещений, по возможности в выходы скальных пород. При отсутствии выходов скальных пород опорные реперы рекомендуется закладывать по конструкции как грунтовые на 1,5—2,0 м ниже глубины максимального сезонного промерзания грунта (для многолетнемерзлых грунтов - на 1,0 м ниже глубины максимального оттаивания).

Деформационные геодезические знаки на оползнеопасном склоне, в зависимости от глубины заложения, подразделяются на глубинные и поверхностные. Поверхностные деформационные геодезические знаки (поверхностные грунтовые марки) устанавливаются ниже глубины сезонного промерзания грунта и предназначены для измерений вертикальных и горизонтальных смещений поверхности склонов, грунтовых плотин, насы-



пей и других грунтовых сооружений. Поверхностная марка закладывается в скважину или шурф.

В зависимости от требований к точности результатов и условий участка работ, горизонтальные смещения деформационных знаков определяются относительно пунктов плановой опорной сети следующими методами: геодезических спутниковых определений; створных наблюдений; триангуляции; трилатерации; полигонометрии; линейно-угловых измерений; отдельных направлений.

Вертикальные смещения деформационных знаков относительно опорных реперов определяются нивелированием: геометрическим; тригонометрическим; спутниковым.

На начальном этапе наблюдений среднеквадратическая погрешность (СКП) определения смещения деформационного знака на оползнеопасном склоне относительно опорных принимается равной 20 мм в плане и 10 мм по высоте. При последующих наблюдениях допускается корректировка точности определения планово-высотного положения деформационных знаков в зависимости от значений фиксируемых смещений. Как правило, значение СКП определения смещения  $m_{смещ}$  не должно быть более рассчитанного по формуле

$$m_{смещ} = 0,2 S_{мин} \quad (7.1)$$

где  $S_{мин}$  - минимальное фиксируемое смещение деформационных знаков.

На оползневом участке в 100 м южнее базы практики – *т.н. №1* (Рис.6.3) заложена геодезическая сеть, которая состоит из 3-х опорных реперов и 2-х деформационных знаков.

Задачей ежегодных наблюдений является определение вертикальных и горизонтальных смещений точек на оползнеопасном склоне [23]. В рамках этих наблюдений студенты проводят:

- 1) контроль устойчивости пунктов плановой опорной геодезической сети;
- 2) измерение положения стенки срыва оползня относительно опорных реперов;
- 3) определение горизонтальных смещений деформационных знаков на теле оползня относительно пунктов плановой опорной сети методом трилатерации;
- 4) нивелирование по осевой части оползня и определение вертикальных смещений деформационных знаков относительно опорных реперов.

**Контроль устойчивости пунктов плановой опорной сети** проводится методом **трилатерации**, методом определения положения геодезических пунктов путём построения на местности системы смежных треугольников, в которых измеряются длины их сторон. В основе трилатерации лежит линейная засечка. При определении пространственного положения какой-либо точки методом *прямой линейной геодезической засечки* требуется провести измерение длин трёх отрезков, соединяющих эту точку с ориентирами, координаты которых известны. Если это удаётся сделать, то для нахождения искомым координат достаточно решить систему из трёх уравнений, каждое из которых выражает длину измеренного отрезка через координаты точек. Если же известно, что на область допустимых значений в задаче наложены некоторые дополнительные ограничения, например — известно, что искомая точка расположена на плоскости, то оказывается достаточно знать положение всего двух ориентиров и провести замеры всего только двух длин отрезков от них до искомой точки

На учебной практике студенты измеряют между опорными реперами расстояния и направления (азимут). Расстояния измеряются мерной

лентой (рулеткой) длиной 50 м, азимуты – с помощью компаса (или смартфона). Результаты измерения записываются в таблицу ([таблица 7.1](#)).

Таблица 7.1 Результаты измерения расстояний между опорными реперами

Год набл.	Расстояние, м			Азимут, °			Примечание
	1-2	1-3	2-3	1-2	1-3	2-3	
2021	20,41	15,73	27,75	0	140	85	

Примечание – в таблице занесены результаты измерений 2021 года.

Во время текущей камеральной обработки положение опорных реперов наносится на план-схему оползня масштаба 1:100 с помощью графического редактора CorelDRAW.

**Измерение положения стенки срыва оползня относительно опорных реперов.** Студенты проводят измерения расстояний и азимутов от опорных реперов до характерных точек (мест перегибов) бровки стенки срыва оползня. Результаты измерения записываются в таблицу ([таблица 7.2](#)).

Таблица 7.2 Результаты измерения расстояний между опорными реперами и точками на бровке стенки срыва

№ п.п.	№ репера	№ пикета	Азимут, °	Расстояние, м
	2	1	50	6,3
	2	2	85	3,1
	2	3	120	4,4
	2	4	140	7,1
	2	5	180	7,1
	1	1	350	7,2
	1	2	13	4,3
	1	3	44	3,7
	1	4	147	4,95
	1	5	145	9,2
	3	1	272	3,8
	3	2	355	4
	3	3	47	5,3
	3	4	70	9,65
	3	5	6	15,33

Примечание – в таблице занесены результаты измерений 2021 года.

Во время текущей камеральной обработки материалов студенты наносят положение точек на бровке стенки срыва оползня на план-схему оползня масштаба 1:100 с помощью графического редактора CorelDRAW (от опорных реперов строятся векторы с измеренными направлениями и расстояниями).

*Определение горизонтальных смещений деформационных знаков на теле оползня относительно пунктов плановой опорной сети методом трилатерации.* Студенты с помощью мерной ленты длиной 50 м проводят измерения расстояний от двух опорных реперов (№№ 2, 3) до деформационных знаков на теле оползня (№№ 4, 5, 6). Результаты измерения записываются в таблицу ([таблица 7.3](#)).

Таблица 7.3 Результаты измерения расстояний между опорными реперами и деформационными знаками

Год Набл.	Расстояние от опорных реперов до деформационных знаков, м						Примечание
	2-4	2-5	2-6	3-4	3-5	3-6	
2021	17,28	27,3	44,9	21,8	31,5	48,85	

Примечание – в таблице занесены результаты измерений 2021 года.

Во время полевой камеральной обработки материалов студенты наносят положение деформационных знаков на теле оползня на план-схему оползня масштаба 1:100 с помощью графического редактора CorelDRAW. Строятся круги радиусом равным измеренным расстояниям, и на пересечении кругов, соответствующих деформационному знаку, находят положение деформационного знака. Результаты измерений текущего года заносятся в отдельный слой, который называется годом измерения, например, **2021** ([рис. 7.1](#)).

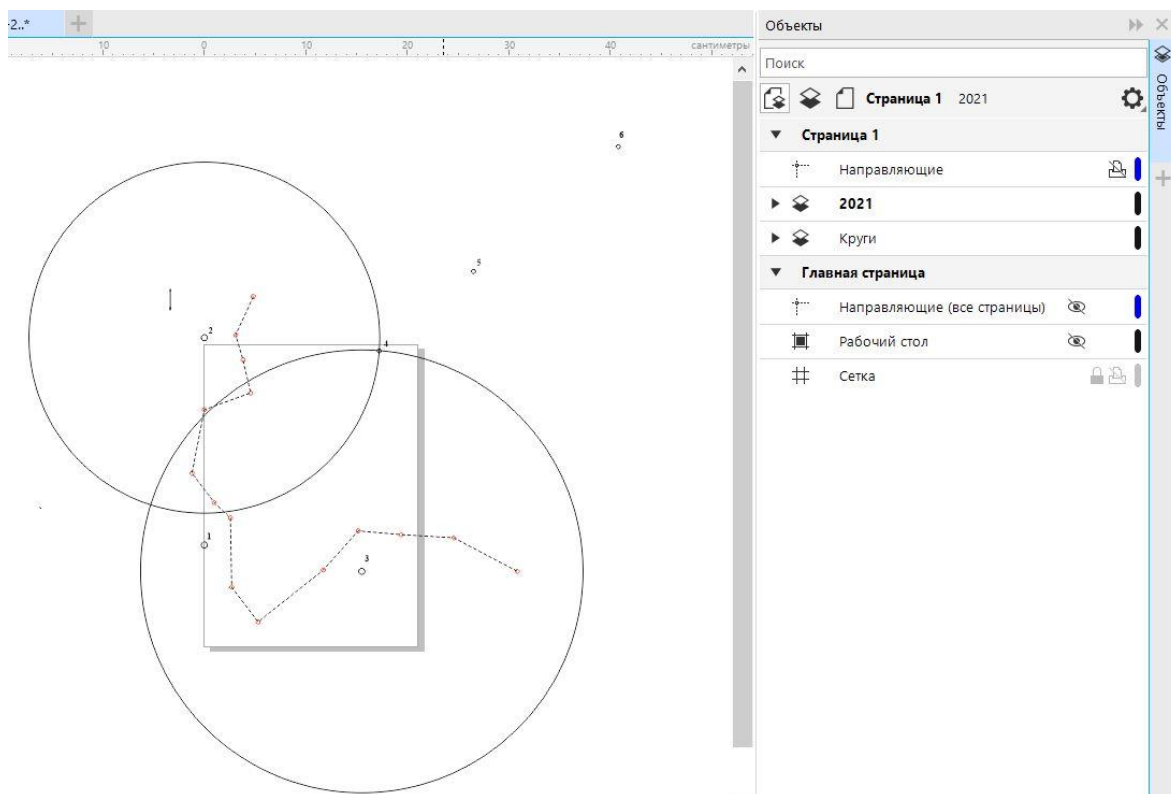


Рис. 7.1 – Скриншот рабочей области CorelDraw с план-схемой оползня – 2021 г.

***Нивелирование по осевой части оползня и определение вертикальных смещений деформационных знаков относительно опорных реперов.***

Нивелирование проводится с помощью гидроуровня и двух измерительных реек. Нивелировочный ход проходит от опорного репера № 1 до деформационного знака № 6 через деформационные знаки №№ 4, 5. Технология измерений описана в главе 2. Результаты измерений записываются в журнал наблюдений ([таблица 4.4](#)).

Во время текущей камеральной обработки материалов студенты переносят результаты измерений в электронную таблицу Excel и строят продольный профиль поверхности оползневого участка в виде точечного графика ([рис. 7.2](#)). Таблица и продольный профиль формируется на отдельном листе книги Excel, который именуется годом наблюдений.

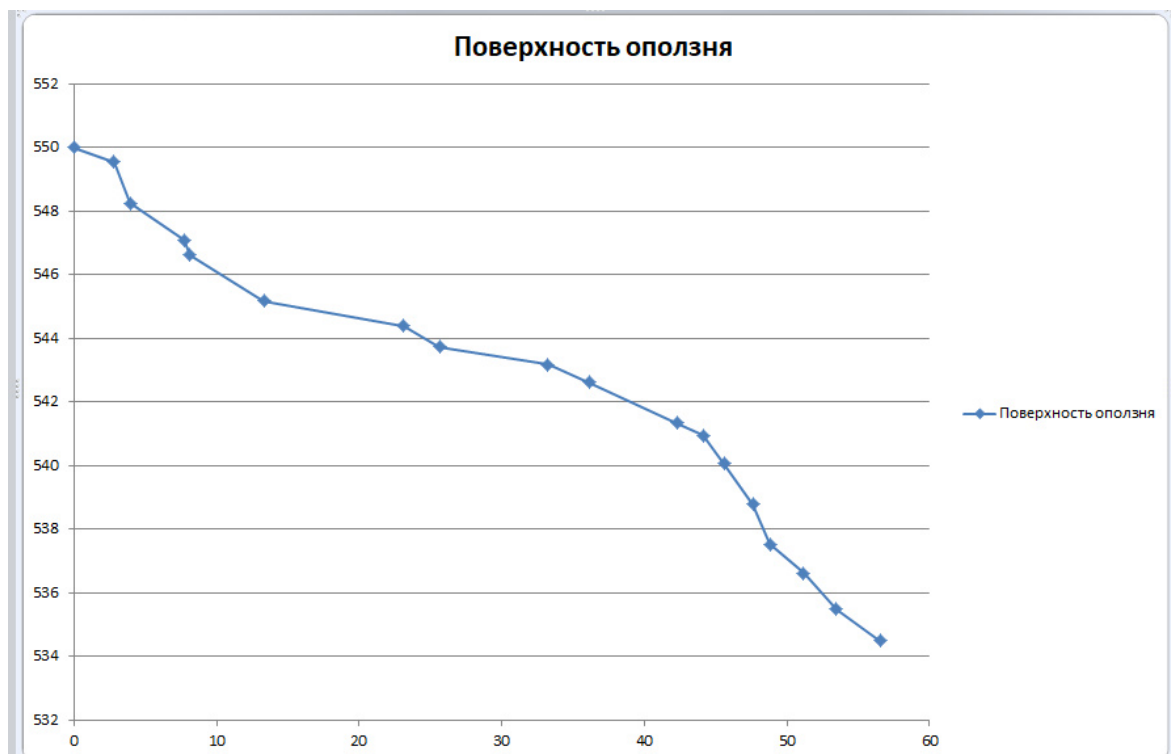


Рис. 7.2 - Продольный профиль поверхности оползня – 2021 г.

Таблицы наблюдений, схемы и графики должны быть представлены в отчете о прохождении учебной практики.

### **Стационарные наблюдения на участке развития овражной эрозии**

Интенсивность развития овражной эрозии проводится на растущей промоине (овраге) расположенной в т.н. 4 (глава 6), в 450 м на юго-восток от турбазы “Горная Деревня”, координаты: в.д. –  $44^{\circ}10'33,03''$ ; с.ш. –  $40^{\circ}09'42,17''$ .

От установленного выше головного уступа оврага опорного репера с помощью мерной ленты измеряется расстояние и азимут до головного уступа. Результаты измерения заносятся в таблицу ([таблица 7.4](#)).

Далее проводится нивелирование поперечного профиля оврага, который закреплен двумя опорными реперами.

Таблица 7.4 Результаты измерения расстояний между опорным репером № 1 и головным уступом оврага

Год наблюдения	Расстояние, м	Азимут, °	Примечание
2022			

Нивелирование проводится с помощью гидроуровня и двух измерительных реек. Нивелировочный ход проходит от опорного репера № 2 до опорного репера № 3. Технология измерений описана в главе 2. Результаты измерений записываются в журнал наблюдений ([Таблица 4.4](#)).

Во время полевой камеральной обработки материалов студенты переносят результаты измерений в электронную таблицу Excel и строят поперечный профиль оврага в виде точечного графика. Таблица и поперечный профиль располагается на отдельном листе книги Excel, который именуется годом наблюдений.

Таблицы наблюдений и графики должны быть представлены в отчете о прохождении учебной практики

## 8. Маршрутные гидрологические и гидрогеологические наблюдения

Гидрологические и гидрогеологические наблюдения проводятся в процессе маршрута, который проходит от «Хаджогской теснины» (южная окраина п. Каменомостный) до водопада Девичьи слезы на ручье Руфабго.

Целью маршрута является приобретение первичных навыков ландшафтных наблюдений, описания водотоков и проявлений подземных вод. Кроме того, маршрут имеет экскурсионный характер - посещение одних из главных достопримечательностей Адыгеи – «Хаджогской теснины» и водопадов ручья Руфабго.

### Геологическое строение района Каменомостный – Руфабго [9].

В нижней части долины ручья Руфабго, около 1,0 км от уреза воды р. Белая, на поверхность выходит интрузия (дайка) позднепротерозойских гранитоидов малкинского плутонического комплекса, представленная гранитами второй фазы малкинского комплекса ( $\gamma PZ_3m_2$ ) (рис. 8.1, рис. 8.2).

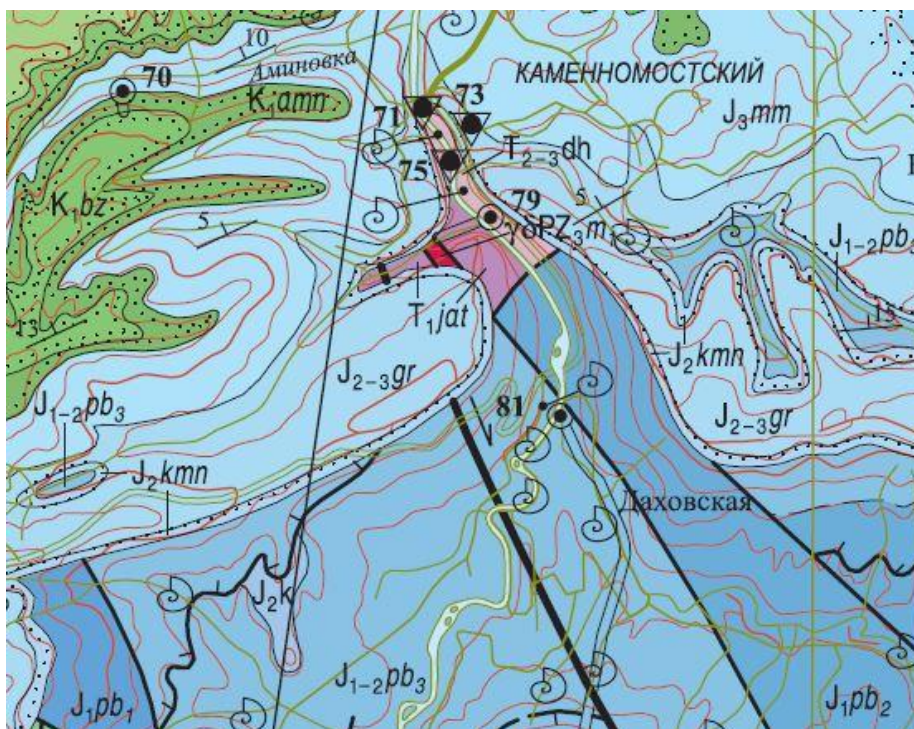




Рис. 8.1 - Фрагмент геологической карты дочетвертичных отложений масштаба 1:200000.

### Триасовая система

В днище долины р. Белая на поверхность выходят отложения нижнего, среднего и верхнего отделов триасовой системы.

Нижний отдел представлен отложениями *ятыргвартинской свиты* ( $T_{1jat}$ ), которые в районе устья ручья Руфабго сложены тонкоплитчатыми (1-8, редко до 25 см) пелитовыми известняками с редкими прослоями (мм-1 см) мергелей. Часто толща смята в дисгармоничную складчатость. Мощность до 200-250 м. По ручью Руфабго среди отложений свиты отмечается горизонт (до 15 м) туфов кислого состава, от пепловых до кристаллокластических [9]. В стратотипическом разрезе определена многочисленная фауна нижнего триаса.

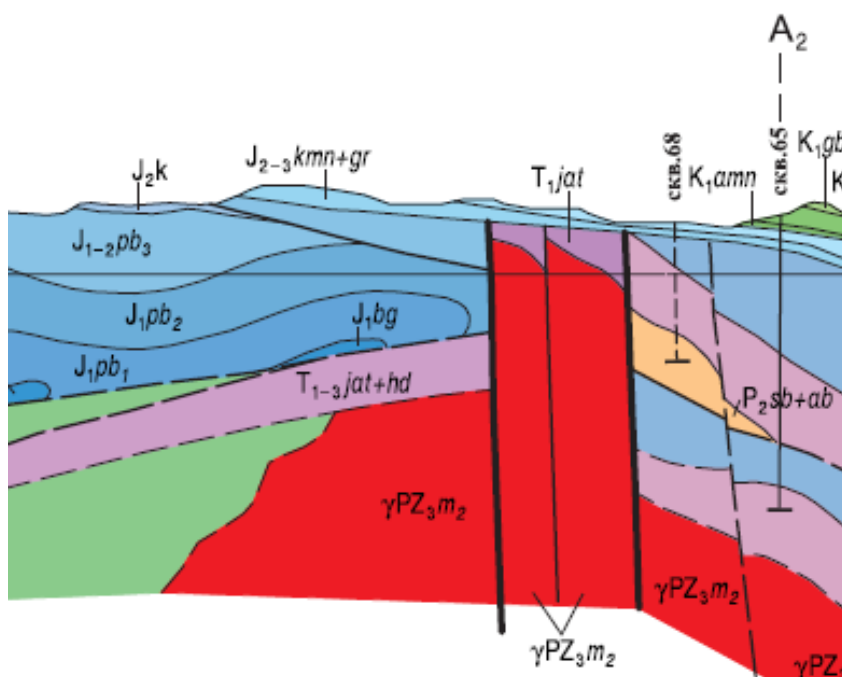


Рис. 8.2 - Фрагмент геологического разреза.

Существенно терригенные отложения с мощными горизонтами конгломератов, песчаников, обнажающихся по р. Белой (район ст. Каменно-

мостской) выделены в *даховскую толщу* ( $T_{2-3dh}$ ). Отложения даховской толщи тектонически несогласно контактирует с гранитами малкинского комплекса, ятыргвартинской, ачешбокской и, частично, сахрайской свит, слагая аллохтон крупного тектонического покрова. Перекрывается стратиграфически несогласно ходжохской свитой и со значительным размывом – псебайской, каменноостской.

Сводный разрез толщи в районе пос. Каменноостский [9] представлен в следующем виде. На пермских известняках снизу вверх залегают: конгломераты, гравелиты с прослоями аргиллитов (24 м), слюдистые аргиллиты с прослоями песчаников (100 м). В верхней части разреза отмечается пачка (50 м) песчаников с прослоями и линзами конгломератов и пачкой (130 м) алевролитовых аргиллитов с прослоями и линзами песчаников. Общая мощность разреза по р. Белой до 380 м.

*Ходжохская свита* ( $T_3h\check{z}$ ). Выделена по ст. Ходжох на р. Белой. Ходжохская свита является возрастным аналогом ходзинской свиты. Залегает несогласно на даховской толще, с размывом перекрывается: в естественных выходах – келловеем. В основании свиты залегают базальный горизонт (80 м), представленный косослоистыми песчаниками, серыми, кварц-полевошпатовыми, слюдистыми с прослоями гравелитов и конгломератов, редко с прослоями (0,04-3 м) аргиллитов. Выше залегают пачка (инт. 440-602 м) зеленовато-серых аргиллитов с прослоями (до 10 см) пелитоморфных известняков. Над нею – пачка (инт. 343-440 м) аргиллитов зеленоватых, коричневатых, бурых. Общая мощность свиты до 350 м.

### **Юрская система.**

#### *Средний отдел.*

*Каменноостская свита* ( $J_2ktn$ ) обнажается непрерывной полосой в основании верхнеюрского разреза в бортах долины р. Белая. Залегают трансгрессивно со стратиграфическим и угловым несогласием на образо-

ваниях протерозоя, триаса, различных уровнях нижней и средней юры. На изучаемой площади (левый борт р. Белой) [9], в основании залегает гравелит 0,7 м и выше по разрезу песчаники-алевролиты с многочисленными железистыми оолитами, раковинным и растительным детритом (3,5 м). Выше – аргиллиты с прослоями (15-40 см) алевролитов, мергелей, часто обогащённых глинисто-сидеритовыми конкрециями и раковинным детритом. Мощность до 62 м. К северу (ст. Каменноостская) мощность сокращается до 7,1 м. Повсеместно отмечается обилие раковин аммонитов, брахиопод, пелеципод, белемнитов.

#### *Средний и верхний отделы*

*Герпегемская свита ( $J_{2-3gr}$ )*. Выделена на хр. Герпегем, междуречье Ходзь – Мал. Лаба [9]. Представлена морскими карбонатными (доломито-известняковыми) отложениями. Залегают на каменноостской свите, перекрываются мезмайской свитой. В основании свиты обнажаются мергели (до 1 м) и известняки толстослоистые с включениями кремня (до 12 м), вверху – массивные доломиты кавернозные сахаровидные (до 100 м). В известняках сосредоточены многочисленные кораллы, водоросли, мшанки, губки, обилие двустворчатых моллюсков и др. отмечаются прослои мергелей, аргиллитов. Мощность до 220 м.

*Мезмайская свита ( $J_{3mt}$ )*. Выделена в бассейне р. Мезмай [9] и распространена до р. Белая. Залегает согласно на герпегемской свите, с размывом перекрывается свитами аминовской и Губс. В стратотипической местности разрез свиты представлен снизу-вверх: пачкой чередования пестроцветных (красных, зелёных) аргиллитов и алевролитов (20 м), выше залегает пачка аргиллитов с прослоями (0,2-0,7 м) доломитов (40 м), далее горизонт песчаников (15 м) с прослоями глин, который перекрывается пачкой (70 м) аргиллитов с линзами доломитов (до 1,2 м) и гипсов (65 м) переслаивания пакетов аргиллитов (до 15 м) с пластами доломитов (до 6

м) и прослоями алевролитов. Венчает разрез свиты пачка переслаивания аргиллитов, алевролитов, песчаников (60 м). Общая мощность от 285 до 300 м [9].

### **Гидрогеология**

*Водоносный каменноостско-мезмайский терригенно-карбонатный комплекс ( $J_{2-3}ktn+J_3tm$ )* представлен пестроцветной осадочной толщей. Водовмещающими породами комплекса являются песчаники, известняки, трещиноватые мергели и доломиты, разделенные прослоями пестроцветных глин, мощностью до 880м.

В зоне выходов пород на поверхность и до глубин 150-200м ниже вреза рек в этих породах развиты пресные воды гидрокарбонатного кальциевого состава. С дальнейшим погружением пород химический состав вод постепенно меняется до хлоридного натриевого. На глубинах 1000-1600м (в районе ст. Абадзехской) встречаются хлоридно-сульфатные и сульфатно-хлоридные натриевые воды, содержащие сероводород, с минерализацией до 10 г/дм<sup>3</sup>, на базе которых эксплуатируются Североабдзехский и 1-ый Южноабдзехский участки Абадзехского месторождения минеральных вод.

К юго-востоку от пос. Тульский, в связи с появлением в разрезе легко растворимых прослоев каменной соли, гипсов и ангидритов, минерализация возрастает до 270-290 г/дм<sup>3</sup>. Температура подземных вод в пластовых условиях достигает 127-133°С. Концентрации йода и брома – 55 мг/дм<sup>3</sup> и 220 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. Подземные воды глубокой циркуляции так же насыщены метаном (до 9мг/дм<sup>3</sup>).

*Водоносный даховско-ходжохский карбонатно-терригенный комплекс ( $T_{2-3}dh+T_3h\check{z}$ )*. Отложения комплекса представлены аргиллитами, песчаниками, гравелитами, алевролитами и известняками. Мощность комплекса – до 730м. Дебиты родников варьируют от 0,06 до 4,2 дм<sup>3</sup>/с.

По химическому составу воды родников гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией до 0,46 г/дм<sup>3</sup>.

### *Гидрология*

Одной из целей маршрута является гидрографическое характеристика водотоков.

Термин "гидрографические характеристики" определяется 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.

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

Морфометрические характеристики водотоков - количественные показатели, дающие представление о размерах, форме, уклонах различных водотоков. К ним относятся: длина, гидрографическая длина, средний уклон, координаты продольного профиля, извилистость, координаты поперечного профиля;

Морфометрические характеристики водосборов - количественные показатели, дающие представление о форме, размерах и пространственном положении водосбора. К этим характеристикам относятся: площадь, средняя высота, средний уклон склонов, густота речной сети, густота русловой сети, площадь замкнутых впадин, координаты гипсографической кривой, коэффициент канализованности речной сети.

Морфологические характеристики водосборов - качественно-количественные показатели, характеризующие особенности строения водосбора. К ним относятся: озерность, количество и суммарная площадь

естественных сточных и бессточных водоемов, количество и суммарная площадь искусственных водоемов, заболоченность, распаханность, лесистость, оледененность, урбанизированность, закарстованность, характер почво-грунтов водосбора, мерзлотность.

Все перечисленные гидрографические характеристики определяются по топографическим картам крупного масштаба путем проведения специальных картометрических работ.

### ***Основные морфометрические характеристики водотоков***

1. Длина водотока (участка водотока) - протяженность основного русла водотока от принятого истока до устья (от начала до конца участка).

2. Гидрографическая длина водотока - наибольшая протяженность основного русла водотока (системы водотоков), измеряемая от истока притока, составляющего с основным водотоком наибольшую длину.

3. Средний уклон водотока (участка водотока) - отношение превышения истока над устьем (или между концами участка), определяемого по разности высотных отметок, к соответствующей длине водотока (или его участка).

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

Различают также гидрографическую извилистость водотока, которая представляет собой отношение длины водотока к длине его долины, характеризующее степень криволинейности русла водотока в пределах долины.

### ***Основные морфометрические характеристики водосборов***

1. Площадь водосбора - часть земной поверхности, ограниченная водораздельной линией, с которой вода поступает в данный водный объект.

2. Средняя высота водосбора - среднее арифметическое из абсолютных отметок высот точек, равномерно расположенных на водосборе.

3. Средний уклон склонов водосбора - среднее значение уклонов частных склонов поверхности водосбора.

4. Густота речной сети - длина сети водотоков, приходящаяся на единицу площади водосбора.

5. Густота русловой сети - длина русловой сети (речных долин, оврагов, балок, логов и сухих русел), приходящаяся на единицу площади водосбора.

6. Озерность водосбора - отношение суммарной площади водной поверхности водоемов, расположенных в пределах водосбора, к общей площади водосбора.

7. Лесистость водосбора - отношение суммарной площади лесных угодий на водосборе к общей площади водосбора.

8. Характер почвогрунтов водосбора - количественные показатели, характеризующие основные категории почвогрунтов по механическому составу.

9. Закарстованность водосбора - отношение суммарной площади участков водосбора с проявлениями карстовых явлений к общей площади водосбора.

### ***Гидрография ручьев***

**Ручьи** – водотоки малых размеров, не вполне четко отделенные от рек и часто представляющие их истоки. У ручьев, как правило, недоразвитые долины в виде оврагов или балок (обычно нет зоны аккумуляции, а только вымывания, нет нормальных меандров и стариц). Малый размер

обуславливает резкие сезонные и погодные колебания уровня воды, силы течения и самой проточности. Уклон русла часто довольно большой (поскольку долина не выработана), но скорость течения все равно мала (при малой глубине – велико сопротивление дна).

Ручьи часто бывают временные или периодически распадающиеся на серии луж.

Ручей чаще всего вытекает из полупостоянной заболоченной мочажины или родника. Затем вода постепенно промывает себе долину и разгоняется, уклон русла возрастает, но ручей остается пересыхающим. Когда долина ручья подрезает уровень грунтовых вод, в русле появляются родники и с ними – постоянное питание водой. Дальше, постепенно углубляясь, ручей течет все быстрее, появляются песчаные и каменистые перекаты, мягкие грунты оттесняются к берегам. На протяжении нескольких километров образуется быстрая речка с каменистыми бурными перекатами и песчаными плесами. А потом, обычно при ширине русла 5-10 метров долина перестает углубляться – речка приближается к уровню, на котором находится ее устье (базис эрозии), уклон русла падает, течение замедляется, в плесах отлагаются ил и детрит.

### ***Основные пункты маршрутных наблюдений***

*Маршрут начинается от «Хаджогской теснины»*

Хаджохская теснина представляет собой узкий каменный каньон шириной от двух до шести — семи метров. Обрывистые берега каньона имеют высоту до 35-40 метров. На дне каменной щели бьется, клокочет и неиствует своенравная река Белая. Протяженность теснины 400 метров. Начинается она от Казачьего камня, и почти через полкилометра вырывается на свободу и широко растекается по аллювиальной пойме меандрами. Ширина русла реки колеблется на этом участке от 50 до 60 метров.



На стенах каньона заметны мощные следы эрозии и разрушения стенок теснины. Бурный поток воды реки Белой продолжает разрушение стен теснины и углубление русла реки и в настоящее время.

Топоним Хаджох: Хаджико — Хьаджико — Хьаджэ (Хаджа), адыг. -дословно посетивший Мекку; кэй, адыг. — долина. Т.е. Хаджох - «долина посетивших Мекку», «ущелье посетивших Мекку».

По другому источнику в районе каменного каньона — Хаджохской теснины проживал адыгейский род Шадже Ко, адыг — сын. Т.е. Хаджох - «сын рода Шадже».

Верхний каньон Хаджохской теснины. Ширина каньона 30-40 метров. Высота скальных обрывов до 40 метров. Каньон Хаджохской теснины начинается от Казачьего камня и спускается вниз вдоль русла реки Белая. Верхняя часть каньона представляет собой каменные завалы, гроты и пещеры. Нагромождение камней - каменный «Лабиринт» труднопроходимо.

Огромные каменные валуны создают таинственную атмосферу, загадочно поросли мхом. Здесь царит вечный полумрак. Солнечные лучи не пробивают через кроны деревьев. Солнечный лучик в этом каменном царстве весьма редкий гость.

Дальше тропа ведет в каменный мешок. Здесь между двумя склоненными над дорогой скалами — продолжениями хребтов Уна-Коз и Азиш-Тау напротив карьера по добыче известняка под скалами Азиш-Тау проходит узкая пешеходная тропа.

Средняя часть каньона Хаджохской теснины. Ширина каньона 2-6 (два — шесть) метров. Высота скальных обрывов до 35 (тридцати пяти) метров. Во время паводка kloкочущая вода поднимается вверх в каньоне на высоту до 20-ти метров и на известковых стенах каньона можно хорошо различить темные следы ее пребывания. огромные стволы деревьев висят высоко над водой, расклинившись на стенах каньона.

Узкая щель каньона сдавливает бурное течение реки Белой в пенящийся поток ([рис. 8.3](#)).

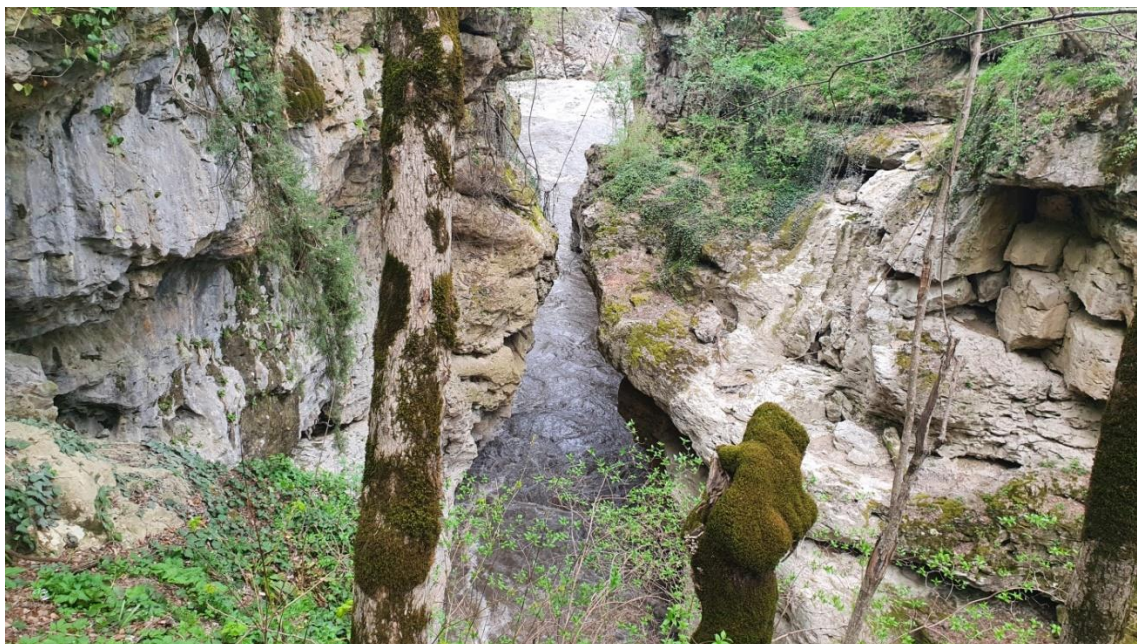


Рис. 8.3 – Хаджогская теснина.

Несколько смотровых площадок, органично расположенных на стенах каньона позволяют досконально осмотреть чудо-природы, а в безоблачную погоду и спуститься к самому урезу воды. Здесь в полумраке каньона Вы ощутите у себя на лице пенящиеся капли воды, холодные брызги. Здесь Вы стоите на узкой каменной полочке и мощный поток несет мимо бушуя и рыча.

Крайняя оконечность каменного острова носит название «судилище Мухаммед Эмина». Рассказывают, что именно с этой площадки грозный правитель черкесов сбрасывал в бушующую пропасть воинов, нарушивших строгие законы шариата. Если казненный воин выплывал из бурлящих вод ущелья, то ему даровали жизнь и прощали преступление.

Продолжением скального острова является «Трехглавый дракон» — скала, живописно закрывающая выход из беснующейся теснины в спокойную часть каньона. Живописная трехглавая скала всем своим очертанием напоминает страшного монстра, застывшего в водах реки.

О «Трехглавом драконе» от которого начинается нижний участок каньона существует легенда.

Очень, очень давно по берегам реки белой жил суровый, но справедливый народ. Жил он мирно и дружно. Чтил старцев, помогал бедным и поддерживал страждущих. Придерживался древних, но мудрых законов. Но бывало так, что кто-то нарушал древние законы.

В те времена жил в Хаджохской теснине трехглавый дракон. Не пропускал он по ущелью ни пешего, ни конного. Был он послан богами на землю для суда праведного. Нарушителей традиций, предателей, воров и убийц сбрасывали с каменной площадки ущелья грозные правители старинного народа в бушующие воды реки Белой. Бурлящие воды реки приносили отступников к дракону. Левая голова дракона выхватывала из пучины предателей, правая — воров, а центральная поглощала убийц.

Но однажды в пучину были сброшены три человека. Суд над ними состоялся по злому навету, и казненные были не виновны. Разгневались небеса и превратили злого дракона в камень. С тех пор застыл он в Хаджохской теснине каменным изваянием.

На левом борту долины р. Белая непосредственно в начале маршрута находится источник подземных вод. Источник небольшим водопадом стекает с обрывистых известковых уступов.

**Задание для студентов:** определить водоносный горизонт, дающий начало источнику; дебит источника, температуру и физические свойства воды.

Далее маршрут следует по тропе вдоль левого борта р. Белая. Следующая точка маршрута – это ручей Мезмай.

*Мезмайский ручей* - небольшой левый приток реки Белой. В нижнем течении ручей проходит через глубокий тектонический разлом в хребте Азиш-Тау, образуя скальное ущелье протяженностью около 500 м, с большими водопадами и хаотичным нагромождением огромных скальных обломков.

Задание для студентов: определить основные морфометрические характеристики ручья и расход воды.

Далее маршрут следует через буковый лес ([рис. 8.4](#)) до долины ручья Руфабго, одной из главных туристических достопримечательностей республики Адыгея.

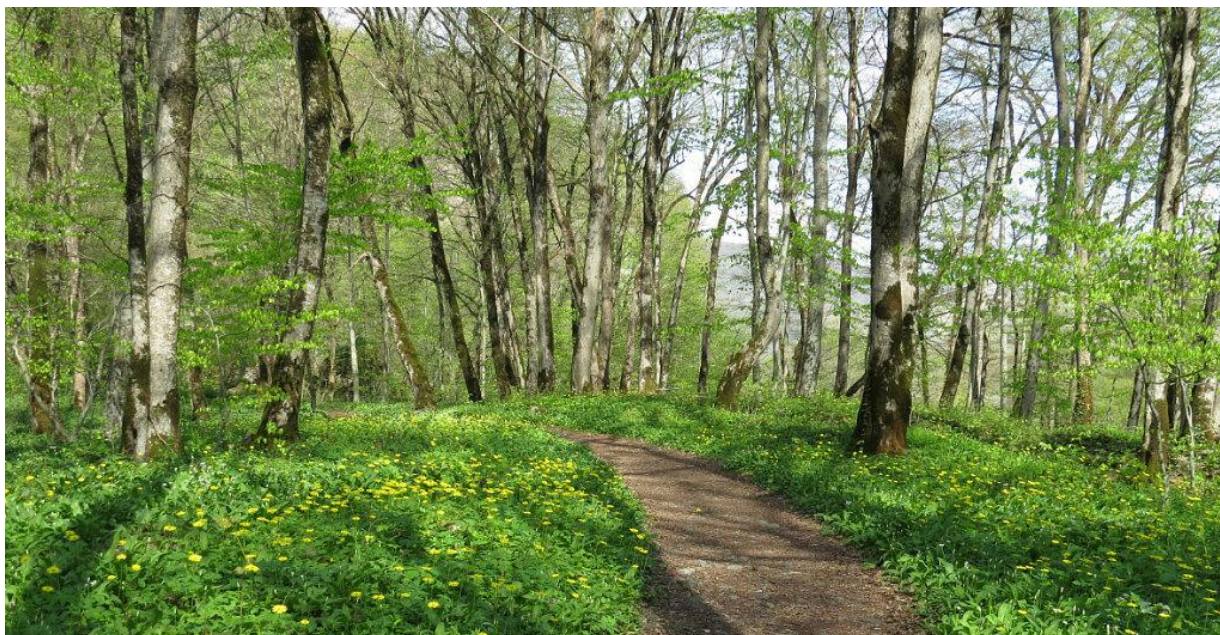


Рис. 8.4 – Тропа к водопадам Руфабго.

Поход по водопадам Руфабго - весьма популярный и очень красивый туристический маршрут в горах Адыгеи. Невысокие по меркам Кавказа, но весьма живописные водопады Руфабго имеют высоту от 5 до 15 метров, и каждый из них носит своё характерное звучное имя.

Вот самый первый водопад - "**Три Братца**" - расположен в устье Руфабго, в месте его впадения в реку Белую ([рис. 8.5](#)). Совсем небольшой, больше похожий на речной порог, он незаслуженно обделен вниманием туристов, которые, не замечая его, спешат к следующему водопаду.



Рис. 8.5 – Водопад «Три братца».

В том, что этот водопад оправдывает свое имя, убеждаешься изда- лека. Шум воды, сперва еле слышный, постепенно нарастает, и вот перед нами открывается чудесное горное озерцо, в которое с шестиметровой высоты стремительно срывается водный поток - это и есть водопад «Шум» ([рис. 8.6](#)).

До следующего водопада нам нужно преодолеть около километра живописнейшего пути по ущелью Руфабго - древнему тектоническому разлому: с крутыми склонами, каменными террасами, гротами и отвесны- ми скальными коридорами высотой до 150 метров. Склоны ущелья по- крыты буковым лесом, деревья и скалы обвиты гирляндами реликтового колхидского плюща.



Рис. 8.6 – Водопад «Шум».

Следующий водопад – **«Каскадный»** - невелик, он состоит из трех маленьких перекатов, поэтому его ласково называют **«Малыш»** ([рис. 8.7](#)). Этот малыш, весело прыгая по каменным ступенькам, широким шлейфом падает в глубокую чашу. Слева от тропы по каменистой лесенке сбегает холодный горный родник.

Задание для студентов: описать родник и отобрать пробу воды на химический анализ.

Пройдя еще 120 метров, мы попадаем в самое уникальное место ущелья, к знаменитому водопаду **«Сердце Руфабго»**. Он представляет собой поток воды, на пути которого лежит огромная каменная глыба, в форме сердца. Между этой громадой и отвесной скалой ручей образует двухкаскадный водопад, срывающийся в глубокий каньон, сложенный горизонтальными каменными плитами.



Рис. 8.7 – Водопад «Каскадный».

Легенда гласит так: в давние времена жил в этих местах великан Руфабго, который не давал житья местным жителям. И тогда храбрый юноша Хаджох ([рис. 8.8](#)) вступил в смертельную схватку со злым великаном.



Рис. 8.8 – Герой эпоса – Хаджох.

Победив его, он вытащил из груди великана сердце и забросил далеко в ущелье. Окаменевшее сердце перегородило ручей и образовало водопад. С тех пор этот ручей назвали Руфабго, что на языке адыгов значит «бешеный», «строптивый» ([рис. 8.9](#)).

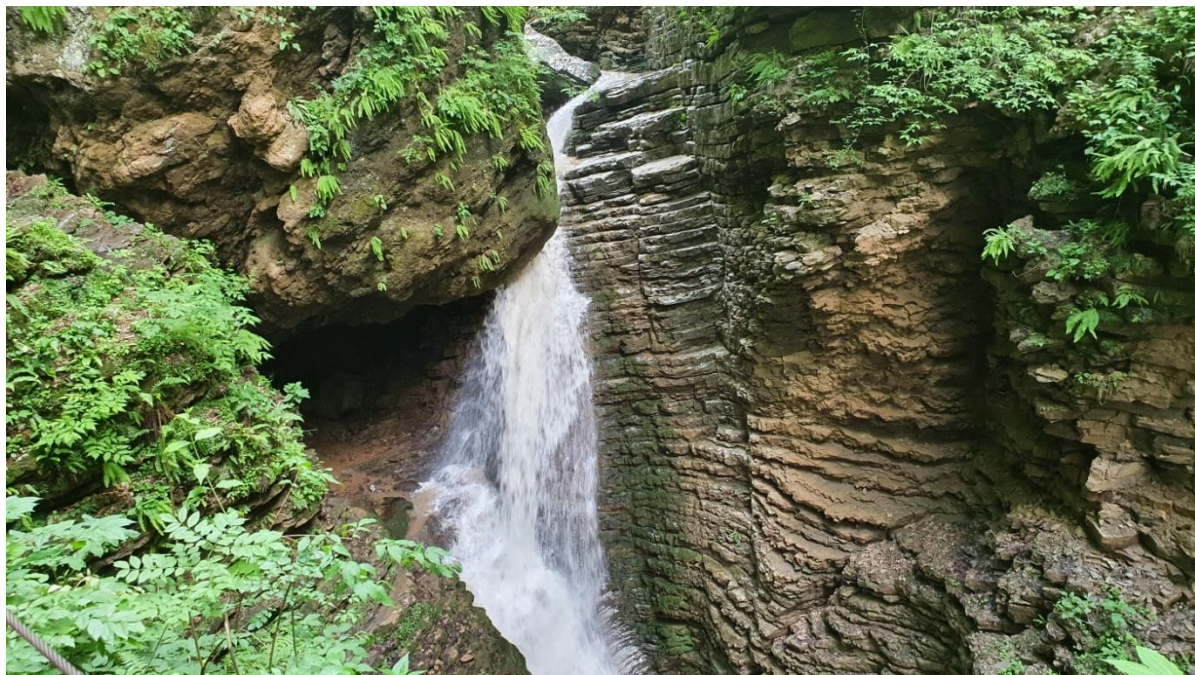


Рис. 8.9 – Водопад «Сердце Руфабго».

Через 150 метров пути перед нами предстает новый водопад, который из-за своей тонкости и изящества получил имя «**Шнурок**», или «**Девичья Коса**». Это один из самых высоких водопадов Руфабго, его высота достигает 15 метров, а озеро под водопадом имеет глубину до 2,5 метров. Это любимое место купания туристов, которые стараются заплывать под упругие струи водопада и испытать на себе силу падающей воды ([рис. 8.10](#)).

В целом, основная задача этого маршрута для студентов - оставить впечатления от посещения водопадов в виде оригинальных фотографий, чтобы затем эффектно проиллюстрировать отчет по практике.





Рис. 8.10 – Водопад «Девичья коса».

Во время текущей камеральной обработки студенты оформляют описание маршрута в электронно виде.

В процессе окончательной камеральной обработке материалов практики, в компьютерном классе студенты с помощью приложения SAS.planet определяют следующие основные морфометрические характеристики ручьев Мезмай и Руфабго и их водосборов:

- гидрографическая длина водотока;
- средний уклон водотока;
- извилистость водотока;
- площадь водосбора;
- средняя высота водосбора;
- средний уклон склонов водосбора;
- густота речной сети;
- лесистость водосбора.

## 9. Полевые гидрохимические исследования

В период прохождения учебной практики химические анализы отобранных проб поверхностных и подземных вод выполняются полевыми методами. Под полевым методом подразумевается такой метод, который может применяться непосредственно в полевых условиях, при отсутствии водопровода, централизованных источников электроэнергии, стационарных и специально оборудованных лабораторных помещений.

Большинство полевых методов определения показателей качества воды являются химическими, так как позволяют определить содержание химических компонентов в составе воды и основаны на химико-аналитических реакциях.

Для проведения полевых гидрохимических исследований студенты используют портативные лаборатории модели НКВ-2 [19].

При выполнении химических анализов воды берутся готовые оборудование и материалы, поэтому используемые при выполнении анализа растворы, реактивы, посуда и другие компоненты комплекта должны быть предварительно осмотрены. При осмотре проверяют:

- целостность и герметичность упаковки растворов, реактивов;
- соответствие выбранного для использования реактива (раствора) или посуды требованиям методики анализа, наличие хорошо и однозначно читаемой этикетки, меток на мерной посуде, контрольных шкал;
- отсутствие повреждений мерной посуды, пробирок, контрольных шкал и др.

После проведения анализа мерные склянки и пипетки следует промыть чистой водой, склянки с растворами необходимо герметично закрыть и уложить в укладочные контейнеры. Затруднения при закрывании контейнеров обычно свидетельствуют о небрежности при укладке.

Условия применения полевых методов определения могут быть приняты следующие ([таблица 9.1](#)):

Таблица 9.1 Условия применения полевых методов

температура анализируемой воды, °С	15–25
температура воздуха, °С	5–30
относительная влажность воздуха и атмосферное давление	не ограничены

Ограничения по температуре воды и воздуха не распространяются на условия отбора проб. Таким образом, при выполнении анализов температура проб должна контролироваться, т.к. она является фактором, способным повлиять на результат измерения концентрации и нарушить правильность измерений.

Показатели химического состава воды определяются непосредственно в отобранных пробах различными методами: органолептическим, визуальным, колориметрическим, титриметрическим и расчетным.

#### Органолептические и визуальные методы

Органолептические методы используются для определения запаха, вкуса, цветности, прозрачности. При этом человек, выполняющий анализ должен уметь корректно определять вкус, запах, цвет, степень прозрачности, используя собственные вкусовые ощущения, обоняние и зрение.

#### *Определение запаха*

Для определения запаха наполняют колбу (250-500 мл) водой на 1/3 объема, закрывают ее пробкой, взбалтывают содержимое колбы вращательным движением руки, затем вынимают пробку и сразу нюхают. Запах различают по характеру и интенсивности. Характер запаха выражают описательно: без запаха, сероводородный, болотный; гнилостный и т.п. Интенсивность запаха оценивают по шкале оценки запаха ([таблица 9.2](#)).

Таблица 9.2 Таблица оценки запаха

Балл	Интенсивность	Описательное определение
0	Нет	Отсутствие ощутимого запаха
1	Очень слабый	Запах обычно не замечаемый, но обнаруживаемый опытным наблюдателем
2	Слабый	Запах обнаруживаемый, если на него обратить внимание потребителя
3	Заметный	Запах, который легко обнаруживается и может вызывать неодобрительную оценку воды
4	Отчетливый	Запах, обращающий на себя внимание
5	Очень сильный	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной для питья

### *Определение вкуса*

Вкус воды определяют при условии отсутствия подозрений на ее загрязненность. При определении вкуса воду набирают в рот небольшими порциями и задерживают на 3–5 сек, не проглатывая. После определения вкуса воду сплевывают. Отмечают 4 вкуса вод: (соленый, кислый, горький, сладкий). Остальные вкусовые ощущения считаются привкусами (солонватый, горьковатый, металлический, хлорный и т.п.).

Интенсивность вкуса и привкуса оценивают по 5-балльной шкале, приведенной ниже в таблице 9.3.

### *Определение цветности*

Цветность – естественное свойство природной воды, обусловленное присутствием гуминовых веществ и комплексных соединений железа. Определение цветности производят только в прозрачной воде. Если же вода не прозрачна, ее фильтруют. Предлагаемый ниже метод определения цветности, являющийся наиболее простым, в то же время рекомендован ГОСТ 1030 ([таблица 9.3](#)).

Таблица 9.3 Таблица оценки вкуса

Интенсивность вкуса и привкуса	Характер проявления вкуса и привкуса	Балл
Нет	Вкус и привкус не ощущаются	0
Очень слабая	Вкус и привкус сразу не ощущаются потребителем, но обнаруживаются при тщательном тестировании	1
Слабая	Вкус и привкус замечаются, если обратить на это внимание	2
Заметная	Вкус и привкус легко замечаются и вызывают неодобрительный отзыв о качестве воды	3
Отчетливая	Вкус и привкус обращают на себя внимание и заставляют воздержаться от употребления	4
Очень сильная	Вкус и привкус настолько сильные, что делают воду непригодной к употреблению	5

Стеклянную пробирку высотой 10–12 см наполняют исследуемой водой доверху, ставят в компаратор - мутномер и, рассматривая сверху на белом фоне, делают визуальную оценку цветности.

Различают следующую цветность ([таблица 9.4](#)):

Таблица 9.4 Визуальная оценка цветности

Слабо-желтоватая	Коричневатая
Светло-желтоватая	Красно-коричневатая
Желтая	Другая (укажите какая)
Интенсивно-желтая	

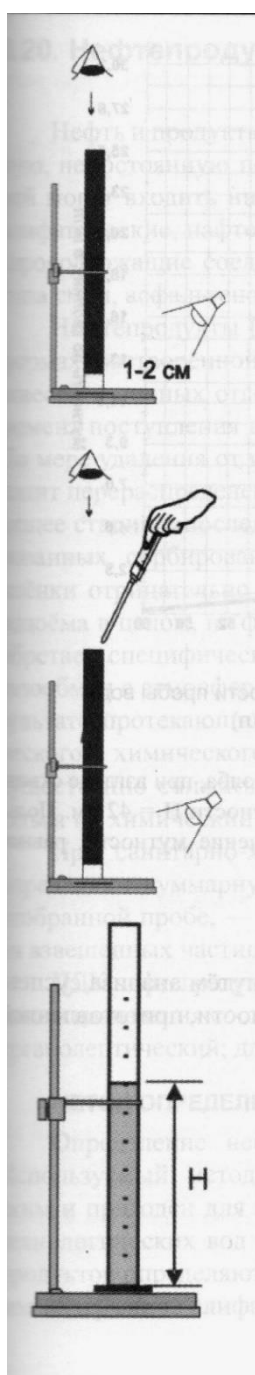
#### *Определение прозрачности*

Прозрачность, или светопропускание воды обусловлена ее цветом и мутностью, т.е. содержанием в ней различных окрашенных и минеральных веществ. Прозрачность измеряется как высота столба воды, при взгляде сквозь который можно различать узнаваемый знак (отверстия на диске, стандартный шрифт, крестообразная метка и т.п.).

Оборудование для выполнения определения: ламинированный образец шрифта (высота 3,5 мм, ширина линии 0,35 мм), пипетка для отбора воды, стеклянная трубка для определения прозрачности (длина 600 мм; диаметр 25 мм), световодонепроницаемый экран для трубки, шприц с соединительной трубкой.

Примечание: для устойчивости трубку для определения прозрачности лучше закреплять в штативе.

Выполнение определения:



1. Поместите образец шрифта на горизонтальную поверхность. Установите трубку в вертикальном положении.

2. Наденьте на трубку экран. Приподнимите экран снизу на 1-2 см. Установите четкую видимость шрифта сквозь водяной столб, наблюдая сверху через трубку.

3. Перемешайте тщательно пробу воды и заполните ее трубку до уровня 60 см.

4. Понижайте уровень водяного столба, постепенно отбирая воду трубкой со шприцом-дозатором до тех пор, пока не станет видимым (читаемым) шрифт на образце.

5. Снимите экран с трубки.

6. Определите по делениям на трубке значение прозрачности, как высоту водяного столба с точностью до 1 см.

Рис. 9.1 – Последовательность определения прозрачности.

## Колориметрические методы

Колориметрическим называется такой метод анализа, при котором анализируемый компонент при помощи химической реакции переводится в окрашенное соединение, после чего окраска раствора сравнивается визуально с образцами окраски пленочной контрольной шкалы. Интенсивность окраски является мерой концентрации анализируемого вещества.

При визуальном колориметрировании окраску раствора – пробы наблюдают сверху вниз через открытую пробирку на белом фоне при достаточном освещении. За результат анализа принимают ближайший по характеру окраски образец шкалы. Если окраска раствора – пробы окажется интенсивнее крайнего образца на шкале с максимальной концентрацией, проводят разбавление пробы дистиллированной водой. После повторного колориметрирования вводят поправочный коэффициент, равный кратности степени разбавления воды.

Колориметрическими методами определяют рН, ионы:  $\text{NH}_4^+$ ;  $\text{NO}_2^-$ ;  $\text{NO}_3^-$ ; а также  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ .

На каждом эталоне обозначены цифры, соответствующие количеству  $\text{NH}_4^+$ ;  $\text{NO}_2^-$ ;  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Fe}_{\text{общ}}$  в мг на 1л ( $\text{дм}^3$ ) воды и абсолютному значению рН.

Когда интенсивность окраски раствора находится между двумя соседними эталонами, берут среднее значение.

### *Определение рН*

Оборудование и реактивы:

- пипетка-капельница (0,10 мл);
- пробирка колориметрическая с меткой «5 мл»;
- раствор универсального индикатора во флаконе-капельнице;

- контрольная шкала образцов окраски растворов для определения рН (рН 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 10,0;11,0) из состава тест-комплекта.

#### Выполнение анализа:



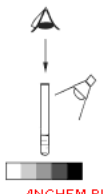
	<p>1. Колориметрическую пробирку ополосните несколько раз анализируемой водой. В пробирку налейте анализируемую воду до метки «5 мл».</p>
	<p>2. Добавьте пипеткой-капельницей 3 капли (около 0,10 мл) раствора универсального индикатора и встряхните пробирку.</p>
	<p>3. Окраску раствора сразу же сравните с контрольной шкалой, выбирая ближайший по характеру окраски образец шкалы. Окраску наблюдайте сверху через открытое отверстие пробирки на белом фоне при достаточном освещении.</p>

Рис. 9.2 – Последовательность определения рН.

#### Определение иона аммония ( $NH_4^+$ )

##### Оборудование и реактивы:

- пипетка-капельница (0,10 мл), ложка мерная;
- пробирка колориметрическая с меткой «5 мл» и пробкой;
- реактив Несслера, сегнетова соль;
- контрольная шкала образцов окраски растворов для определения иона аммония (0; 1,0; 2,6; 5,0; 7,0 мг/дм<sup>3</sup>)

##### Выполнение анализа:

1. Колориметрическую пробирку ополосните несколько раз анализируемой водой. В пробирку налейте анализируемую воду до метки «5 мл».

2. Добавьте в воду мерной ложкой 0,01г (несколько кристаллов) сегнетовой соли и туда же пипеткой-капельницей 8-10 капель (около 0,25 мл) реактива Несслера и встряхните пробирку.



3. Оставьте смесь на 2 минуты для завершения реакции.

4. Пробирку с пробой поместите над белым полем контрольной шкалы на расстоянии 0,5-1 см. Окраску раствора сравните с контрольной шкалой, выбирая ближайший по характеру окраски образец шкалы и соответствующее ему значение концентрации иона аммония в мг/дм<sup>3</sup>. Окраску наблюдайте сверху через открытое отверстие пробирки на белом фоне при достаточном освещении

#### Определение нитрит - иона ( $NO_2^-$ )

Оборудование и реактивы:

- пробирка колориметрическая с меткой «5 мл» и пробкой, штатив для пробирок;
- реактив Грисса (в капсулах, с навеской 0,04-0,005г.);
- контрольная шкала образцов окраски растворов для определения нитрит - иона (0; 0,02; 0,1; 0,5; 2,0 мг/дм<sup>3</sup>)

Выполнение анализа:


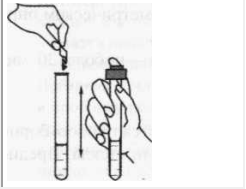
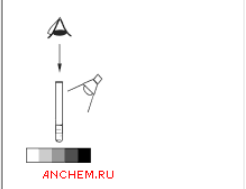
	1. Колориметрическую пробирку ополосните несколько раз анализируемой водой. В пробирку налейте анализируемую воду до метки «5 мл».
	2. Добавьте в воду содержимое одной капсулы реактива Грисса. Закройте пробирку пробкой и перемешайте раствор в пробирке встряхиванием до растворения кристаллов реактива. Оставьте смесь на 20 минут для завершения реакции.
	3/Окраску раствора сравните с контрольной шкалой, выбирая ближайший по характеру окраски образец шкалы и соответствующее ему значение концентрации нитрит - иона в мг/дм <sup>3</sup> . Окраску наблюдайте сверху через открытое отверстие пробирки на белом фоне при достаточном освещении.

Рис. 9.3 – Последовательность определения нитрит-иона.

Примечания:

1) так как в процессе выполнения определения нитрит-иона требуется довольно продолжительное (20 мин.) выстаивание воды после добавления реактива, целесооб-

разно начинать анализ у водоисточника с определения  $\text{NO}_2^-$  и  $\text{NO}_3^-$  (см. ниже), используя для этой цели третью (запасную) колориметрическую пробирку;

2) ввиду биогенной активности нитритов в воде, отобранные пробы без консервации должны быть проанализированы в течение двух часов.

### Определение нитрат - иона ( $\text{NO}_3^-$ )

Оборудование и реактивы:

- ложка мерная, пробирка градуированная с пробкой, склянка с метками и пробкой;

- дистиллированная вода, реактив Грисса, порошок цинкового восстановителя;

- контрольная шкала образцов окраски растворов для определения нитрат - иона (0-5; 0-15-45-90 мг/дм<sup>3</sup>).

Выполнение анализа:

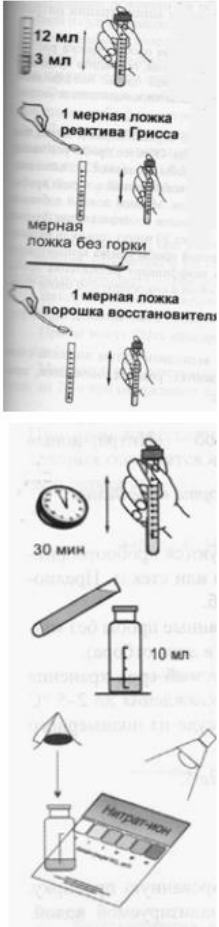
	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Колориметрическую пробирку ополосните несколько раз анализируемой водой. В пробирку налейте 3 мл анализируемой воды. Доведите объем дистиллированной водой до 12 мл, закройте пробкой, перемешайте.</li><li>2. Добавьте в воду 1 мерную ложку (без горки) реактива Грисса, излишки реактива снимите с ложки другой мерной ложкой. Закройте пробирку пробкой и перемешайте раствор в пробирке встряхиванием.</li><li>3. Добавьте в воду 1 мерную ложку (без горки) порошка цинкового восстановителя. Закройте пробирку пробкой и тщательно перемешайте.</li><li>4. Оставьте смесь на 30 минут для завершения реакции, периодически встряхивая содержимое пробирки.</li><li>5. Перелейте раствор из пробирки в склянку до метки «10 мл», стараясь не допустить попадания осадка в склянку.</li><li>6. Окраску раствора сравните с контрольной шкалой, выбирая ближайший по характеру окраски образец шкалы и соответствующее ему значение концентрации нитрат - иона в мг/дм<sup>3</sup>. Окраску наблюдайте сверху через открытое отверстие склянки.</li></ol>
--	--

Рис. 9.4 – Последовательность определения нитрат-иона.

Примечание: ввиду биогенной активности нитратов в воде, отобранные пробы без консервации должны быть проанализированы в течение 6 часов.

### *Определение железа общего*

Оборудование и реактивы:

- пипетка градуированная на 10 мл, пипетка полимерная на 1 мл, склянка с метками и пробкой;

- дистиллированная вода, бумага индикаторная универсальная, раствор орто-фенантролина, раствор буферный ацетатный (рН=4,5), раствор гидроксида натрия 10%, раствор соляной кислоты 1:10, раствор солянокислого гидроксиламина.

- контрольная шкала образцов окраски растворов для определения железа общего (0; 0,1; 0,3; 0,7; 1,0; 1,5 мг/дм<sup>3</sup>).

Выполнение анализа:

1. Ополосните мерную склянку несколько раз анализируемой водой. В склянку налейте пробу анализируемой воды до метки «10 мл». Определите рН пробы, используя индикаторную бумагу. При необходимости доведите рН пробы до 4-5, добавляя по каплям полимерной пипеткой растворы гидроксида натрия или кислоты соляной.

Внимание: соблюдайте осторожность при работе с растворами щелочи и кислоты.

2. Добавьте в воду полимерной пипеткой 4-5 капель раствора солянокислого гидроксиламина (0,2 мл). Закройте склянку пробкой и перемешайте раствор встряхиванием.

3. Добавьте в воду разными полимерными пипетками поочередно 1,0 мл раствора буферного ацетатного и 0,5 мл раствора орто-фенантролина. После каждого прибавления склянку закройте пробкой и перемешайте раствор встряхиванием.

4. Оставьте смесь на 20 минут для завершения реакции

5. Окраску раствора сравните с контрольной шкалой, выбирая ближайший по характеру окраски образец шкалы и соответствующее ему значение концентрации железа общего в мг/дм<sup>3</sup>. Окраску наблюдайте сверху через открытое отверстие склянки на белом фоне при достаточном освещении.

### Титриметрические (объемные) методы

Сущность титриметрического или объемного метода анализа заключается в измерении объема реактива (титранта), требующегося для взаимодействия с анализируемым веществом до точки эквивалентности. Точку эквивалентности определяют, вводя в раствор подходящий индикатор и наблюдая за изменением окраски.

При выполнении анализа титриметрическим методом определение проводят в склянках или пробирках вместимостью 15-20 мл, либо в конических колбах.

Для обеспечения правильных результатов объемных определений необходимо:

1. Точно отмерять объем воды, отбираемой на определение; прибавлять титрованный раствор по каплям при постоянном перемешивании исследуемого раствора; выпускать из пипетки не более одной капли в 2-3 сек.

1. Внимательно следить за изменением цвета титруемого раствора, не допуская прибавления излишка реактива.

Титрованные растворы готовят такой концентрации, которая наиболее рациональна для проведения работ (предполагаемая минерализация вод, цель проводимых исследований и т.п.). Концентрацию принято выражать в виде нормальности, т.е. количества грамм-эквивалентов вещества, растворенного в одном литре раствора.

Расчет содержания определяемого вещества производится по формуле:

$$C = V_1 \cdot N \cdot \text{Э} \cdot 1000 / V$$

где:

$V$  - объем пробы воды, взятой для анализа, мл;

$V_1$  - объем реактива, израсходованный на титрование, мл;

$N$  - нормальность применяемого титрованного раствора;

$\text{Э}$  - эквивалентный вес определяемого вещества;

1000 – коэффициент пересчета единиц измерений из г/л в мг/л.

Результаты определений выражают в мг/л или в мг/дм<sup>3</sup>, округляют до целых чисел.

Титриметрическим методом проводят определение общей жесткости, а также следующих ионов:  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ .

#### *Определение гидрокарбонат-иона ( $\text{HCO}_3^-$ )*

Оборудование и реактивы:

- пипетка на 2 мл или на 5 мл, мерный шприц с наконечником и соединительной трубкой; пипетка полимерная на 1 мл; склянка с метками и пробкой.

- раствор индикатора метилового оранжевого, раствор титранта - соляной кислоты (0,05 моль/л).

Содержание  $\text{HCO}_3^-$  в мг/л рассчитывают по формуле:

$$C = V_{\text{СК}} \cdot N \cdot 61 \cdot 1000 / V$$

где:  $V_{\text{СК}}$  – объем раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование гидрокарбонатов, мл;

$V$  - объем пробы воды, взятой для анализа, мл;

$N$  - нормальность применяемого титрованного раствора;

61 - эквивалентный вес гидрокарбонат-иона;

1000 – коэффициент пересчета единиц измерений из граммов в миллиграммы.

Выполнение анализа:




	1. В склянку налейте до метки (10 мл) анализируемую воду.
	2. Добавьте пипеткой 2-3 капли раствора индикатора метилового оранжевого. Раствор перемешайте.
	3. Постепенно титруйте пробу на белом фоне с помощью мерного шприца с наконечником раствором соляной кислоты (0,05 моль/л) при перемешивании до перехода сине-зеленой окраски в серую, определяя общий объем раствора, израсходованного на титрование по смешанному индикатору (мл).

Рис. 9.5 – Последовательность определения гидрокарбонат-иона.

### Определение сульфат-иона ( $SO_4^{2-}$ )


Оборудование и реактивы:

- воронка лабораторная, ложка мерная, мерный шприц с наконечником и соединительной трубкой; пипетка полимерная на 1 мл и 3мл; склянка с метками и пробкой, фильтры бумажные.

- бумага индикаторная универсальная, катионит КУ-2-8чС (Н-форма), раствор гидроксида натрия (0,1 моль/л).; раствор хлорида бария (0,02 моль/л экв), раствор индикатора ортанилового К в этаноле;

- контрольная шкала образцов окраски начала и окончания титрования.

Выполнение анализа:

	1. Ополосните мерную склянку несколько раз анализируемой водой. Поместите в склянку 2,5 мл пробы воды: и. используя мерную ложку, внесите примерно 0,2 г катионита (0,2 г катионита помещается в мерной ложке без горки).
---	---




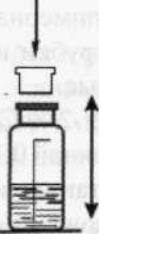
	<p>2. Закройте склянку пробкой. Содержимое склянки встряхивайте в течение 3 мин.</p>
	<p>3. Доведите рН пробы по универсальной индикаторной бумаге до рН 4 растворами гидроксида натрия либо соляной кислоты, прибавляя их по каплям из флакона-капельницы либо используя пипетку полимерную (если рН &lt; 4 — используйте раствор гидроксида натрия, если рН &gt;4 — используйте раствор соляной кислоты).</p>
	<p>4. Добавьте в склянку с анализируемой водой раствор ортанилового К до метки «5 мл».</p>
	<p>5. Соедините шприц-дозатор с пипеткой для титрования. С помощью шприца наберите в пипетку для титрования раствор хлорида бария. Постепенно, по каплям титруйте содержимое склянки раствором хлорида бария до появления не исчезающей (2-3 мин) голубой окраски. Закройте склянку пробкой и перемешайте раствор. Примечание: соблюдайте осторожность, так как хлорид бария токсичен.</p>

Рис. 9.6 – Последовательность определения сульфат-иона.

Определите объём раствора хлорида бария, израсходованного на титрование ( $V_{x6}$ , мл):

Содержание  $SO_4^{2-}$  в мг/л рассчитывают по формуле:

$$C = V_{x6} \cdot N \cdot 48,03 \cdot 1000 / V$$

где:  $V_{x6}$ — объём раствора хлорида бария, израсходованный на титрование, мл;

$V$  - объём пробы воды, взятой для анализа, мл;

$N$  - нормальность раствора хлорида бария;

48,03 - эквивалентный вес сульфат-иона;

1000 – коэффициент пересчета единиц измерений из граммов в миллиграммы.

Примечание: при разбавлении пробы концентрацию сульфат-иона необходимо умножить на коэффициент разбавления.

### Определение хлорид-иона ( $Cl^-$ )

Оборудование и реактивы:

- пипетка на 2 мл со шприцем-дозатором и соединительной трубкой, пипетка-капельница; пипетка полимерная на 1 мл и 3мл; склянка с метками и пробкой;

- раствор нитрата серебра (0,05 моль/л экв.), раствор хромата калия во флаконе-капельнице.

Выполнение анализа:



	1. В склянку налейте 10 мл анализируемой воды.
	2. Добавьте в склянку пипеткой-капельницей 3 капли раствора хромата калия. 3. Герметично закройте склянку пробкой и встряхните, чтобы перемешать содержимое. 4. Постепенно титруйте содержимое склянки раствором нитрата серебра при перемешивании до появления не исчезающей оранжево-бурой окраски. Определите объем раствора нитрата серебра, израсходованный на титрование ( $V_{нс}$ , мл).

Рис. 9.7 - Последовательность определения хлорид-иона.

Содержание  $Cl^-$  в мг/л производят по формуле:

$$C = V_{нс} \cdot N \cdot 35,5 \cdot 1000 / V$$

где:  $V_{нс}$  – объем раствора нитрата серебра, израсходованный на титрование хлоридов, мл;

$V$  - объем пробы воды, взятой для анализа, мл;

$N$  - нормальность применяемого титрованного раствора;

35,5 - эквивалентный вес  $Cl^-$ ;

1000 – коэффициент пересчета единиц измерений из граммов в миллиграммы.



Примечание: если вода солоновата на вкус или на титрование 10 мл воды идет больше 15-20 капель раствора  $\text{AgNO}_3$ , определение выполняют, отбирая на титрование только 1 мл воды.

### Определение общей жесткости

Оборудование и реактивы:

- пипетка полимерная, пипетка градуированная для титрования с соединительной трубкой и шприцем-дозатором, склянка с метками и пробкой.

- раствор буферный аммиачный во флаконе-капельнице, раствор индикатора хромового тёмно-синего во флаконе-капельнице, раствор трилона Б 0,05 моль/л экв.

Выполнение анализа:


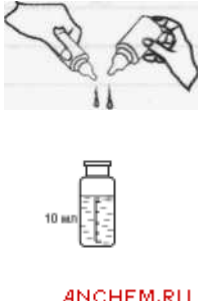

	<p>1. В склянку налейте до метки «10 мл» анализируемую воду.</p>
	<p>2. Добавьте в склянку 2-3 капли раствора буферного аммиачного и 1-2 капли раствора индикатора хромового тёмно-синего из флаконов-капельниц. 3. Закройте склянку пробкой и встряхните для перемешивания.</p>
	<p>4. Постепенно титруйте содержимое склянки раствором трилона Б с помощью пипетки и шприца до перехода окраски в точке эквивалентности из винно-красной в ярко-голубую, наблюдая окраску на белом фоне при достаточной освещённости. Периодически встряхивайте склянку для перемешивания пробы. Определите объём раствора, израсходованный на титрование общей жёсткости, мл.</p>

Рис. 9.8 - Последовательность определения общей жесткости.

Примечания: 1) после изменения окраски пробу необходимо выдержать еще 0,5 мин для полного протекания реакции. В случае, если окраска раствора несколько восстановится, необходимо добавить ещё некоторое количество раствора трилона Б.

2) если на титрование идет больше 15 капель трилона Б, испытуемую воду разбавляют в несколько раз дистиллированной водой и повторяют определение из 10 мл разбавленной воды. При вычислении результата учитывают величину разбавления.

Расчет общей жесткости в ммоль/л производят по формуле:

$$C=V_1 * N * 1000 / V$$

где:  $V_1$  – объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование общей жесткости, мл;

$V$  - объем пробы воды, взятой для анализа, мл;

$N$  - нормальность применяемого титрованного раствора;

1000 – коэффициент пересчета единиц измерений из моль в ммоль.

#### *Определение иона кальция ( $Ca^{2+}$ )*

Оборудование и реактивы:

- пипетка полимерная на 1 мл, пипетка градуированная для титрования с соединительной трубкой и шприцем-дозатором, палочка стеклянная, склянка с метками и пробкой.

- бумага универсальная индикаторная, индикатор мурексид в капсулах, раствор гидроксида натрия, раствор соляной кислоты, раствор трилона Б 0,05 моль/л экв.

Расчет содержания  $Ca^{2+}$  в мг/л производят по формуле:

$$C=V_1 * N * 20 * 1000 / V$$

где:  $V_1$  – объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование иона кальция, мл;

$V$  - объем пробы воды, взятой для анализа, мл;

20,04- эквивалентный вес  $Ca^{2+}$ ;

$N$  - нормальность применяемого титрованного раствора;

1000 – коэффициент пересчета единиц измерений.

Выполнение анализа:


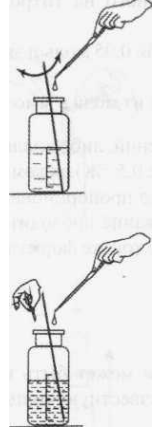

	<p>1. В склянку налейте до метки «10 мл» анализируемую воду.</p>
	<p>2. Прибавьте по каплям раствор соляной кислоты до pH 4-5, помешивая стеклянной палочкой (при этом из пробы удаляется гидрокарбонат-ион в виде CO<sub>2</sub>). Величину pH контролируйте по универсальной индикаторной бумаге.</p> <p>3. К пробе прибавьте полимерной пипеткой 13-14 капель (около 0,5 мл) раствора гидроксида натрия и содержимое одной капсулы (0,02-0,03 г) индикатора мурексида. Раствор перемешайте стеклянной палочкой.</p>
	<p>4. Проведите титрование раствором трилона Б, используя шприц и градуированную пипетку, до перехода окраски в точке эквивалентности из розово-оранжевой в сине-фиолетовую. Изменение окраски наблюдайте на белом фоне при достаточной освещенности. Периодически встряхивайте склянку для перемешивания пробы. Определите объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование кальция.</p>

Рис. 9.9 - Последовательность определения кальция.

Примечание: после изменения окраски пробу необходимо выдержать еще 0,5 мин для полного протекания реакции. В случае, если окраска раствора несколько восстановится, необходимо добавить ещё некоторое количество раствора трилона Б.

### Обработка результатов химического анализа воды

Данные химического анализа воды выражаются в определенной форме и систематизируются с целью классификации подземных вод. Химическая классификация подземных вод позволяет судить об условиях формирования солевого состава вод и дает возможность оценивать воды с точки зрения пригодности их для практического использования.

Предлагается следующая последовательность обработки результатов химического анализа воды:

1. Пересчитать данные, характеризующие анализ воды из весовой формы (мг/дм<sup>3</sup>) в миллиграмм-эквивалентную (мг-экв/дм<sup>3</sup>).

2. Вычислить содержание магния в миллиграмм-эквивалентной и весовой форме, используя данные общей жесткости.
3. Вычислить содержание натрия в миллиграмм-эквивалентной и весовой форме.
4. Определить раздельное содержание катионов и анионов в %-экв/дм<sup>3</sup>.
5. Классифицировать воду, принимая во внимание величину общей минерализации и ионный состав.
6. Оценить воду по степени жесткости, используя классификацию О. А. Алекина.
7. Выразить химический состав воды формулой Курлова.
8. Оценить пригодность воды для питья.

1. Пересчет анализа из весовой формы (мг/л) в миллиграмм-эквивалентную (мг-экв/ дм<sup>3</sup>)

Для вычисления количественных соотношений между ионами результаты анализа должны быть представлены в миллиграмм - эквивалентной форме, так как ионы реагируют между собой в эквивалентных количествах.

Последнее обстоятельство дает возможность вычислить содержание одного из ионов по разности между суммой катионов и анионов. Эквивалентная форма упрощает определение жесткости воды и позволяет проверять правильность выполнения анализа.

Пересчет из весовой формы в миллиграмм-эквивалентную осуществляется делением числа миллиграммов каждого иона на эквивалентный вес иона (ионный вес, деленный на валентность).

## 2. Вычисление содержания магния в миллиграмм-эквивалентной и весовой форме

Содержание  $Mg^{2+}$  в воде определяется по разности между величиной общей жесткости и содержанием  $Ca^{2+}$  в мг-экв. После этого количество мг-экв  $Mg^{2+}$  необходимо перевести в весовую форму (рассчитать содержание  $Mg^{2+}$  в мг/дм<sup>3</sup>). Для чего надо полученное по разности количество мг-экв  $Mg^{2+}$  умножить на 12,2 (эквивалентный вес).

## 3. Вычисление содержания натрия в миллиграмм-эквивалентной и весовой форме

Во всяком водном растворе количество эквивалентов катионов равняется количеству эквивалентов анионов, так как электролиты диссоциируют в водных растворах на эквивалентное число катионов и анионов. Учитывая это и пользуясь данными анализа, выраженными в эквивалентной форме, можно расчетным путем находить такие весьма трудоемкие для определения компоненты, как Na и K (суммарно).

Например,	если	исследуемая	вода	содержит:
мг-экв/дм <sup>3</sup>		мг-экв/дм <sup>3</sup>		
$HCO_3^-$ - 2,5		$Ca^{2+}$ - 2,0		
$SO_4^{2-}$ - 0,5		$Mg^{2+}$ - 0,8		
<u><math>Cl^-</math> - 0,1</u>		<u>(Na + K) - x</u>		
Итого: 3,1		Итого: 2,8 + x		, то
$x (Na + K) = 3,1 - 2,8 = 0,3$				мг-экв/дм <sup>3</sup>

После чего вычислить содержание (Na + K) в мг/дм<sup>3</sup> методом, указанным в пункте 2.

## 4. Определение отдельного содержания катионов и анионов в процент-эквивалентной форме (%-экв)

Необходимо получить представление о доле участия каждого из ионов в общем количестве растворенных в воде веществ. С этой целью результаты анализов пересчитываются в процент-эквивалентную форму. Процентное содержание миллиграмм-эквивалентов иона находится следующим образом: каждую из вычисленных сумм миллиграмм катионов и анионов принимают за 100 % и определяют процентное содержание каждого иона по следующей формуле:

$$X = \frac{100A(\text{или}K)}{\sum A(\text{или}K)}$$

#### 5. Характеристика химического состава воды по величине общей минерализации и ионному составу

Классификацию подземных вод при изучении их химического состава можно проводить по величине общей минерализации (сумма растворенных в воде компонентов, найденных анализом) или сухого остатка, полученного путем выпаривания определенного объема воды. Минерализацию воды обозначают символом М и выражают в г/л или г/дм<sup>3</sup>.

По минерализации (по классификации В.И.Вернадского) воды подразделяются следующим образом:

М (г/дм <sup>3</sup> )
пресные воды - до 1
солончатые воды - 1-10
соленые воды - 10 - 50
рассолы - более 50

При наименовании химического состава воды учитывают анионы и катионы, содержание которых составляет более 20 %-экв; перечисление ионов производят в порядке возрастания концентраций компонентов.

Например, для воды, имеющей следующий состав:

%-экв	%-экв
-------	-------

HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - 10	Ca <sup>2+</sup> - 15
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> - 30	Mg <sup>2+</sup> - 5
<u>Cl<sup>-</sup> - 60</u>	<u>Na<sup>+</sup> - 80</u>
∑ = 100 %-экв	∑ = 100 %-экв

Тип воды --- сульфатно-хлоридный натриевый.

6. Характеристика химического состава воды по степени жесткости ( по классификации О.А. Алекина)

	мг-экв/дм <sup>3</sup>
очень мягкая -	до 1,5
мягкая -	1,5-3,0
умеренно жесткая -	3,0-6,0
жесткая -	6,0-9,0
очень жесткая -	более 9,0

7. Изображение результатов химических анализов воды

Наиболее просто и наглядно изображать химический состав подземной воды в виде формулы Курлова.

Формула Курлова представляет собой псевдодробь, в числителе которой в убывающем порядке в процентах эквивалентов находятся анионы в убывающем порядке их содержания; в знаменателе – в таком же порядке катионы. Слева от дроби указывается минерализация воды до первого десятичного знака (г/дм<sup>3</sup>), справа – температура воды (°С), реакция воды (рН), дебит скважины или источника (м<sup>3</sup>/сут).

Полная запись формулы Курлова имеет следующий вид:

$$M_{2,5} \frac{HCO_3 \ 59 \ SO_4 \ 29 \ Cl \ 12}{Ca \ 60 \ Mg \ 25(Na + K) \ 15} T_{14} \ pH \ 6,8 \ Д_{10}$$

Результаты обработки химического анализа воды представляются на специальном бланке (прил. 1).

8. Оценка качества воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения

Вода, используемая для хозяйственно-питьевого водоснабжения, должна удовлетворять требованиям СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». В СанПиН приведены предельные нормы для питьевой воды: 1) физических свойств и химических показателей; 2) токсических веществ; 3) бактериальных показателей ([таблица 9.5](#)).

Таблица 9.5 Извлечения из СанПиН 1.2.3685-21

Показатели	Единицы измерения	ПДК
<i>Физические и обобщенные показатели</i>		
Запах при 20°С	балл	2
Вкус и привкус при 20°С	балл	2
Водородный показатель	единицы рН	6,0-9,0
Общая минерализация	г/дм <sup>3</sup>	1,0
Жесткость общая	мг-экв/ дм <sup>3</sup>	7
<i>Неорганические вещества</i>		
Хлориды (Cl <sup>-</sup> )	мг/ дм <sup>3</sup>	350
Сульфаты (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	-“-	500
Нитраты (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	-“-	45
Нитриты (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	-“-	3,3
Аммоний (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	-“-	2,0
Натрий (Na <sup>+</sup> )	-“-	200
Железо (Fe <sub>общ</sub> )	-“-	0,3

Используя данные, приведенные в [таблице 9.5](#), студентам необходимо дать заключение о качестве подземных вод территории исследований и включить эти выводы в отчет о практике.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Базовые понятия инженерной геологии и экологической геологии: 280 основных терминов / Трофимов В.Т., Королёв В.А., Харькина М.А. и др. // Под ред. В.Т. Трофимова. – М.: ОАО «Геомаркетинг», 2012. – 320 с.
2. Генеральный план муниципального образования «Даховское сельское поселение» Майкопского района Республики Адыгея». Том II. Материалы по обоснованию генерального плана. ООО «Новые технологии», г. Майкоп, 2019.
3. Гвоздецкий Н. А. Карст. – М.: Мысль, 1981. – 214 с., ил.- (Природа мира).
4. ГОСТ 30813-2002. Вода и водоподготовка. Термины и определения.
5. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб.
6. ГОСТ Р 58325-2018 Грунты. Полевое описание
7. ГОСТ 25100-2020 Грунты. Классификация
8. ГОСТ 12071-2014 Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов
9. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Кавказская. Лист L – 37 – XXXV (Майкоп). Объяснительная записка. СПб: Изд-во картфабрики ВСЕ-ГЕИ, 2004. 311 с. + вкл. (МПР РФ, Департамент природных ресурсов по Северо-Кавказкому региону, ФГУГП «Кавказгеолсъемка»).
10. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Кавказская. Лист L – 37 – XXXIV (Туапсе). Объяснительная записка. СПб: Изд-во картфабрики ВСЕ-ГЕИ, 2002. 182 с. + вкл. (МПР РФ, Департамент природных ресурсов по Северо-Кавказкому региону, ФГУГП «Кавказгеолсъемка»).

11. Женихов Ю.Н. Экология Верхневолжской водной системы. [Текст: монография/ Ю.Н. Женихов, В.В.Кузовлев, Г.Н.Иванов, В.В.Левинский, Тверь: ТГТУ, 2010. 104 с.
12. Каменский Г. Н., Гавич И. К., Мясникова Н. А., Семенова С. М. Гидрогеологические основы изучения режима грунтовых вод и его изменение под влиянием искусственных факторов. Тр. ЛГГП, т. XXVI. М., Изд-во АН СССР, 1960.
13. Карасев И. Ф., Шумков И. Г. Гидрометрия. Ленинград: Гидрометеопиздат, 1985. 384 с.
14. Маменко Г. К. Руководство по наблюдениям за режимом подземных вод для строительства гидротехнических сооружений. М. Гидропроект П-707-82, 1982.
15. Методические рекомендации по организации и ведению мониторинга подземных вод на мелких групповых водозаборах и одиночных эксплуатационных скважинах. Утв. Министерством природных ресурсов РФ 25 июля 2000 г.
16. Михайлов В. Н. Гидрология: учебник для вузов \ В. Н. Михайлов, С. А. Добролюбов. – М.; Берлин : Директ-Медиа, 2017. -752 с.
17. Назаренко О. Б. Природные условия Горной Адыгеи : учебное пособие / О. Б. Назаренко, А. Б. Михайленко, Т. А. Смагина, Б. С. Кутилин. - Ростов н/Д : ЮФУ, 2020. - 132 с. - ISBN 978-5-9275-3281-0. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927532810.html> (дата обращения: 01.09.2021). - Режим доступа : по подписке
18. Ненахов В.М., Жабин А.В., Никитин А.В., Золотарева Г.С., Бондаренко С.В. Внутреннее строение тектонической зоны северного обрамления даховского кристаллического массива (ДКМ) в бассейне р. Белая

19. Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки / Под ред. к.х.н. А.Г.Муравьева. – Изд. 4-е, перераб. И дополн. СПб.: «Крисмас+». 2018. – 360 с., илл.
20. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». М., Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации. 2021- 469 с.
21. Смирнова А.Я., Пасмарнова С.П. Аналитические исследования в гидрогеологии. - Воронеж: Воронеж. госуниверситет, 2011. – 31 с.
22. СП 115.13330.2016 «Геофизика опасных природных воздействий».
23. СП 420.1325800.2018 «Инженерные изыскания для строительства в районах развития оползневых процессов. Общие требования».
24. Попов, Ю.В. Общая геология : учебник / Ю.В. Попов ; Южный федеральный университет. — Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2018. — 272 с. - ISBN 978-5-9275-2745-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1039661> (дата обращения: 16.08.2022). – Режим доступа: по подписке.



## **Приложение 2. Образец титульной страницы полевого дневника**

ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет  
Геологический факультет  
Кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии

### **ПОЛЕВОЙ ДНЕВНИК**

**Объект: Учебная практика по методам гидрогеологических и инженерно-геологических исследований**

Исполнитель:  
2-ой курс, 5-я группа, бригада № 1

Начат: \_\_\_\_\_

Окончен: \_\_\_\_\_

База практик «Никель», 2022

### Приложение 3. Акт обследования родника

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ

\_\_\_\_\_ (наименование структурного подразделения)

\_\_\_\_\_ (адрес организации, телефон, e-mail)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

АКТ № \_\_\_\_\_ ОБСЛЕДОВАНИЯ РОДНИКА

Район работ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (номенклатура листа, область, район, населенный пункт)

Маршрут (тип, номер) \_\_\_\_\_

Номер точки наблюдения по полевому дневнику (журналу, книжке) \_\_\_\_\_

Координаты: с.ш. \_\_\_\_\_ в.д. \_\_\_\_\_ Абсолютная отметка, м (БС) \_\_\_\_\_

Местоположение, геоморфологическая привязка \_\_\_\_\_

Водоносный горизонт (комплекс, зона) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (наименование, индекс, краткая характеристика водовмещающих пород)

Тип родника, характер выхода и стока воды \_\_\_\_\_

Режим \_\_\_\_\_ Расход, л/с \_\_\_\_\_ Метод \_\_\_\_\_ определения \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ расхода \_\_\_\_\_

Сведения об использовании родника, тип каптажа, его состояние \_\_\_\_\_

Сведения о санитарном состоянии территории вблизи  
родника \_\_\_\_\_

Наличие потенциальных источников загрязнения с указанием направления и расстояния от  
родника \_\_\_\_\_

Сведения о проведении полевого гидрохимического экспресс-опробования воды: \_\_\_\_\_

Сведения об отборе пробы на лабораторные исследования:

№ пробы	Дата отбора	Объем пробы, л	Сведения о консервации пробы (консервант)	Вид химического анализа

Фотографии №№ \_\_\_\_\_

Прочие сведения \_\_\_\_\_

Обследование \_\_\_\_\_ произвел \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (должность) \_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

## Приложение 4. Бланк этикетки проб воды на химический анализ

Участок _____ _____	
Родник (Скважина) N _____	Органолептические свойства:
Проба N _____	
Определяемые _____	Цветность _____
компоненты _____	Мутность _____
Консервант _____	Вкус _____
Объем пробы, л _____	Запах _____
$T_{\text{воды}}, \text{ }^{\circ}\text{C} =$ _____	$T_{\text{возд}}, \text{ }^{\circ}\text{C} =$ _____
Пробу отобрал _____	Дата отбора пробы _____





## Приложение 6. Результаты химического анализа подземных вод 2021 г.

Результаты химического состава подземных вод – Набл. скважина № 1 (рис. 12)

Объект: Республика Адыгея, Майкопский район, учебная база практики "Никель"

Скважина №1. № образца: Пр-4

Глубина: нет

Дата отбора: 15.06.2021

Результаты измерений

Протокол Х№ 862, лист 5 из 7

№ п/п	Показатели анализа	Единицы измерения	Нормативы качества воды, не более	Результаты исследований	Обозначение НД по МВИ, метод
1	Запах	балл	2	2 затхлый	РД 52.24.496-2018, органолептический
2	Цветность	гр. цветн.	20	<1,000	ПНДФ 14.1:2.4.207-04, фотометрический
3	Мутность	ЕМФ	2,6	2,33±0,67	ПНДФ 14.1:2.4.213-05, фотометрический
4	Водородный показатель	ед. рН	6-9	6,83±0,17	ПНДФ 14.1:2.3:4.121-97, потенциометрический
5	Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	1000	317,0±32,0	ГОСТ 18164-72, гравиметрический
6	Карбонат-ион CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	<6,000	ГОСТ 31957-2012, титриметрический
7	Гидрокарбонат-ион HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	259,9±22,0	ГОСТ 31957-2012, титриметрический
8	Хлорид-ион Cl <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	350	49,0±7,4	ГОСТ 4245-72, титриметрический
9	Сульфат-ион SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	500	39,6±3,7	ГОСТ 31940-2012, турбидиметрический
10	Нитрит-ион NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	3,0	0,021±0,009	ГОСТ 33045-14, фотометрический
11	Нитрат-ион NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	45	0,70±0,12	ГОСТ 33045-14, фотометрический
12	Фосфат-ион (орто) PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>		0,015±0,005	ГОСТ 18309-14, фотометрический
13	Фторид-ион F <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	1,2-1,5	0,40±0,08	РД 52.24.360-2008, ионометрический
14	Общая жесткость	°Ж	7,0	5,25±0,66	ГОСТ 31954-2012, комплексонометрический
15	Жесткость карбонатная	ммоль/дм <sup>3</sup>	не норм.	4,26±0,36	ГОСТ 31957-2012, титриметрический
16	Жесткость некарбонатная	ммоль/дм <sup>3</sup>	не норм.	0,99	расчетный
17	Кальций-ион Ca <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	51,6±2,9	РД 5224.403-2018, комплексонометрический
18	Магний-ион Mg <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	50	32,5	РД 153-34.2-21.544-2002, расчетный
19	Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	0,3	15,65±3,29	ГОСТ 4011-72, фотометрический
20	Аммоний-ион NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	2,0	0,60±0,10	ГОСТ 33045-14, фотометрический
21	Кремнекислота (по Si)	мг/дм <sup>3</sup>	10	3,80±0,34	РД 52.24.433-2018, фотометрический
22	Бор-ион B <sup>3-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	<0,100	РД 52.24.389-2011, фотометрический
23	ионы Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	15,44	РД 52.24.514-2009, расчетный
24	Окисляемость	мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	5,0	3,41±0,29	ПНДФ 14.1:2.3:4.154-99, титриметрический
25	ХПК	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	17,3±4,1	РД 52.24.421-2012, титриметрический

Исполнители \_\_\_\_\_ (Андреева Т.И.)  
 \_\_\_\_\_ (Крижановская О.О.)

## Результаты химического состава подземных вод – Родник № 1 (рис. 12)

Объект: Республика Адыгея, Майкопский район, учебная база практики "Никель"

Родник. № образца: Пр-1

Глубина: нет

Дата отбора: 13.06.2021

Результаты измерений

Протокол Х№ 862, лист 2 из 7

№ п/п	Показатели анализа	Единицы измерения	Нормативы качества воды, не более	Результаты исследований	Обозначение НД по МВИ, метод
1	Запах	балл	2	1 землистый	РД 52.24.496-2018, органолептический
2	Цветность	гр. цветн.	20	15,1±2,5	ПНДФ 14.1.2:4.207-04, фотометрический
3	Мутность	ЕМФ	2,6	<1,00	ПНДФ 14.1.2:4.213-05, фотометрический
4	Водородный показатель	ед. рН	6-9	7,03±0,17	ПНДФ 14.1.2:3.4.121-97, потенциометрический
5	Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	1000	332,0±33,5	ГОСТ 18164-72, гравиметрический
6	Карбонат-ион CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	<6,000	ГОСТ 31957-2012, титриметрический
7	Гидрокарбонат-ион HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	206,2±17,5	ГОСТ 31957-2012, титриметрический
8	Хлорид-ион Cl <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	350	33,3±6,4	ГОСТ 4245-72, титриметрический
9	Сульфат-ион SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	500	28,8±2,7	ГОСТ 31940-2012, турбидиметрический
10	Нитрит-ион NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	3,0	0,013±0,005	ГОСТ 33045-14, фотометрический
11	Нитрат-ион NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	45	30,5±3,8	ГОСТ 33045-14, фотометрический
12	Фосфат-ион (орто) PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>		0,026±0,009	ГОСТ 18309-14, фотометрический
13	Фторид-ион F <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	1,2-1,5	<0,190	РД 52.24.360-2008, ионометрический
14	Общая жесткость	°Ж	7,0	3,86±0,49	ГОСТ 31954-2012, комплексонометрический
15	Жесткость карбонатная	ммоль/дм <sup>3</sup>	не норм.	3,38±0,29	ГОСТ 31957-2012, титриметрический
16	Жесткость некарбонатная	ммоль/дм <sup>3</sup>	не норм.	0,48	расчетный
17	Кальций-ион Ca <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	27,0±1,6	РД 5224.403-2018, комплексонометрический
18	Магний-ион Mg <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	50	30,6	РД 153-34.2-21.544-2002, расчетный
19	Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	0,3	0,079±0,000	ГОСТ 4011-72, фотометрический
20	Аммоний-ион NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	2,0	0,11±0,03	ГОСТ 33045-14, фотометрический
21	Кремнекислота (по Si)	мг/дм <sup>3</sup>	10	12,5±1,0	РД 52.24.433-2018, фотометрический
22	Бор-ион B <sup>3-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	<0,100	РД 52.24.389-2011, фотометрический
23	ионы Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	36,31	РД 52.24.514-2009, расчетный
24	Окисляемость	мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	5,0	1,66±0,28	ПНДФ 14.1.2:3.4.154-99, титриметрический
25	ХПК	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	19,2±4,3	РД 52.24.421-2012, титриметрический

Исполнители \_\_\_\_\_ (Андреева Т.И.)  
 \_\_\_\_\_ (Крижановская О.О.)

## Результаты химического состава подземных вод – Родник № 4 (рис. 13)

Объект: Республика Адыгея, Майкопский район, учебная база практики "Никель"

Родник. № образца: Пр-2

Глубина: нет

Дата отбора: 13.06.2021

Результаты измерений

Протокол Х№ 862, лист 3 из 7

№ п/п	Показатели анализа	Единицы измерения	Нормативы качества воды, не более	Результаты исследований	Обозначение НД по МВИ, метод
				без постороннего	
1	Запах	балл	2	<1,000	РД 52.24.496-2018, органолептический
2	Цветность	гр. цветн.	20	1,28±0,00	ПНДФ 14.1.2.4.207-04, фотометрический
3	Мутность	ЕМФ	2,6	8,00±0,17	ПНДФ 14.1.2.4.213-05, фотометрический
4	Водородный показатель	ед. рН	6-9	175,0±17,6	ПНДФ 14.1.2.3.4.121-97, потенциометрический
5	Сухой остаток	ед. рН	6-9	175,0±17,6	ГОСТ 18164-72, гравиметрический
6	Карбонат-ион $\text{CO}_3^{2-}$	мг/дм <sup>3</sup>	1000	<6,00	ГОСТ 31957-2012, титриметрический
7	Гидрокарбонат-ион $\text{HCO}_3^-$	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	141,5±12,0	ГОСТ 31957-2012, титриметрический
8	Хлорид-ион $\text{Cl}^-$	мг/дм <sup>3</sup>	350	<10,00	ГОСТ 4245-72, титриметрический
9	Сульфат-ион $\text{SO}_4^{2-}$	мг/дм <sup>3</sup>	500	21,9±3,7	ГОСТ 31940-2012, турбидиметрический
10	Нитрит-ион $\text{NO}_2^-$	мг/дм <sup>3</sup>	3,0	0,006±0,002	ГОСТ 33045-14, фотометрический
11	Нитрат-ион $\text{NO}_3^-$	мг/дм <sup>3</sup>	45	4,12±0,52	ГОСТ 33045-14, фотометрический
12	Фосфат-ион (орто) $\text{PO}_4^{3-}$	мг/дм <sup>3</sup>		0,096±0,032	ГОСТ 18309-14, фотометрический
13	Фторид-ион $\text{F}^-$	мг/дм <sup>3</sup>	1,2-1,5	<0,190	РД 52.24.360-2008, ионометрический
14	Общая жесткость	°Ж	7,0	2,67±0,34	ГОСТ 31954-2012, комплексонометрический
15	Жесткость карбонатная	ммоль/дм <sup>3</sup>	не норм.	2,40±0,20	ГОСТ 31957-2012, титриметрический
16	Жесткость некарбонатная	ммоль/дм <sup>3</sup>	не норм.	0,27	расчетный
17	Кальций-ион $\text{Ca}^{2+}$	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	35,7±2,1	РД 5224.403-2018, комплексонометрический
18	Магний-ион $\text{Mg}^{2+}$	мг/дм <sup>3</sup>	50	10,8	РД 153-34.2-21.544-2002, расчетный
19	Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	0,3	0,099±0,000	ГОСТ 4011-72, фотометрический
20	Аммоний-ион $\text{NH}_4^+$	мг/дм <sup>3</sup>	2,0	<0,100	ГОСТ 33045-14, фотометрический
21	Кремнекислота (по Si)	мг/дм <sup>3</sup>	10	5,37±0,45	РД 52.24.433-2018, фотометрический
22	Бор-ион $\text{B}^{3-}$	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	<0,100	РД 52.24.389-2011, фотометрический
23	ионы $\text{Na}^+ + \text{K}^+$	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	12,36	РД 52.24.514-2009, расчетный
24	Окисляемость	мг $\text{O}_2$ /дм <sup>3</sup>	5,0	1,33±0,22	ПНДФ 14.1.2.3.4.154-99, титриметрический
25	ХПК	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	15,4±4,0	РД 52.24.421-2012, титриметрический

Исполнители \_\_\_\_\_ (Андреева Т.И.)  
 \_\_\_\_\_ (Крижановская О.О.)

Результаты химического состава подземных вод – Скважина с рассолом  
(рис. 12)

Объект: Республика Адыгея, Майкопский район, учебная база практики "Никель"

Скважина с рассолом. № образца: Пр-6

Глубина: нет

Дата отбора: 15.06.2021

Результаты измерений

Протокол Х№ 862, лист 7 из 7

№ п/п	Показатели анализа	Единицы измерения	Нормативы качества воды, не более	Результаты исследований	Обозначение НД по МВИ, метод
1	Запах	балл	2	5 нефтепродукты	РД 52.24.496-2018, органолептический
2	Цветность	гр. цветн.	20	145,4±12,2	ПНДФ 14.1.2:4.207-04, фотометрический
3	Мутность	ЕМФ	2,6	363,9±61,1	ПНДФ 14.1.2:4.213-05, фотометрический
4	Водородный показатель	ед. рН	6-9	6,78±0,17	ПНДФ 14.1.2:3.4.121-97, потенциометрический
5	Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	1000	61866,0	ГОСТ 18164-72, гравиметрический
6	Карбонат-ион CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	<6,000	ГОСТ 31957-2012, титриметрический
7	Гидрокарбонат-ион HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	92,7±7,9	ГОСТ 31957-2012, титриметрический
8	Хлорид-ион Cl <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	350	30870,0±3889,6	ГОСТ 4245-72, титриметрический
9	Сульфат-ион SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	500	7,13±1,20	ГОСТ 31940-2012, турбидиметрический
10	Нитрит-ион NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	3,0	0,040±0,017	ГОСТ 33045-14, фотометрический
11	Нитрат-ион NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	45	136,0±17,1	ГОСТ 33045-14, фотометрический
12	Фосфат-ион (орто) PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>		0,12±0,03	ГОСТ 18309-14, фотометрический
13	Фторид-ион F <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	1,2-1,5	0,35±0,08	РД 52.24.360-2008, ионометрический
14	Общая жесткость	°Ж	7,0	200,5±25,3	ГОСТ 31954-2012, комплексонометрический
15	Жесткость карбонатная	ммоль/дм <sup>3</sup>	не норм.	1,52±0,13	ГОСТ 31957-2012, титриметрический
16	Жесткость некарбонатная	ммоль/дм <sup>3</sup>	не норм.	199,0	расчетный
17	Кальций-ион Ca <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	2856,9±155,4	РД 5224.403-2018, комплексонометрический
18	Магний-ион Mg <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	50	704,2	РД 153-34.2-21.544-2002, расчетный
19	Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	0,3	1262,89±265,21	ГОСТ 4011-72, фотометрический
20	Аммоний-ион NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	2,0	114,0±19,1	ГОСТ 33045-14, фотометрический
21	Кремнекислота (по Si)	мг/дм <sup>3</sup>	10	6,56±0,54	РД 52.24.433-2018, фотометрический
22	Бор-ион B <sup>3-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	8,19±0,67	РД 52.24.389-2011, фотометрический
23	ионы Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	14603,40	РД 52.24.514-2009, расчетный
24	Окисляемость	мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	5,0	91,52±15,38	ПНДФ 14.1.2:3.4.154-99, титриметрический
25	ХПК	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	460,8±65,6	РД 52.24.421-2012, титриметрический

Исполнители


(Андреева Т.И.)

(Крижановская О.О.)

## Результаты химического состава подземных вод – Термальные источники

Объект: Республика Адыгея, Майкопский район, учебная база практики "Никель"

Термальный источник. № образца: Пр-3

Глубина: нет

Дата отбора: 14.06.2021

### Результаты измерений

Протокол Х№ 862, лист 4 из 7

№ п/п	Показатели анализа	Единицы измерения	Нормативы качества воды, не более	Результаты исследований	Обозначение НД по МВИ, метод
1	Запах	балл	2	4 нефтепродукты	РД 52.24.496-2018, органолептический
2	Цветность	гр. цветн.	20	<1,000	ПНДФ 14.1.2:4.207-04, фотометрический
3	Мутность	ЕМФ	2,6	<1,000	ПНДФ 14.1.2:4.213-05, фотометрический
4	Водородный показатель	ед. рН	6-9	8,33±0,17	ПНДФ 14.1.2:3:4.121-97, потенциометрический
5	Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	1000	2662,0±223,6	ГОСТ 18164-72, гравиметрический
6	Карбонат-ион CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	120,0±10,2	ГОСТ 31957-2012, титриметрический
7	Гидрокарбонат-ион HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	707,6±39,8	ГОСТ 31957-2012, титриметрический
8	Хлорид-ион Cl <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	350	918,8±138,9	ГОСТ 4245-72, титриметрический
9	Сульфат-ион SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	500	68,1±11,4	ГОСТ 31940-2012, турбидиметрический
10	Нитрит-ион NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	3,0	0,017±0,007	ГОСТ 33045-14, фотометрический
11	Нитрат-ион NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	45	0,81±0,14	ГОСТ 33045-14, фотометрический
12	Фосфат-ион (орто) PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>		0,096±0,032	ГОСТ 18309-14, фотометрический
13	Фторид-ион F <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	1,2-1,5	3,52±0,61	РД 52.24.360-2008, ионометрический
14	Общая жесткость	°Ж	7,0	0,69±0,09	ГОСТ 31954-2012, комплексометрический
15	Жесткость карбонатная	ммоль/дм <sup>3</sup>	не норм.	13,6±0,8	ГОСТ 31957-2012, титриметрический
16	Жесткость некарбонатная	ммоль/дм <sup>3</sup>	не норм.	0	расчетный
17	Кальций-ион Ca <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	11,9±0,8	РД 5224.403-2018, комплексометрический
18	Магний-ион Mg <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	50	1,20	РД 153-34-2-21.544-2002, расчетный
19	Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	0,3	0,19±0,05	ГОСТ 4011-72, фотометрический
20	Аммоний-ион NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	2,0	2,12±0,36	ГОСТ 33045-14, фотометрический
21	Кремнекислота (по Si)	мг/дм <sup>3</sup>	10	23,2±1,8	РД 52.24.433-2018, фотометрический
22	Бор-ион B <sup>3-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	3,26±0,34	РД 52.24.389-2011, фотометрический
23	ионы Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	993,65	РД 52.24.514-2009, расчетный
24	Окисляемость	мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	5,0	2,83±0,24	ПНДФ 14.1.2:3:4.154-99, титриметрический
25	ХПК	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	67,2±19,1	РД 52.24.421-2012, титриметрический

Исполнители \_\_\_\_\_ (Андреева Т.И.)  
 \_\_\_\_\_ (Крижановская О.О.)

## **Приложение 7. Титул и содержание отчета о практике**

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**  
**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Геологический факультет

Кафедра Гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии

### **ОТЧЕТ**

**о прохождении учебной полевой практики:**

**«Полевые методы гидрогеологических и инженерно-  
геологических исследований»**

Курс 2

Направление 05.03.01 Геология

Бригада №1

Место практики: пос. Никель, Майкопский район, республика Адыгея.

Руководители от кафедры: Корабельников Н.А., Устименко Ю.А.

Состав исполнителей:

Трубицын Павел - бригадир

Мокроусова Валерия

Ковалева Дарья

Мохна Маргарита

Темирчинова Арина

Утенков Илья

Тищенко Андрей

Чернышов Дмитрий

Дата защиты отчета 21.06.2021

Воронеж - Никель – 2021

## Содержание

Введение .....	3
1. Физико-географический очерк .....	4
2. Геологические и гидрогеологические условия района практики ...	7
3. Результаты изучения приречного режима подземных вод.....	17
4. Результаты изучения поверхностных проявлений подземных вод ..	22
5. Результаты гидрометрических исследований на ручье Сюк .....	27
6. Результаты изучения карстовых процессов на плато Лагонаки ...	30
7. Результаты маршрутных инженерно-геологических исследований	34
8. Результаты стационарных наблюдений за развитием оползневых процессов и процессов овражной эрозии.....	38
9. Результаты гидрологических и гидрогеологических наблюдений на маршруте: Ходжохская теснина – водопады Руфабго	
10. Результаты полевых гидрохимических исследований .....	47
Заключение .....	50
Список использованных материалов .....	51

Учебное издание

Николай Анатольевич Корабельников, Юрий Алексеевич Устименко,  
Светлана Павловна Пасмарнова

**ПОЛЕВЫЕ МЕТОДЫ  
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ИНЖЕНЕРНО-  
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Учебное пособие

*Издано в авторской редакции*

Подписано в печать ...      Формат ....

Уч.-изд. л.      . Усл. печ. л.      Тираж ... . Заказ ...

Издательский дом ВГУ

394018, г. Воронеж, пл. им. Ленина, 10

Отпечатано с готового оригинала-макета

в типографии Издательского дома ВГУ

394018, г. Воронеж, ул. Пушкинская, 3