

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления»
(ВСГУТУ)

А.М. Плюснин

Геолого-гидрологическая практика на восточном побережье Байкала

Улан-Удэ
2020

УДК 556 (075.8)
ББК П 784 26.35я73

Рецензенты:

Е.Ж. Гармаев, д-р геогр. наук, член-корр. РАН, директор Байкальского института природопользования СО РАН

В.И. Маниева, канд. техн. наук, доцент Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления

Печатается по решению редакционно-издательского Совета ГОУ ВПО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления»

Плюснин А.М. Геолого-гидрологическая практика на восточном побережье Байкала: учеб.-метод. пособие – Улан-Удэ. Изд-во ВСГУТУ, 2020. – 81 с.

В учебно-методическом пособии изложены цели, задачи и основное содержание специальной учебной практики по геологии и гидрологии для студентов, обучающихся по направлению подготовки 20.03.02 – Природообустройство и водопользование. Приведены сведения о геологическом строении, гидрогеологических условиях, формировании стока поверхностных вод, растворенных и взвешенных веществ на восточном побережье озера Байкал. Показано, что в питание озер восточного побережья Байкала большой вклад вносят трещинно-жильные воды, связанные с разрывными нарушениями сбросового типа. Представлены практические рекомендации по проведению основных общегеологических и гидрологических работ в полевых условиях. Большое внимание уделено методическим аспектам организации проведения полевых геологических исследований и выполнения гидрометрических работ на водных объектах.

Пособие предназначено для студентов и преподавателей направления подготовки «Природообустройство и водопользование» технических университетов, специалистов в области водного хозяйства.

Содержание

Введение	4
Глава 1. Методики проведения исследований	6
Глава 2. Основные понятия, необходимые для описания геологических образований	17
2.1. Осадочные породы	17
2.2. Магматические породы	21
2.3. Метаморфические породы	25
Глава 3. Преобразование пород в экзогенных условиях	28
3.1. Процессы преобразования пород в коренных обнажениях	28
3.2. Склоновые процессы преобразования горных пород	31
3.3. Разрушение и перемещение пород в водном потоке	35
Глава 4. Геолого-гидрологическая характеристика Усть-Селенгинской впадины	43
4.1. Климат рассматриваемого района	43
4.2. Геоморфологическая характеристика района	45
4.3. Геологическое строение района	46
4.4. Гидрография	47
4.5. Гидрометрические и гидрохимические исследования на реке Большая Речка и магистральном канале КООС	56
Глава 5. Гидрологические и гидрохимические исследования водоемов, расположенных на восточном побережье Байкала	62
5.1. Физико-химическая характеристика озер	62
5.2. Геологическое строение территории	65
5.3. Гидрогеологические условия и процессы, определяющие химический состав воды озер	66
5.4. Учебная практика студентов на водоемах	74
Заключение	76
Глоссарий геолого-гидрологических терминов	76
Список используемой литературы	80

Введение

В методическом пособии приводятся практические рекомендации по проведению основных общегеологических и гидрологических работ в полевых условиях, обработку и анализ материалов наблюдения, подготовки отчета.

Основной задачей методического пособия является закрепление теоретических знаний полученных при прослушивании курсов «Гидрология и регулирование стока», «Гидрогеология и основы геологии». Практика закладывает основы практической полевой подготовки и призвана сформировать у студентов профессиональные навыки добросовестного, творческого, ответственного отношения к порученному делу. Вторая задача, которая ставится перед практикой, заключается в закреплении знаний по технике безопасности при проведении работ на геологическом обнажении, на берегу водного объекта и на воде.

На практических занятиях по геологической практике студенты закрепляют теоретические знания, а также получают навыки решения ряда задач:

- орографическое описание территории по топографическим картам;
- определение горных пород по минеральному составу;
- определение физических и физико-механических свойств горных пород;
- построение разрезов четвертичных отложений по скважинам и шурфам.

Во время полевых гидрологических работ студенты осваивают:

- устройство современного гидрологического оборудования и методы производства гидрологических измерений на реке и озере;
- ведение полевых журналов;
- методы камеральной обработки результатов измерения;
- первичный анализ полученных результатов.

Основные виды работ, выполняемых студентами на практике: зачистка обнажений и проходка шурфов, документация разреза горных пород, описание литологических особенностей осадочных горных пород, определение условий формирования установленных в разрезе горных пород. Проведение рекогносцировочного обследования участка реки, оборудование гидрологического поста, проведение водомерных наблюдений, проведение промерных работ для изучения рельефа дна водотоков и водоемов, разбивка гидрометрического створа, измерение расходов воды с применением гидрометрической вертушки, измерение физико-химических параметров и определение химического состава воды.

Каждое задание завершается собеседованием, на котором преподаватель оценивает степень усвоения студентами полученных практических знаний и навыков. В конце практики студенты готовят и защищают отчеты о проделанной работе.

Глава 1. Методы исследования

Проводимые полевые исследования включают в себя маршрутные наблюдения с покомпонентным описанием природной среды и ландшафтов в целом. Обследование территории проводится полевыми маршрутами по профилям, заложенным вдоль долин ручьев и в крест их простираения. Геологические маршруты закладываются с учетом расположения обнажений горных пород на местности. Для установления генетических особенностей формирования осадочных пород проходятся шурфы. На обнажениях и в шурфах производится документация пород, делаются зарисовки и фотографии, составляются схемы расположения пород различного генезиса. Производится опробование горных пород различного генезиса для проведения исследований в лабораторных условиях.

Методика проведения полевых геологических исследований в маршруте

Информацию, полученную в геологическом маршруте, наносят на топографическую основу или на абрис местности. Группа составляет один абрис, где определенными условными знаками должны быть указаны линия маршрута, точки наблюдения и обнажения горных пород, родники, ручьи, реки, лес. Абрис местности вычерчивают в определенном масштабе – 1: 5000, 1: 10000 или др.

Перед началом маршрута преподаватель рассказывает, как ориентировать лист бумаги для абриса, показывает направление север-юг, обозначает первую точку наблюдения и направление маршрута, наносит на абрис основные ориентиры.

При составлении абриса и ориентировании на местности студенты учатся пользоваться горным компасом.

Полевой дневник ведет каждый студент. В него записываются все сведения, сообщаемые преподавателем, собственные наблюдения, зарисовываются коренные обнажения, записываются номера и названия образцов горных пород, минералов и другие сведения, полученные в маршруте. Записи делают простым карандашом на правой стороне дневника. Левая сторона дневника используется для рисунков, замечаний, возникших при окончательной обработке дневника. Каждая точка наблюдения должна иметь точную привязку на местности. Нумерация точек наблюдения должна совпадать с нумерацией на абрисе. Рисунки, профили, магистрали, приводимые в дневнике, должны быть точно ориентированы. Полевой дневник – это единственный документ, материал которого используется при написании отчета по полевой практике.

На геолого-гидрологической практике подробно исследуются долины рек. В исследуемом районе реки сформировали эрозионно-аккумулятивные формы рельефа, представленные комплексом террас. При описании речной долины определяют ее

ширину, наличие террас, их высоту и особенности строения. Отсчет террас ведется от уреза воды, т.е. от молодых к древним. Террасы обозначаются римскими цифрами: I, II, III, IV и т.д. (первая надпойменная терраса, вторая надпойменная терраса и т.д.). Наличие террас свидетельствует об изменении эрозионной деятельности реки. Во время геологического маршрута фиксируются овраги, солифлюкционные склоны, карстовые воронки и др. Их описание сопровождается фотографиями и зарисовками.

Описание обнажений производится сверху вниз, послойно. В каждом слое описываются горные породы и отмечаются их состав, цвет, цемент, размер зерен минералов, влажность, пластичность, пористость, взаимодействие с соляной кислотой, наличие или отсутствие включений, их состав и характер залегания, ожелезненность, характер границ слоев (четкие, неясные, постепенные переходы), выходы подземных вод, характер трещиноватости и отдельности. Горным компасом измеряют углы залегания пластов, с помощью рулетки измеряют мощность пластов. На зарисовке обнажения проставляют номера слоев (сверху вниз), мощность каждого слоя в сантиметрах, указывают места взятия образцов и их номера.

Образцы отбирают на крупных обнажениях из всех слоев. Для плотных пород (песчаники, известняки, мергели и др.) размер образцов составляет 6х9 см. Их укладывают в мешочки или пакеты из оберточной бумаги. Рыхлые породы (глины, суглинки, пески, галечники и др.) насыпают в мешочки или пакеты. Каждый образец должен быть с этикеткой. На этикетке записывается номер пробы и дата ее отбора. Этикетка помещается внутрь мешочка.

На полевой практике студенты знакомятся с различными видами подземных вод: грунтовыми, артезианскими. При наблюдении грунтовых вод отмечаются участки заболачивания, замеряется дебит родников. В колодцах определяется глубина залегания водоупорного пласта и мощность водоносного слоя. Особенности артезианских вод изучаются на самоизливающейся скважине, имеющейся на побережье Байкала. Измеряются дебит изливающейся воды, температура воды, воздуха, pH, отбираются пробы воды для определения химического состава.

Исследование водных объектов производится с соблюдением правил техники безопасности поведения на воде. Перед спуском на воду обследуется береговая полоса, выбираются наиболее доступные и безопасные для спуска на воду места.

Опробование водных объектов и пробоподготовка производится в соответствии с требованиями ГОСТ 8.556-91, ГОСТ р 8.563-96, ГОСТ Р 51592-2000. На месте отбора проб вода фильтруется через мембранный фильтр «Сынпор» № 8 с размером 0,45 мкм. Пробы воды консервируются для определения микрокомпонентного состава и

азотсодержащих компонентов путем добавления азотной кислоты и хлороформа, соответственно ГОСТ Р 51232-98 и СанПиН 2.1.4.1074-01. При отборе проб воды одновременно определяются физико-химические параметры воды, такие как рН, температура, газовый состав (ПНД Ф 14.1: 2:3:4.121-97).

Отбор и подготовка проб к анализам проводятся в соответствии с утвержденными методиками. Некоторые физико-химические параметры природных и сточных вод необходимо определять в полевых условиях, другие можно устанавливать в лабораторных условиях, в последнем случае отбираются пробы воды.

Методика отбора проб воды

- Для отбора проб воды можно использовать пластиковую или стеклянную тару объемом 1-1,5 л.
- Предварительно промытую бутылку, в которую предполагается отобрать пробу, необходимо прополоскать отбираемой на анализ водой 3-5 раз.
- Набирать воду необходимо небольшой струйкой по внутренней стенке бутылки, чтобы уменьшить насыщением воды кислородом воздуха.
- Бутылку необходимо заполнить под верхний край горлышка и плотно закрыть пробкой. Наличие пузырьков воздуха под пробкой может дать искажение результатов анализа воды.

Измерение водородного показателя

Водородный показатель (рН) — мера концентрации ионов водорода в растворе, которая количественно выражает соотношение между ионами водорода и гидроксидом. Присутствие этих ионов в растворе связано с тем, что часть молекул воды распадается на ионы водорода и гидроксидов. Константа диссоциации воды (K_d) при нормальных условиях равна 10^{-14} моль/л. Показатель рН равен по модулю и противоположен по знаку десятичному логарифму содержанию водородных ионов, выраженных в молях на один литр:

$$pH = -\lg [H^+].$$

Раствор считается нейтральным, если концентрация ионов водорода равна концентрации гидроксидов, что достигается при нормальных условиях, когда $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ моль/л. В этом случае рН=7. Если же водородный показатель рН<7, то концентрация $[H^+]$ больше, чем $[OH^-]$ и раствор будет кислым. А при рН>7 в растворе больше ионов гидроксидов и он будет щелочным.

Существует несколько способов измерения водородного показателя. В полевых условиях удобно пользоваться рН-метром (рис. 1). Этот прибор дает возможность измерять рН в широком диапазоне и с достаточной точностью (до 0,01 единицы рН).

Принцип работы:

- Открываем колпачок.
- Отпускаем рН-метр в воду.
- Нажимаем кнопку включить.
- Далее ждем, когда значение на рН-метре установится.
- Записываем результат.



Рисунок 1. Полевой прибор для измерения водородного показателя

Измерение температуры и содержания растворенного кислорода

Измерение температуры воды и содержания кислорода в водных объектах производится с использованием электродов и портативного прибора, работающего на батарейках.

Прибор МАРК-302Э предназначен для измерения температуры и массовой концентрации растворенного в воде кислорода в лабораторных и полевых условиях (рис. 2).

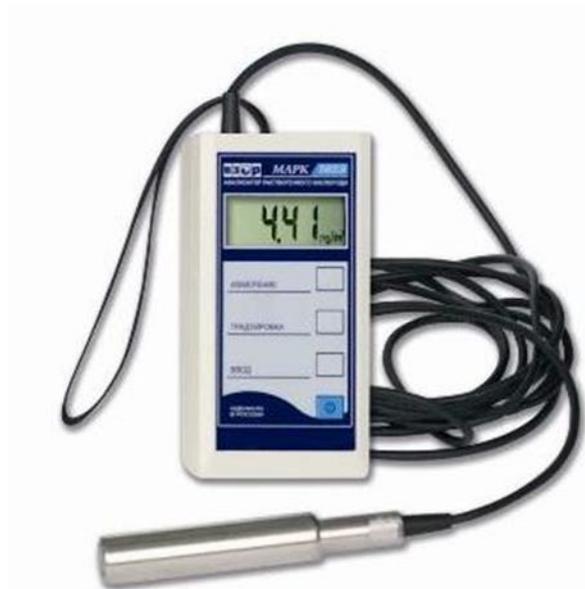


Рисунок 2. Прибор МАРК-302Э с электродом для измерения кислорода

Для начала измерений снимаем защитный колпак, и датчик анализатора погружаем в водную среду на необходимую глубину. Для того чтобы измерить температуру кнопочным переключателем «измерение», включаем режим измерение температуры. Далее выдерживаем время для установления стабильных показаний анализатора и фиксируем результат измерения. Затем переключаем прибор для измерения содержания растворенного кислорода и аналогичным образом производим измерение. Измерения этим прибором можно производить на разной глубине, максимальная глубина погружения электрода определяется длиной кабеля.

Методика определения запаха воды

Качество природной воды оценивают по органолептическим показателям. Одним из таких показателей является запах. Интенсивность запаха определяют по пятибалльной шкале (от 0 до 5) (табл.1) вначале при температуре 15-20 °С, а затем при нагревании воды до температуры 60 °С . Исследуемую воду нагревают в колбе, закрытой часовым стеклом. Характер запаха может быть различным. В таблице 2 приведена классификация запахов, присущих природным водоемам.

Таблица 1 – Бальная оценка интенсивности запаха

Балл	Интенсивность запаха
0	Запаха нет
1	Очень слабый (обнаруживается только опытным наблюдателем)
2	Слабый (ощущается потребителем, если обратить его внимание)

3	Заметный (легко замечается)
4	Отчетливый (вода неприятна для питья)
5	Очень сильный (вода непригодна для питья)

Таблица 2 – Классификация запахов первой группы

Обозначение запаха	Характер запаха	Примерный род запаха
А	Ароматический	Огуречный, цветочный
Б	Болотный	Илистый, тинистый
Г	Гнилостный	Фекальный, сточный
Д	Древесный	Запах мокрой щепы, древесной коры
З	Землистый	Прелый, свежевспаханной земли, глинистый
П	Плесневый	Затхлый, застойный
Р	Рыбный	Рыбьего жира, рыбы
С	Сероводородный	Тухлых яиц
Т	Травянистый	Скошенной травы, сена
Н	Неопределенный	Запахи естественного происхождения, не подходящие под предыдущие определения

Согласно СанПиН 2.1.4.559-96 запах воды питьевого хозяйственного и рыбохозяйственного назначения при температуре 20 °С не должен превышать 2 баллов; запах воды для промышленно-технических целей не имеет значения и свидетельствует лишь о ее загрязнении (Химическое потребление кислорода..., 2014).

Методика определения цветности воды

Цветность природной воды зависит от наличия в ней растворенных и взвешенных примесей (коллоидных соединений железа, гуминовых и взвешенных веществ, водорослей). В зависимости от количества гуминовых кислот и их солей цвет колеблется от желтого до коричневого.

Для определения цветности исследуемую воду предварительно отфильтровывают, после чего заливают кювету с толщиной поглощающего слоя 5 мм. В качестве раствора сравнения используют дистиллированную воду, которую также предварительно отфильтровывают через мембранные фильтры №4. Определение оптической плотности исследуемой воды проводят на фотоколориметре КФК-2 при длине волны D_{490} и чувствительности 2. По величине оптической плотности с помощью калибровочного графика определяют цветность

Если исследуемая проба воды имеет цветность выше 70° цветности, пробу следует разбавить дистиллированной водой в определенном соотношении до получения окраски

исследуемой воды, находящейся в пределах от 0 до 70° цветности. Полученный таким образом результат умножают на число, соответствующее величине разбавления (Маниева, 2008).

Методика определения концентрации взвешенных веществ

Природные водоемы часто характеризуются повышенным содержанием взвешенных веществ. Основными источниками их поступления являются сточные, ливневые и талые воды. Определение содержания взвешенных веществ проводят фильтрованием 50 см³ тщательно перемешанной исследуемой пробы речной воды через бумажный фильтр средней плотности, предварительно промытый дистиллированной водой и высушенный до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 105 °С.

Оставшийся на стенках стакана осадок смывают небольшой порцией фильтрата и переносят на фильтр. Осадок промывают небольшим количеством (10-15 см³) спиртоэфирной смеси для удаления веществ, сорбированных на поверхности взвешенных веществ. Фильтр с осадком высушивают в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянной массы.

Содержание взвешенных веществ вычисляют по формуле:

$$X = \frac{(m_1 - m_2) \times 1000}{V},$$

где: X – содержание в речной воде взвешенных веществ, мг/дм³;

m_1 – масса бюкса с высушенным фильтром и осадком, г;

m_2 – масса бюкса с высушенным фильтром, г;

V – объем речной воды, взятый для фильтрования, см³ (Резников, Миликовская, Соколов, 1970).

Методика определения сухого остатка

Общая минерализация природной воды может быть оценена по величине сухого остатка, для определения которого 250-500 см³ профильтрованной через беззольный фильтр «синяя лента» воды выпаривают досуха на водяной бане, заполненной дистиллированной водой. Выпаривание проводят в фарфоровой чашке, предварительно доведенной до постоянной массы. Чашку с сухим остатком помещают в сушильный шкаф, нагревают до 110 °С и сушат, как чистые чашки, до постоянной массы. Величину сухого остатка (мг/дм³) вычисляют по формуле:

$$X = \frac{(M_1 - M_2) \times 1000}{V}$$

где M_1 – масса чашки с сухим остатком (мг);

M_2 – масса пустой чашки (мг);

V – объем воды, взятой для определения, см³ (Резников, Миликовская, Соколов, 1970).

Методика определения химического потребления кислорода (ХПК)

Кислород необходим для нормального существования водного объекта. Он участвует в процессах самоочищения воды и требуется для дыхания представителей флоры и фауны водоема. Для определения содержания растворенного кислорода в водоеме берут 5 см³ отстоявшейся или профильтрованной речной воды, прибавляют 2,5 см³ 0,25 н раствора бихромата калия, 0,4 г сульфата ртути (II), 0,2 г сульфата серебра и при перемешивании приливают 15 см³ концентрированной серной кислоты. При этом температура раствора поднимается до 100 °С. Через 2 мин раствор охлаждают до комнатной температуры, приливают 100 см³ дистиллированной воды и титруют избыток бихромата калия 0,25 н раствором соли Мора в присутствии 10-15 капель 3-4 капель фероина. Изменение окраски в первом случае – от красной до изумрудно-зеленой, во втором - от голубовато-зеленой.

Параллельно проводят контрольный опыт на дистиллированной воде.

Величину ХПК определяют по формуле:

$$\text{ХПК} = \frac{(V_1 - V_2) \times k \times 0,25 \times 8 \times 1000}{V}$$

где: ХПК – химическое потребление кислорода, мгО/дм³;

V_1 – объем 0,25 н раствора соли Мора, израсходованный на титрование в пробе речной воды, см³;

V_2 – объем 0,25 н раствора соли Мора, израсходованный на титрование в контрольном опыте, см³;

k – поправочный коэффициент для приведения концентрации раствора соли Мора к точно 0,25 н;

0,25 – концентрация раствора соли Мора, н;

8 – эквивалент кислорода, г-экв;

V – объем речной воды, взятый на определение, см³.

Методика определение биологического потребления кислорода (БПК)

Процесс самоочищения водоема частично происходит за счет вовлечения части загрязнений в метаболический цикл флоры и фауны водоема. Этот процесс также сопровождается потреблением кислорода, и характеризуется показателем БПК. Для определения показателя биологического потребления кислорода анализируемую речную воду встряхивают в течение 1 мин для насыщения ее кислородом воздуха.

Приготовленную пробу речной воды наливают доверху в четыре специальные калиброванные склянки вместимостью 130 см³ с пришлифованными пробками и колпачками. Склянки закрывают пробками так, чтобы под пробкой не осталось пузырьков воздуха. Затем наливают эту же воду в колпачки и, перевернув склянки вверх дном, вставляют их в колпачки так, чтобы пузырьки воздуха не попали в них. Затем склянки возвращают в первоначальное положение.

Другие четыре склянки заполняют дистиллированной водой и тоже закрывают пробками и колпачками, как описано ранее. Две склянки с пробой речной воды и две склянки с дистиллированной водой помещают в термостат при температуре 20 °С на 5 суток.

В четырех оставшихся склянках определяют содержание кислорода в начале инкубации, т. е. сразу после заполнения. Для этого в них добавляют по 1 см³ растворов хлорида марганца и смеси гидроксида калия и йодида калия. Аккуратно закрывают склянки притертыми пробками, не допуская попадания пузырьков воздуха, и перемешивают жидкость, перевертывая склянки 15-16 раз. После того как осадок соберется на дне, в склянки добавляют по 2 см³ разбавленной серной кислоты (2:3), закрывают их пробками и снова перемешивают. Осадок растворяется. Затем раствор из каждой склянки переносят в конические колбы, склянки ополаскивают дистиллированной водой и титруют 0,0125 н раствором тиосульфата натрия в присутствии крахмала до исчезновения окраски.

Через 5 сут этим же методом определяют содержание кислорода в склянках с пробой и с разбавляющей водой, выдержанных в термостате при температуре 20 °С. БПК₅ выражают в миллиграммах кислорода в 1 дм³ воды:

$$\text{БПК}_5 = \frac{[(V_1 - v_1) - (V_2 - v_2)] \times k \times 0,1 \times P \times 1000}{V},$$

где: БПК_5 – биологическое потребление кислорода, мгО/дм³;

- V_1 – объем 0,0125 н раствора тиосульфата натрия, израсходованный на титрование пробы речной воды в начале инкубации, см³;
- V_2 – объем 0,0125 н раствора тиосульфата натрия, израсходованные на титрование пробы речной воды в конце инкубации, см³;
- v_1 – объем 0,0125 н раствора тиосульфата натрия, израсходованный на титрование дистиллированной воды в начале инкубации, см³;
- v_2 – объем 0,0125 н раствора тиосульфата натрия, израсходованный на титрование дистиллированной воды в конце инкубации, см³;
- k – поправочный коэффициент для приведения концентрации раствора тиосульфата к точно 0,0125 н;
- 0,1 – количество кислорода, соответствующее 1 см³ 0,0125 н раствора тиосульфата натрия, мг;
- P – коэффициент разбавления речной воды;
- V – вместимость склянки, см³.

Методика определения железа

Водоемы обычно характеризуются повышенным содержанием растворенного железа. Для определения суммарного содержания ионов Fe^{3+} и Fe^{2+} в пробирку отмеривают пипеткой 10 см³ исследуемой воды, прибавляют 5 см³ раствора сульфосалициловой кислоты и 5 см³ раствора NH_4OH .

Через 10 мин полученную желтую окраску сравнивают с окраской растворов стандартной шкалы, содержащих известное количество ионов железа, приготовленной и представленной в пробирках того же размера.

Сравнение желтой окраски производят сверху вниз на белом фоне. Если в воде содержится значительное количество ионов магния, то следует добавить 1 см³ 2% раствора NH_4Cl для предупреждения образования $Mg(OH)_2$.

Содержание железа (мг/дм³) рассчитывают по формуле:

$$X = a \times 100,$$

где a – количество железа в мг, найденное по стандартной шкале, в 10 см³ исследуемой воды.

Методика определения общего количества микроорганизмов (КОЕ)

Природные водоемы богаты сообществами микроорганизмов. Оценить их количество можно с помощью показателя КОЕ, основанного на способности микроорганизмов интенсивно размножаться на питательной среде с образованием колоний. Сущность метода заключается в определении в 1 см³ воды общего содержания мезофильных аэробов и факультативных анаэробов при культивировании на синтетической питательной среде при температуре 40 °С в течение 24 ч. Определение начинают с приготовления разведений. Для этого в несколько пробирок наливают 10 см³ стерильной воды. В первую пробирку стерильной пипеткой добавляют 1 см³ исследуемой воды. Новой стерильной пипеткой вносят пробу в пробирку со стерильной водой, после чего этой же пипеткой набирают 1 см³ из приготовленного разведения и переносят во вторую, из второй в третью и т. д. Из каждой пробы делают посев не менее двух различных объемов, выбранных с таким расчетом, чтобы на чашках выросло от 30 до 300 колоний. По истечении 24 ч при температуре 40 °С подсчитывают число выросших колоний. Если выросло большое количество колоний, то дно чашки делят на секторы и подсчет ведут в каждом отдельном секторе. Результаты подсчета выражают в количестве бактерий на 1 см³ анализируемой воды с учетом посеянного объема.

Консервация проб

Целью консервации проб воды является сохранение ее компонентов и свойств в том же состоянии, что и в момент взятия пробы. Консервация необходима особенно в тех случаях, когда определяемый компонент подвергается изменениям и когда определение нельзя провести сразу же на месте отбора пробы или в тот же день в лаборатории. Для определения содержания микроэлементов применяют консервацию проб с помощью азотной кислоты. При консервации используемое вещество добавляют в пробу после ее отбора. Добавление консервантов учитывают при определении показателя и при обработке результатов определений.

Контрольные вопросы

1. Что можно определить при помощи горного компаса?
2. Для чего необходим полевой дневник?
3. Что представляет собой абрис?
4. Что такое рН?
5. Через какой фильтр нужно пропустить воду, чтобы отделить взвешенные вещества?
6. Какие вещества окрашивают природные воды в желтовато-коричневый цвет?
7. Для чего производится консервация проб?

Глава 2. Основные понятия, необходимые для описания геологических образований

При проведении геологической практики в качестве предмета исследования рассматриваются горные породы. Горная порода – это любая масса или агрегат одного или нескольких минеральных видов или органического вещества, которые являются продуктами природных процессов. Вещество горных пород может быть твёрдым, консолидированным или мягким, рыхлым. Все горные породы делятся на три группы: осадочные, магматические и метаморфические. Осадочные породы образуются, как правило, в водной среде и в виде континентальных осадков; магматические образуются из расплава в земной коре и при излиянии лавы на поверхность Земли; а метаморфические – из осадочных, магматических и измененных пород в условиях высоких температур и давлений.

2.1. Осадочные породы

Источниками материала для их образования являются разрушенные и частично растворенные магматические, метаморфические и ранее образованные осадочные породы, а также остатки фауны и флоры. По способу образования среди осадочных пород выделяются обломочные, хемогенные, органогенные и пирокластические.

Обломочные породы – это механические осадки, как правило, рыхлые, прошедшие или не прошедшие процесс диагенеза (перерождение). При диагенезе рыхлые осадки превращаются в плотные, твердые разновидности пород, которые не размокаются в воде.

Главные признаки, которые отличают обломочные породы (Демин, 2011):

Окраска. Хотя цвет породы может быть самым разнообразным, тем не менее окраска часто служит надежным диагностическим признаком обломочных пород, она может быть пятнистой, полосатой и др.

Размеры. Обломки могут быть разного размера, диаметр варьирует в очень широких пределах. Название класса породы определяется по преобладающему размеру обломков.

Форма обломков или степень окатанности. Окатанность обломков может быть хорошей, средней, плохой. Обломки могут быть совершенно неокатанными, их называют угловатыми обломками.

В полевых условиях минеральный и петрографический состав обломков описывается кратко с указанием главных диагностических признаков, а если порода содержит обломки различного состава, то отмечают их количественные соотношения.

Описываются состав цемента, его цвет, количественные соотношения цемента и общего количества обломков.

Хемогенные породы образуются в результате выпадения химических осадков (солей) из водных растворов. Хемогенное происхождение имеют каменная соль, бокситы, железистые, фосфоритные породы и др. Важными характеристиками таких пород являются цвет, размеры зерен и форма выделений минералов.

Железистые породы образованы лимонитом, сидеритом, хлоритами. Их цвет обычно бурый; характерно оолитовое строение.

Бокситы – руды, состоящие в основном из минералов гидроокиси алюминия – гиббсита, бемита и диаспора. По цвету чаще они красные и темно-красные, реже белые и серые. Они иногда имеют оолитовое строение.

Фосфоритные породы или фосфориты - эти названия, используются для осадочных горных пород, которые содержат, по меньшей мере, от 15 до 20% фосфора по весу. Содержание фосфора в этих породах в основном обусловлено присутствием апатитовых минералов. Апатит обычно зеленого цвета, но может быть желтым, коричневым, синим, фиолетовым, розовым или бесцветным. Определение того, какие минералы апатитовой группы содержатся в породе, не может быть определено без лабораторных испытаний, потому что размеры частиц очень малы. Наиболее крупные месторождения апатита находятся в осадочных породах, образованных в морской и озерной средах. Там скопились фосфатные органические обломки - кости, зубы, чешуя и фекальный материал животных и минерализовались во время диагенеза. Некоторые из этих месторождений содержат достаточно фосфора, чтобы их можно было добывать и использовать для производства удобрений и химических продуктов.

Каменная соль. Это галит, встречающийся часто вместе с гипсом, ангидритом и калийными солями (карналлитом и сильвином).

Органогенные породы – известняки, мергели, доломиты.

Известняки широко распространены в природе, чаще всего представлены кальцитом, который при взаимодействии с соляной кислотой вскипает. Из него сложены многие горные массивы, коралловые рифы, известковые налёты, меловые обрывы и напластования в толще земной коры. Он образовывался в разные геологические эпохи и в разных условиях, что и привело к появлению стольких его разновидностей. Основой известняка является одно и то же вещество – карбонат кальция (формула: CaCO_3). Это значит, что, несмотря на изобилие форм и вариантов, у всех известняков имеется и много общего. Прежде всего это способность постепенно растворяться в воде и кислотах, склонность к намоканию под действием влаги, гигроскопичность, относительная

мягкость, благодаря чему он легко обрабатывается. При нагревании в открытых системах происходит разложение известняка на оксид кальция (CaO) и углекислый газ (CO₂). Ещё одна отличительная особенность этого материала – биологическое происхождение большей части его массы, наличие отпечатков моллюсков и других живых существ.

Мергели – это порода глинисто-карбонатного состава, т.е. смесь кальцита с глиной.

Доломиты – это мономинеральные породы. Химический состав представлен кальцием, магнием и карбонатом. В отличие от известняков они слабо вскипают в соляной кислоте.

Кремнистые породы – опока, диатомит, трепел.

Опока – прочная, легкая, кремнистая, пористая осадочная горная порода, не вскипающая в соляной кислоте.

Диатомит – это осадочная горная порода белого, светло-серого или желтоватого цвета, состоящая более чем на 50 % из панцирей диатомей. Диатомит формирует рыхлые или сцементированные кремнистые отложения, похож на мел, но не вскипает в соляной кислоте.

Трепел – мягкая, пористая, очень мелкозернистая порода, состоящая из остатков скелетов диатомовых водорослей, радиолярий и губок.

Углеродистые породы (каустобиолиты – греч. kaustikos – жгучий+биолиты) – нефть, торфы, бурый уголь, каменный уголь, антрацит.

Нефть – маслянистая смесь жидких и газообразных углеводородов темного цвета. Она состоит на 85% из углерода и на 12% из водорода.

Торф – это бурые массы из неперегнивших растительных остатков органического вещества болот.

Бурый уголь имеет цвет темно-бурый; излом неровный, раковистый.

Каменный уголь. Цвет черный. Твердость до 2,5. Излом раковистый, неровный.

Антрацит – очень твердый черный уголь с сильным металлическим блеском.

Пирокластические породы. При извержениях вулканов в атмосферу летит огромное количество обломочного материала. Это – вулканический пепел, который представлен обломками вулканического стекла, кристаллами различных минералов, лавой. Размер частиц не более 0,5 см обычно значительно мельче. Лапилли представляют собой веретенообразные обломки тех же материалов до 3 см в длину. Вулканические бомбы представляют собой обломки лавы до нескольких метров в поперечнике. Падая на землю или в воду, такие обломки претерпевают диагенез: цементируются и образуют плотные породы магматического происхождения, но в сущности осадочного генезиса. К ним относятся туфы (сцементированный пепел), туфо-конгломераты и туфо-брекчии,

которые представляют собой цементированный пепел, лапилли и бомбы. Цементом таких пород могут быть как образования осадочного генезиса, так и сама лава. При движении лавовых потоков верхняя, уже застывшая корка часто взламывается; так возникают лавобрекчии.

В качестве примера сформулируем некоторые характерные особенности и зададим вопросы, на которые надо будет ответить при характеристике и определении нескольких широко распространенным осадочных пород.

Пески – собирательный термин для обозначения частиц размером от 0,1 до 1 мм, они состоят главным образом из обломков зерен кварца с примесью зерен других минералов. Цвет песков чаще всего желтый (окраска окислами железа), но может быть и зеленый (песок с большим количеством глауконита), белый (чистый кварцевый песок) или какой-либо другой. Если в песке преобладают зерна одного размера, то такой песок хорошо отсортирован, а если размеры обломков находятся в широких пределах, то песок плохо отсортирован. По петрографическому составу обломков пески бывают мономинеральные, содержащие обломки одного состава, и полимиктовые, которые содержат обломки разного состава. Мономинеральные породы наиболее широко представлены кварцевыми песками, которые состоят только из обломков кварца. Представителями полимиктовых пород являются граувакки, это пески, содержащие до 60% обломков темноцветных минералов и аркозы. Аркозовые пески представлены кварцем, полевыми шпатами и небольшим количеством темноцветных минералов, в таких же количественных соотношениях, как и в гранитах.

Песчаники – это цементированные пески, различаются по составу цемента. Цемент может быть глинистым, кремнистым. Чистые кварцевые песчаники с кремнистым цементом называют динасом. Цемент может быть карбонатным, железистым или каким-либо другим. Часто наблюдается комбинация состава цемента – он может быть железисто-карбонатным, глинисто-кремнистым и т.д.

Алевриты и алевролиты отличаются от песков и песчаников не только меньшими размерами обломков, но и часто особенностями состава. Алеврит – рыхлая мелкообломочная осадочная порода, состоящая преимущественно из минеральных зерен 0,01-0,1 мм (кварц, полевой шпат, слюда). Алевролит – цементированная осадочная порода, сложенная более чем на 50% частицами алевритовой размерности

Лессы представляют собой своеобразные алевриты, состоящие из обломков кварца, кальцита, глинистых и других частиц. Характерные свойства лесса – однородность, переслаивание с погребенными почвами, а также содержание раковин наземных моллюсков и известковистых журавчиков. При воздействии кислоты вскипают.

Главнейшими факторами, определяющими образование лессов, считаются эоловый принос пыли, делювиальный литогенез, процессы выветривания и почвообразования в засушливом степном (семиаридном) климате.

Глины – это продукты химического разрушения полевых шпатов и слюд с последующим водным переносом продуктов разрушения и осаждением глинистых минералов. Наиболее широко распространенным глинистым минералом является каолинит. Глины чаще всего окрашены окислами железа в различные оттенки бурого цвета. В природе глины и пески часто образуют смешанные породы. Если в таких породах преобладает песок, то такая смесь будет называться супесью, а если глина, то суглинком.

2.2. Магматические породы

В основу классификации магматических (изверженных) пород положены химический состав и условия залегания.

По химическому составу все магматические породы, в зависимости от содержания SiO_2 , делятся на кислые, средние (нормальные и щелочные), основные и ультраосновные. Чем больше в породе свободной кремнекислоты (SiO_2 до 75%), тем порода кислее. Чем больше в породе темноцветных минералов (рудные, биотит, амфиболы, пироксены и оливины), железа, магния и кальция, тем меньше кремнекислоты. Для пород щелочного ряда характерен в большом количестве калиевый полевой шпат. Основные и ультраосновные породы характеризуются большим количеством темноцветных минералов.

По условиям залегания породы делятся на интрузивные, жильные и эффузивные. Интрузивные породы формируются на относительно больших глубинах, жильные – близко от дневной поверхности, а эффузивные – при кристаллизации магмы непосредственно на дневной поверхности. По степени вторичных изменений эффузивные породы делятся на кайнотипные – не претерпевшие изменений («свежие»), и палеотипные – минералы которых в той или иной степени изменены и перекристаллизованы (например, калиевые полевые шпаты замещаются каолинитом; биотит и амфиболы – хлоритом; амфибол – биотитом; пироксены – амфиболами и эпидотом; оливины – серпентином, пироксенами и амфиболами).

Макроскопическое определение изверженных пород не представляет больших трудностей, если внимательно отнестись к изучению их главных отличительных признаков и последовательности их изучения.

Интрузивные породы

Отличительные признаки (Демин, 2011):

Цвет интрузивных пород самый разнообразный, так как минералы, их слагающие, могут быть окрашены в различные цвета. Если отдельные минералы в породе образуют скопления или полосы, то и окраска будет пятнистой, полосатой и др. Породы, подразделяются на лейкократовые (окрашенные в светлые тона) и меланократовые (окрашенные в темные тона).

Текстура породы – это совокупность признаков строения породы, обусловленных относительным расположением ее составных частей. Для интрузивных пород наиболее характерными являются текстуры: массивная, полосчатая, пятнистая.

Структура породы – это совокупность признаков строения породы, обусловленных размерами, формой и взаимоотношениями ее составных частей. У интрузивных пород без помощи микроскопа хорошо различаются следующие структуры: афанитовая, когда отдельные зерна породы неразличимы; мелкозернистая – размеры кристаллических зерен до 1 мм в поперечнике; среднезернистая – от 1 до 3 мм; крупнозернистая – от 3 до 10 мм; гигантозернистая – более 10 мм. Порфировая структура образована крупными кристаллическими зернами (фенокристаллами) в более мелкозернистом кристаллическом агрегате (основной ткани породы). Графическая (пегматитовая) структура представляет закономерное прораствание калиевого полевого шпата кварцем.

Минеральный состав. Объемные соотношения минералов в процентах можно определить на глаз. Главные минералы – более 5%; второстепенные – менее 5% и аксессуарные (лат. *accessories* – дополнительный) – единичные зерна. Аксессуарными минералами часто бывают циркон, сфен, магнетит, апатит и др. Вторичными минералами хлорит, эпидот, серпентин и др. В подсчете количественных соотношений минералов считаются те, по которым они развились. Количественные соотношения главных минералов выражаются в объемных процентах.

Описание минералов обязательно включает преобладающие размеры кристаллических зерен, их форму и диагностические признаки, по которым можно безошибочно определить минерал. Кроме главных минералов могут быть описаны минералы и других групп, представляющие интерес.

Эффузивные и сходные с ними жильные породы

Порядок изучения их отличительных признаков.

Цвет описывается так же, как и цвета интрузивных пород.

Текстуры эффузивных пород чаще всего бывают массивными, полосчатыми, слоистыми, пятнистыми и флюидальными. Флюидальные породы – вытянутые минералы образуют как бы окаменевшие потоки и струйки ранее жидкой лавы.

Структура эффузивных пород – порфировая, когда в очень мелкозернистой или скрытокристаллической основной массе располагаются отдельные крупные кристаллы – вкрапленники, и афанитовая, когда в породе имеется только основная масса без вкрапленников.

Минеральный состав вкрапленников, если они есть в породе.

Характер распределения и количественные соотношения вкрапленников друг с другом и с основной массой.

Описание минералов вкрапленников. Описываются размеры вкрапленников, форма зерен и главные диагностические признаки. Форма зерен вкрапленников может быть идиоморфной с хорошей кристаллической огранкой; ксеноморфной, когда минералы утратили собственные кристаллографические очертания, и скелетной, если границы зерен оказываются как бы изъеденными основной массой.

При макроскопическом изучении и описании основной массы обычно обращают внимание на ее цвет – преобладание зеленых цветов может указать на интенсивные вторичные изменения и принадлежность породы к палеотипным разновидностям. Наличие стекла в основной массе, наоборот, свидетельствует о кайнотипном облике породы.

Кислые магматические породы широко представлены гранитами. Их обычно называют по преобладающему темноцветному минералу: биотитовые, двуслюдяные, роговообманковые и пироксеновые. Аляскиты встречаются реже и по составу приближаются к щелочным гранитам, не содержащим темноцветных минералов. Они состоят, главным образом, из калиевого полевого шпата.

Гранодиориты – породы по составу переходные к диоритам. По сравнению с гранитами, в них меньше калиевого полевого шпата (до 10-30%). Граниты и гранодиориты часто объединяют в группу гранитоидов.

Эффузивные породы кислого состава (излившиеся аналоги гранитов) представлены риолитами и кварцевыми порфирами. Структура этих пород порфировая; вкрапленники представлены идиоморфным кварцем (обязательно), калиевым полевым шпатом и плагиоклазом. В основной массе кайнотипных кислых эффузивов часто бывает стекло, а в палеотипных эффузивах стекла не бывает. Они полностью раскристаллизованы в очень мелкозернистый агрегат. Стекла встречаются в эффузивах и представлены обсидианом, их окраска разнообразная.

Жильные породы, связанные с гранитоидами, представлены пегматитами, аплитами и жильным кварцем. Пегматиты – это породы, состоящие, преимущественно из кварца и калиевого полевого шпата. Для них характерны графические структуры. Аплиты – мелкозернистые породы без темноцветных минералов; жильный кварц обычно белый или сахаровидный.

Средние магматические породы представлены диоритами и кварцевыми диоритами. От гранитов они отличаются отсутствием калиевого полевого шпата (не более 5%) и присутствием темноцветных минералов до 20 %. Кварцевые диориты, содержащие более 5% кварца, представляют породы, переходящие от диоритов к гранодиоритам. Излившиеся аналоги диоритов – андезиты и порфириты представлены порфиоровыми породами, содержащими во вкрапленниках идиоморфные зерна плагиоклаза и темноцветных минералов. Палеотипные породы обычно имеют зеленый оттенок основной массы.

Средние породы щелочного ряда – сиениты, которые в отличие от гранитов, содержат большее количество калиевого полевого шпата и практически лишены кварца. Средние эффузивы щелочного ряда – трахиты и ортофиры – представляют лейкократовые породы с порфиоровой или афанитовой структурой, состоящие почти целиком из калиевого полевого шпата.

Щелочные магматические породы представлены нефелиновыми сиенитами. Эти породы внешне похожи на средние породы и отличаются от них присутствием нефелина. Нефелин можно легко спутать с кварцем. Поэтому следует помнить, что нефелин с кварцем никогда не встречается. Количество цветных минералов достигает 50%. Эффузивные щелочные породы представлены фонолитами, нефелиновыми и лейцитовыми порфирами.

Интрузивные основные магматические породы представлены преимущественно габбро. Это темная, обычно крупнокристаллическая порода (с темноцветными минералами до 50%), содержащая темный средний плагиоклаз. Красивой их разновидностью является лабрадорит – габбро, почти не содержащее темноцветных минералов. Крупные темно-серые кристаллы лабрадора при определенных поворотах к свету иризируют синим цветом. Иризация - оптический эффект, проявляющийся у некоторых минералов в виде радужного цветового сияния при ярком освещении на ровном сколе камней и особенно после их полировки.

Эффузивные породы основного состава распространены в земной коре широко их называют базальтами. Базальты – породы с четко выраженной порфиоровой структурой; вкрапленники в базальтах выделяются очень резко на почти черном, афанитовом фоне

основной массы, и представлены плагиоклазом (калиевым полевым шпатом в щелочных базальтах) и темноцветными минералами. Долериты – это базальты с крупными призматическими кристаллами плагиоклаза в основной массе. Палеотипные разновидности базальтов, так же как и андезитов, отличаются зеленым оттенком («зеленокаменное перерождение»). Если в таких породах есть вкрапленники, то это будут базальтовые порфириты; аналогичные породы без вкрапленников называются диабазами. Стекла основного состава черного или почти черного цвета. Жильные породы представлены габбро и габбро-диабазами.

Ультраосновные магматические породы (гипербазиты) практически не содержат полевых шпатов, и состоят почти целиком из пироксенов, оливинов, магнетита и других темноцветных минералов. Главными представителями ультраосновных изверженных пород являются дуниты – массивные, зеленые породы, состоящие из оливина; перидотиты – более темные породы, где кроме оливина содержится пироксен; пироксениты – темно-серые, почти черные, часто мелкозернистые породы, состоящие из пироксенов. Для гипербазитов характерна серпентинизация («зеленокаменное перерождение»). Излившиеся аналоги ультраосновных пород – пикриты и архейские коматииты.

2.3. Метаморфические породы

Метаморфические породы – это измененные осадочные, изверженные или метаморфизованные ранее породы под действием высоких температур и давлений. При метаморфизме изменению подвергаются структуры, текстуры, минеральный состав пород и незначительно их химический состав. Метаморфизм возникает в глубинах земной коры (региональный метаморфизм), вблизи интрузивных тел (контактовый метаморфизм) и в зонах крупных разломов коры (динамометаморфизм или дислокационный метаморфизм).

При метаморфизме породы испытывают изменение ориентировки минеральных зерен, их размеров и, как следствие, видоизменение текстуры, структуры и цвета. Цвет метаморфических пород разнообразный, и часто его распределение бывает полосчатым или пятнистым.

Структура метаморфических пород бывает равномернозернистой или неравномернозернистой. В равномернозернистой породе структура подразделяется на мелкозернистую (размер зерен менее 1 мм), среднезернистую (размер зерен от 1 до 3 мм) или крупнозернистую (размер зерен более 3 мм). В неравномернозернистой породе присутствуют порфиробласты (крупные кристаллы, выросшие в процессе метаморфизма).

Массивная текстура в этих породах бывает редко; чаще она обусловлена линейной и плоскостной ориентировкой минералов и представлена сланцеватыми, плейчатými,

гнейсовидными, полосчатыми и очковыми разновидностями. Минеральный состав и его распределение по текстурным элементам при описании метаморфических пород играют важную роль.

Породы регионального метаморфизма образуются в различных условиях температур и давлений. На низкой ступени регионального метаморфизма образуются фации зеленых сланцев. На средних глубинах (5-10 км) температуры и давления выше и породы подвержены более значительным изменениям – формируются фации эпидотовых амфиболитов и амфиболитовой фации. На больших глубинах, при очень высокой температуре (до 1000 °С) и давлении (до 1000 атм.) наиболее характерными являются породы гранулитовой фации (гранулиты – гнейсы с гранатом). Последняя группа пород сопровождается как обычными, так и пироксеновыми гнейсами. Они могут образоваться за счет осадочных (парагнейсы, параамфиболиты, парасланцы) либо изверженных (ортогнейсы, ортоамфиболиты, ортосланцы) пород. Как правило, ортопороды в полевых условиях выделяют по наличию секущих контактов. При очень высоких температурах и давлении породы частично плавятся; получается расплав, близкий по составу гранитной магмы, которая по сланцеватости, слоистости, трещинам проникает и образует породы, которые называются мигматитами. Характерной особенностью большинства мигматитов является внутрипослойная складчатость самых разнообразных размеров и форм. Эти породы по своему происхождению относятся к ультраметаморфизму – самому крайнему (глубинному) процессу регионального метаморфизма.

Породы контактового метаморфизма образуются на контакте с интрузивами. При этом многие вмещающие породы (глины, песчаники, зеленые сланцы и др.) преобразуются в роговики. Которые располагаются в непосредственной близости с интрузией и распознаются по массивным текстурам, что резко их отличает от неизмененных контактовыми процессами сланцевых пород. Главные новообразования в роговиках – кварц и полевые шпаты; возможны слюды, амфиболы и пироксены. Обычно это мелкозернистые или тонкозернистые породы, минеральный состав которых визуалью определить нельзя. Известняки и мраморы на контакте с интрузией часто сопровождаются скарнами. Скарны – это породы, в образовании которых большое участие принимали процессы метасоматоза. Скарны темного цвета, крупнозернистые и неравномернозернистые; в них много новообразований: гранаты, пироксены, эпидот, магнетит и др.

Породы динамометаморфизма образуются вдоль разломов земной коры. В зависимости от степени изменений среди них различают тектонические брекчии, катаклазиты, милониты, сланцы, которые отличаются различной степенью механического

дробления и перетирания с увеличением ее от брекчий к сланцам. Если эти породы испытывают перекристаллизацию (бластез), то образуются: бластомилониты, бластокатаклазиты и др.

Контрольные вопросы

1. Как подразделяются горные породы по происхождению?
2. Как классифицируются обломочные горные породы?
3. Назовите характерные признаки глинистых пород.
4. Как классифицируются магматические горные породы?
5. Какие горные породы относятся к кислым, средним, основным и ультраосновным?

Глава 3. Преобразование пород в экзогенных условиях

На поверхности земли мы всегда наблюдаем горные породы, которые отличаются от своего первоначального состояния, так как они подверглись воздействию процессов выветривания. Одним из главных агентов выветривания является вода. Вода постоянно разрушает горные породы. Взаимодействие между водой и породой никогда не прекращается. Под воздействием воды породы настолько видоизменяются, что трудно представить, как они выглядели первоначально. Вначале в породах образуются трещины. Образование трещин неизбежно происходит в коренной породе при подъёме ее к поверхности, так как она состоит из нескольких минералов, которые отделены друг от друга поверхностями раздела. Эти минералы имеют разные коэффициенты расширения, и при нагревании-охлаждении между ними возникают трещины. Все выходы коренных горных пород, которые мы наблюдаем на поверхности в виде скал, даек, разбиты многочисленными трещинами. В них проникает вода и постепенно разделяет скалы на отдельные глыбы. Далее под воздействием текучей воды эти глыбы скатываются по склону, дробятся на более мелкие куски. Затем если они попадают в реки и ручьи, то быстро превращаются в гальку. Постепенно вода измельчает их в песок и преобразует в глину. В этом виде они накапливаются в долинах рек и котловинах озер.

Одной из целей полевых исследований при проведении геологической практики – выявление основных закономерностей взаимодействия воды с горными породами в разных физико-географических обстановках.

Задачи:

1. Определить главные механизмы разрушения коренных пород.
2. Изучить процессы разрушения пород на склонах и роль в этом замерзания и оттаивания воды.
3. Рассмотреть преобразование горных пород потоками воды.

Методы исследования: геологические маршруты, наблюдения на геологических обнажениях, проходка шурфов, сопоставление размеров и форм горных пород с интенсивностью водных потоков, измерение расстояний перемещений горных пород в разных обстановках.

3.1. Процессы преобразования горных пород в коренных обнажениях

Рельеф Западного Забайкалья характеризуется чередованием межгорных впадин и разделяющих их хребтов. Хребты занимают более 70% территории. Обнажения коренных пород в рассматриваемом районе располагаются в отрогах хребта Хамар-Дабан.

Геологические маршруты исследования обнажений горных пород проводим на участке расположения памятника природы «Уточкина падь» и в его окрестностях.

Местоположение – МО «Иволгинский район», п. Ошурково. Площадь 0,05 км². Утвержден решением Совета Министров Бурятской АССР №3-4 от 14.10.1980. Впервые описан академиком А.Е. Ферсманом в 1915 г.

Памятник природы «Уточкина падь» – уникальное двухсотметровое в длину обнажение апатитоносных сиенитов, гранитных пегматитов и гидротермальной цеолитовой минерализации. На обнажении открыто более 30 минералов, известных в науке как «уточкинские пегматиты». Среди них чрезвычайно редкий на земле «солнечный камень» - поделочная разновидность калиевого полевого шпата, химическая формула $KAlSi_3O_8$. Кристалл солнечного камня имеет сложный состав и содержит алюминий, натрий, кальций и другие включения, которые влияют на цвет минерала. Памятник природы «Уточкина падь» интересен и тем, что здесь в одном месте можно увидеть много разных горных пород – они выделяются в обнажении разным цветом, формой тел, набором и размерами минералов. На обнажении встречаются крупные кристаллы слюды, состоящие из больших отдельных пластин, кристаллы прозрачного кварца, зеленоватые кристаллы апатита (рис. 3).



А.

Б.

В.

Рисунок 3. Образцы минералов и горных пород отобранные на обнажении «Уточкина падь». А. Кристалл мусковита, образец с контактом известняка и сиенита. Б. Кристаллы и друза кварца. В. Солнечный камень.

Ошурковский базитовый плутон известен как относительно крупное неординарное по происхождению месторождение апатита. Это единственный габброидный массив в Западном Забайкалье, связанный с позднемезозойским рифтогенезом, все остальные проявления базитов этого этапа представлены полями вулканитов и дайками. На площади массива и в ближайшем его окружении распространены граниты, сиениты, карбонатиты, а в породах массива фиксируются интенсивно проявившиеся процессы фракционной кристаллизации, продукты многостадийного внедрения.

Породы основного состава, согласно петрографическому кодексу, классифицируются как щелочные базиты. В массиве, кроме габбро, монцогаббро,

шонкинита, присутствуют дайки лампрофиров. Процессы фракционной кристаллизации в них сопровождались образованием участков, обогащенных меланократовыми минералами, появлением биотит-амфиболовых сиенитов, габбро-пегматитов. К ранним фазам относятся габбро и монцогаббро. Монцогаббро, слагающие большую часть плутона, состоят из варьирующих количеств плагиоклаза (An16-32), амфибола, биотита, клинопироксена, апатита, калиевого и калинатрового полевых шпатов. При повышении содержаний полевых шпатов состав пород приближается к лейкогаббро и сиенитам. Лампрофиры относятся к числу наиболее поздних пород базитового комплекса. По минеральному и химическому составам они соответствуют спессартитами керсантитам. Породы сложены плагиоклазом (An18-28), калинатровым полевым шпатом, гастингситом, апатитом, биотитом, в небольших количествах присутствует клинопироксен. Их появление после сиенитов не согласуется с вариантом фракционной кристаллизации расплава, а химические составы лежат в основном вне поля плутонических базитов. Кроме того, в изотопном составе кислорода отмечается инверсия относительно эволюционного тренда пород базитовой серии, выраженная резким обогащением легким кислородом и близостью к составам наименее дифференцированной начальной фазы кристаллизации. Это может служить свидетельством выделения пород из автономного очага. Сиениты представлены биотит-амфиболовыми, щелочно-полевошпатовыми и биотитовыми типами. Биотит-амфиболовые сиениты имеют постепенные переходы к габбро-сиенитам. Щелочнополевошпатовые сиениты расположены за пределами базитового плутона, состоят из калишпата, содержат рассеянную вкрапленность низкоглиноземистой актинолитовой роговой обманки, биотита и небольшого количества кварца. Поле распространения биотитового сиенита также расположено за пределами базитового массива. Оно сложено калиевым полевым шпатом и подчиненными количествами альбита, биотита, апатита. Кислые магматиты слагают штоки лейкогранитов, обрамляющих массив габброидов. По геохронологическим данным, некоторые массивы имеют существенно молодой возраст (114-120 млн. лет). На позднем этапе сформировалась серия даек аплитовидных гранитов и гранитных пегматитов, рассекающих габброидный массив. Первые имеют возраст 115 млн лет, возраст вторых варьирует от 120 до 112 млн лет. Они встречаются как в контурах габброидного массива, так и за его пределами. Аплиты сложены биотитсодержащим мелкозернистым кварц-альбит-калишпатовым агрегатом. Их химический состав мало отличается от плутонических гранитов. Гранитные пегматиты представлены плитообразными телами мощностью до 4-5 метров и протяженностью до сотен метров. В них развиты графическая, субграфическая структуры, а в центральной части присутствуют зоны блокового строения

и кварцевое ядро. Щелочно-полевошпатовые сиениты по геохимическим и, в том числе, изотопным данным не могут быть отнесены к продуктам фракционной кристаллизации базитового расплава. Отношения Na/K, Ba/Sr в них локализованы в автономных полях, расположенных за пределами значений, характерных для базитов. Их изотопно-кислородные характеристики не вписываются и в тренд эволюции состава базитовых пород. Все это указывает на различие источников базитов и щелочно-полевошпатовых сиенитов (Рипп и др., 2017).

На обнажении можно увидеть очень важную особенность залегания горных пород, которую невозможно не заметить, она сразу бросается в глаза всем, кто бывает на обнажении – все горные породы имеют трещины. Они видны везде – на скалах между разными породами и в кусочках камней, лежащих на земле. Трещины имеют разные размеры, в некоторые можно просунуть руку, другие можно разглядеть только в лупу. Но даже в самые маленькие из этих трещин может проникать дождевая и конденсационная вода, она может просочиться даже в такие трещинки, размеры которых меньше человеческого волоса. В трещинах она активно взаимодействует с горными породами, при этом в раствор переходят многие химические элементы. При ее замерзании происходит резкое, за доли секунды, увеличение объема, в результате чего многократно возрастает давление на стенки трещин, этот процесс можно сравнить со взрывом. Образующегося льда почти на 10% больше, чем было жидкой воды, и, чтобы вместить его, трещины расширяются. Постепенно отдельные камни отделяются от скал и скатываются к подножию, перемещаются на 5-10 м от обнажения.

На обнажении студенты ознакомятся с закономерностями залегания пород, задокументируют выделенные преподавателем участки обнажения, отберут пробы горных пород для проведения химического анализа. В представленном отчете будет рассмотрена последовательность формирования пород задокументированных в обнажении с учетом принципов первичной горизонтальности, суперпозиции, включений, пересечений.

3.2. Склоновые процессы преобразования горных пород

На склонах камни не лежат спокойно, происходит их постепенное перемещение вниз по склону. И виновата в этом во многом тоже вода. В зависимости от крутизны склонов вода по-разному воздействует на горные породы. При выпадении дождя на крутых склонах, вода стекает в виде мутных потоков, которые вымывают рыхлые отложения из под камней и они скатываются вниз по склону. Но бывает и так, что крупные камни передвигают подземные воды. В отрогах хребта Хамар-Дабан можно видеть каменные реки (курумы) – гряду камней, лежащих на поверхности. Этот процесс можно наблюдать в наиболее высокогорной части хребта (рис. 4). Кажется, что камни

неподвижны. Глубоко под ними слышно, как журчит вода. Зимой, когда вода замерзает, ее объем увеличивается и лед поднимает эти камни, а весной лед тает и камни, так как они лежат на склоне, смещаются вниз по склону. Таким образом они и передвигаются, ударяясь друг о друга и разрушаясь. Горные породы в каменном потоке могут продвинуться вниз по склону на несколько сотен метров.



Рисунок 4. Курумы на склоне хребта Хамар-Дабан

Курумы или «каменные потоки» представляют собой сомкнутую группу каменных глыб крупного размера с острыми обломанными краями, расположенную на нерасчлененной подстилающей поверхности различного наклона и имеющую способность перемещаться. Образование курумов и их движение по склонам связано в основном с двумя процессами: морозным выпучиванием материала и криогенной десерпцией. Смысл криогенной десерпцией сводится к следующему: пучение пород на склоне при их промерзании происходит по нормали к склону, движение при оттаивании – по вертикали. В результате цикла промерзание – оттаивание частица породы всегда перемещается вниз по склону.

На пологих склонах и ровных сырых площадках можно увидеть, так называемые, «медальоны» (рис. 5). Это участки песка и глины, окруженные со всех сторон камнями. Они образуются при замерзании и оттаивании воды, которая поступает к этому месту на глубине по трещинам в горных породах. Из-за того, что объем льда больше, чем объем воды, лед, расширяясь, давит на горные породы, они пытаются, но не могут сместить

породы в сторону, так как там нет свободного пространства, и вынуждены подниматься вверх. Крупные камни вместе с песком приподнимаются, мелкий песок весной осыпается и заполняет освободившееся при таянии льда пространство на глубине. А крупные камни постепенно при многократном замерзании и оттаивании «медальона» поднимаются к поверхности. На поверхности земли камни перемещаются к краям медальона, а в центре располагаются измельченные горные породы – песок и глина. В таких «медальонах» горные породы очень быстро дробятся и измельчаются, по краям «медальона» можно увидеть камни по форме напоминающие шары. В «медальонах» горные породы поднимаются к поверхности с глубины в несколько метров.



Рисунок 5. Морозные медальоны.

Все осадочные породы, залегающие на склонах, подразделяются на несколько групп (Геологический словарь, 1978).

Элювий – продукты выветривания горных пород, оставшиеся на месте своего образования. В зависимости от характера материнских пород и типа выветривания может иметь различный механический состав: от глыб до глин. Более или менее постепенно переходит в подстилающие породы. Отличается отсутствием слоистости и сортировки.

Коллювий – продукты выветривания, смещенные вниз по склону под влиянием силы тяжести. Накапливается на склонах и в виде шлейфов у их подножия в результате осыпания обломочного материала. Типичный пример современного коллювия – глыбовые и щебнисто-глыбовые осыпи, широко развитые на горных склонах.

Делювий – генетический тип отложений, возникающих в результате накопления смытых со склонов дождевыми и талыми снеговыми водами рыхлых продуктов выветривания. Залегаet в виде шлейфов, выклинивающихся вверх по склону. Вниз по склону в зависимости от состава коренных пород происходит изменения делювиальных отложений от щебнистого, дресвянистого, супесчаного до лёссовидных суглинков и глин.

Наблюдается тонкая параллельная склону слоистость, отчетливая в более грубых и скрытая в тонких разностях. Большая часть делювия образовалась в семиаридной климатической обстановке, наиболее благоприятствующей склоновому смыву.

Пролувий – рыхлые образования, возникающие в результате переноса и отложения временными водотоками продуктов выветривания горных пород. Слагают конусы выноса и образующиеся от их слияния пролювиальные шельфы. От вершины конусов к их подножию механический состав обломочного материала изменяется от гальки и щебня с песчано-глинистым заполнителем до более тонких и отсортированных осадков, нередко лёссовидных супесей и суглинков. Породы характеризуются преимущественно плохой сортированностью и слабой окатанностью обломков. Форма обломков угловатая, часто плоская. Здесь они могут находиться очень долго, пока не изменится геологическая обстановка (рис. 6).



Рисунок 6. Фотография разреза пролювия сформированного в результате воздействия временных водотоков (овраг в местности «Уточкина падь»).

Некоторые камни, которые лежат на ровных площадках вблизи крутых склонов, длительное время не перемещаются. Они находятся на одном месте так долго, что под действием воды и отрицательной температуры воздуха раскололись по трещинам на мелкие осколки – дресву. Так и лежат кучки дресвы, сохраняя форму камня (рис. 7).

Казалось бы, что процесс преобразования обломка породы в дресву должен протекать медленно в течение геологического времени. Но оказывается это не так, по нашим наблюдениям при проведении геологической практики в Уточкиной пади монолитный камень, который мы поместили на дно оврага, превратился в дресву в течение трех лет.



Рисунок 7. Кучка дресвы оставшейся на месте разрушения обломка гранита

При исследовании склоновых процессов в период прохождения практики будут пройдены шурфы в различных частях склона, задокументированы разрезы горных пород. Отобраны пробы для определения гранулометрического состава пород. По результатам лабораторных исследований будут охарактеризованы элювиальные, коллювиальные, делювиальные и пролювиальные отложения. В представленном отчете по практике будет приведена карта распространения рассматриваемых отложений в местности «Уточкина падь», фотографии пройденных шурфов, характеристика гранулометрического состава пород и описание их внешнего вида.

3.3. Разрушение и перемещение пород в водном потоке

Постепенно обломки породы со склонов попадают в русла ручьев и рек. Эти постоянно текущие потоки воды начинают перекачивать их по дну. Камни ударяются друг о друга, края их обламываются, они приобретают округлую форму с гладкой поверхностью, их называют галькой (рис. 8а). Галька – это мелкий окатыш, камешек, окатанные в разной степени обломки горных пород диаметром от 1 до 15 см. По берегам рек ее очень много (рис. 8б).



а)



б)

Рисунок 8. Галька (а) и галечные отложения (б) на берегу реки Селенга.

Форма гальки может быть различной, она зависит от вещественного состава, текстурных и структурных особенностей пород, от первоначальной формы обломков, а также от характера среды переноса.

Пространство между галькой заполняет песок, их вместе называют аллювием.

Аллювиальные отложения формируются постоянными водными потоками в речных долинах. Гранулометрический и минеральный состав, структурно-текстурные особенности сильно варьируют. Они зависят от гидрологического режима рек, характера размываемых пород водосбора и геоморфологических условий. Различается аллювий горных и равнинных рек. Для первого характерны грубообломочный материал с преобладанием галечника, полимиктовый состав с непостоянным соотношением основных породообразующих компонентов, слабая сортировка материала, отсутствие слоистости. Для аллювия равнинных рек характерны более однородный минеральный состав, крупная косая слоистость. В долинах рек вниз по течению крупность материала уменьшается и повышается степень сортировки песчаных осадков.

Аллювиальные отложения принесены рекой издалека, некоторые перекатывались водой десять и более километров. Аллювиальные отложения залегают по берегам реки в виде косы. Очень много таких мест с аллювиальными отложениями в местности «Омулевка», где русло реки Селенги имеет несколько изгибов, на которых меняется скорость течения воды (рис. 9).

Гальку перемещает только быстрая река или ручей, а песок и глину несет даже слабый поток, потому что эти частицы мелкие и легкие.

Сила, под воздействием которой происходит перемещение твердых веществ, в значительной степени зависит от скорости движения воды в потоке:

$$F_g \sim V^6 .$$

Эта формула получила название закона Эри, утверждающего, что вес влекаемых наносов пропорционален шестой степени скорости течения.

Действие текущей воды на частицу грунта, лежащую на дне, сводится к двум силам – сдвигающей и подъемной. Сдвигающая сила стремится передвинуть частицу параллельно дну, а подъемная – поднять ее над дном. Поднятая над дном частица грунта может продолжать подниматься и далее за счет перемешивания воды в потоке, т.е. за счет турбулентного движения.

Поэтому частицы грунта могут перемещаться либо по дну, либо внутри водной массы во взвешенном состоянии. Наносы, перекатываемые по дну, называются влекаемыми или донными. Наносы, которые переносятся во взвешенном состоянии внутри водного потока, носят наименование взвешенных. Количество наносов в единице объема

воды называется мутностью потока, а количество наносов, проходящих через поперечное сечение потока, именуется расходом наносов.



Рисунок 9. Вид на реку Селенгу в местности «Омулевка»

Имеются особенности в перемещении наносов, образуемых различными грунтами.

Зерна несвязного грунта начинают перемещаться тогда, когда силы воздействия на них потока преодолевают силу трения частиц грунта о дно. В этом случае частицы движутся влечением. При более сильном воздействии может оказаться преодоленным и вес частиц. Тогда они начинают переходить во взвешенное состояние. В случае ослабления течения (уменьшения его скорости) зерна наносов под действием силы тяжести или трения о дно могут останавливаться.

Частицы связного грунта начинают перемещаться тогда, когда силы воздействия потока на зерна грунта преодолевают силы сцепления зерен между собой. Силы сцепления между частицами значительно превосходят их вес, а потому зерна связных грунтов при отрыве их от дна должны сразу переходить во взвешенное состояние. Вместе с тем для того чтобы такие частицы, начав двигаться, прекратили свое движение, необходимо значительное уменьшение скорости течения против той, при которой происходит отрыв их от грунта. Это обусловлено малым весом частиц, который после преодоления сил сцепления является единственной причиной, тормозящей движение зерен. После отрыва от связного грунта частицы не могут быстро возвращаться в исходное состояние (Раткович, 2007).

Движение наносов неравномерное – частицы то начинают двигаться, то останавливаются. Количество наносов, перемещающихся у дна потока, регулируется

скоростью течения воды и крупностью зерен грунта. Чем больше скорость течения воды или чем мельче грунт, тем большее их количество приходит в движение. Наоборот, чем меньше скорость течения или чем крупнее зерна, тем меньше наносов перемещается по дну. Скорость подъема наносов в поток, а также и оседание их из потока зависят от скорости течения воды, поскольку интенсивность турбулентного перемещения меняется в зависимости от скорости течения в потоке. Наносы стремятся выпадать из потока под действием собственного веса. Количество движущихся взвешенных наносов оказывается связанным со скоростями течения воды и размером зерен наносов.

Свойство потока при определенной крупности зерен грунта дна перемещать вполне определенное количество наносов называется транспортирующей способностью потока. Транспортирующая способность потока зависит от скоростей течения воды. При изменении скоростей течения вдоль по потоку наносы,двигающиеся по дну, быстро реагируют на эти изменения. Взвешенные наносы, которым для подъема со дна в поток и опускания из потока на дно нужно некоторое время, поэтому они реагируют на изменение скорости медленнее.

Распределение наносов по глубине и ширине потока неравномерное. Неравномерность распределения их по ширине определяется как особенностями внутреннего строения русла и потока, так и неодинаковостью грунтов дна по ширине реки. По вертикали потока неравномерность насыщения заключается в большей мутности в придонных его слоях и меньшей – в поверхностных. Чем крупнее частицы наносов, тем неравномернее распределены они по глубине потока. Наиболее крупные зерна могут двигаться по дну влечением. Мелкие частицы распределяются относительно равномерно по всей толще потока.

В результате переноса частиц изменяется дно реки. Наиболее легко изменяется дно, сложенное песком. Частицы грунта требуют наименьших скоростей течения для того, чтобы прийти в движение и в то же время, начав двигаться, способны сравнительно быстро останавливаться при уменьшении скорости течения. Поэтому наличие в русле реки значительного количества песка является первым признаком значительной изменчивости формы дна реки.

Чем крупнее зерна несвязного грунта, тем менее способно дно к изменениям. Наличие крупнозернистого грунта на дне - крупного гравия, гальки и др. - часто является признаком сравнительно устойчивого русла.

Изменяемость русла зависит не только от свойств грунта дна, но и от скоростей течения воды в реке. При малых скоростях течения тот или иной грунт может рассматриваться как неразмываемый.

Большая часть твердого стока происходит во время половодий и паводков, так как в эти периоды увеличиваются и расход воды, и мутность. Изменение мутности во время половодья происходит по-разному в больших и малых реках и зависит от географического положения и господствующих ландшафтов.

Наблюдения показывают, что массовое движение твердых частиц по дну рек, русла которых сложены несвязными грунтами, происходит в форме гряд или волн. Эти волны движутся с меньшей скоростью, чем поток и отдельные твердые частицы. В целом донный твердый сток осуществляется перемещением этих волн.

Возникновение гряд на дне речных потоков аналогично образованию песчаных дюн и барханов на земной поверхности в результате действия ветра. В продольном разрезе гряды различают пологий верховой откос и более крутой низовой, гребень и подвалье гряды. Перемещение гряды происходит за счет размыва потоком ее лобового откоса, переноса продуктов размыва к гребню и отложению их на тыловом откосе или в подвалье гряды. В движении принимает участие только верхний слой песчинок лобового откоса; остальная масса песка остается в покое. По мере смыва этого слоя воздействию воды подвергаются новые частицы, которые, в свою очередь, приходят в движение вдоль по гряде и откладываются на тыловом откосе. Отдельные частицы грунта, составляющие гряду, участвуют в ее движении периодически.

Повсеместное распространение гряд в водотоках указывает на то, что они являются устойчивой формой поверхности песка на его границе с водным потоком. Частицы наносов движутся, приостанавливаясь, скачкообразно, сравнительно легко приходя в движение и достаточно быстро выпадая из потока на дно при уменьшении местной скорости течения. Поэтому дно реки, сложенное подвижными грунтами, не может долго сохранять ровную поверхность. Зерна грунта, приходя в каком-либо месте в усиленное движение, создают там, откуда они ушли, некоторое понижение дна. Наоборот, приостанавливаясь в каком-либо месте, частицы грунта, отлагаясь на дне, повышают его. В результате этого дно потока покрывается неровностями, причем за выступами происходят срывы течения и образуются маленькие водоворотные зоны. Эти места оказываются очагами образования гряд. Водовороты вымывают на дне потока подвалье гряды, а продукты размыва, откладываясь, образуют гребни. Со временем гряда принимает устойчивую форму, соответствующую гидравлическому режиму потока и его размерам.

Форма гряд в плане и их взаимное расположение на дне зависят от размеров потока, его скорости и размера частиц донных отложений. В потоках очень большой ширины образуются гряды кучевидной или ленточной формы. Кучевидные гряды,

подобно барханам, представляют собой скопления грунта с практически одинаковой длиной и шириной. Гребень их имеет серповидную в плане форму. Ленточные же гряды имеют относительно большую ширину. В большинстве малых русловых потоках, кучевидные и ленточные гряды образуются лишь при малых скоростях течения. С увеличением скоростей они перестраиваются и располагаются либо в шахматном порядке под берегом в неглубоких, но широких потоках, либо в виде параллельных гряд в глубоких потоках.

Гряды возникают, когда движение песка по дну становится достаточно интенсивным для заметного деформирования дна. Возникшие гряды не остаются неподвижными, а ползут вниз по течению, сохраняя свою форму. На грядах, составляющих основной рельеф дна, часто образуются более мелкие гряды – «вторичный рельеф». В русле реки обычно имеются гряды разных размеров, причем более мелкие гряды образуются на верховом откосе более крупной гряды. На большой реке (шириной свыше 400-500 м) можно наблюдать до четырех систем идущих друг по другу гряд. Нижние, наиболее крупные гряды имеют высоту до нескольких метров и длину до километра и более. По этим грядам передвигаются гряды меньших размеров высотой до метра и длиной до 100-150 м, на последних, в свою очередь, перемещаются гряды еще меньших размеров, а именно 0,20-0,30 м высотой и около 10 м длиной, наконец, самые мелкие гряды измеряются в сантиметрах (Раткович, 2007).

Гряды являются важнейшим элементом рельефа речных русел, влияющим на их форму и характер деформаций. Физической причиной русловых деформаций является нарушение баланса наносов на тех или иных участках речного русла. Изменение расхода наносов вдоль потока неизбежно сопровождается русловыми деформациями. При увеличении расхода наносов происходит размыв русла или его эрозия, при уменьшении расхода наносов вдоль реки происходит намыв русла или аккумуляция осадков. В результате неравномерного перемещения наносов в русле реки формируются осередки, которые представляют собой не закрепленные растительностью острова. Они не долго существуют в русле реки, размываются при наводнениях и перемещаются вниз по реке.

В процессе перемещения материала рекой происходят его дробление, истирание, размер частиц, слагающих дно реки, от истока к устью измельчается.

Часть материала, переносимого рекой, отлагается в виде донных отложений. Седиментация — это процесс, происходящий на земной поверхности, в результате которого частицы или зерна породы накапливаются и образуют отложения. В результате седиментации происходит образование всех видов осадков, когда материал из подвижного или взвешенного состояния переходит в неподвижное состояние. Формирование осадков

происходит на поверхности суши, в реках, озерах за счет терригенного материала, привнесенного извне в готовом виде, частично за счет биогенной и хемогенной садки некоторых соединений из придонной воды.

Таблица 1. Классификация наносов по размеру частиц, мм

Градация	Фракции						
	Глина	Ил	Пыль	Песок	Гравий	Галька	Валуны
Мелкие	<0,001	0,001-0,005	0,01-0,05	0,1-0,2	1-2	10-20	100-200
Средние		-	-	0,2-0,5	2-5	20-50	200-500
Крупные		0,005-0,01	0,05-0,1	0,5-1	5-10	50-100	500-1000

Терригенный материал выпадает на дно потока только тогда, когда течение воды будет очень слабым или совсем прекратится. Это чаще всего происходит в озерах. Там, где были когда-то озера, геологи находят месторождения песка и глины.

Песчаных отложений в долине реки Селенги очень много. В строительных котлованах можно увидеть, что песчаные отложения неоднородные, они отличаются размерами песчинок. Пески залегают ровными горизонтальными слоями. Это указывает на то, что на этом месте когда-то были озера, в которых накапливался песок, приносимый реками с окружающих гор. Песок состоит почти из одного кварца, а все другие минералы, которые были в горной породе, вода вынесла в виде растворенных солей.

В некоторых низинных местах, там, где, когда-то была середина озер или участки реки с очень слабым течением имеются глинистые отложения. Глины – это конечные продукты разрушения горных пород, слагающих скалы. Глина - вторичный продукт, образующийся в результате разрушения скальных пород в процессе выветривания. Основным источником глинистых минералов являются полевые шпаты, при разрушении которых под воздействием агентов выветривания и протекания реакции гидролиза образуются силикаты группы глинистых минералов. В большинстве случаев глинистые отложения представляют собой наносы водных потоков, скапливающиеся на дне озёр и морей. Частицы глины имеют очень маленькие размеры, намного меньше песка. Если добавить глину в воду, то она станет мутной и очень долго не светлеет, так как частицы глины из-за своего малого размера очень медленно оседают на дно.

Таким образом, мы проследили, как вода превращает огромные скалы в очень маленькие частицы – песок и глину.

Окружающие нас горные породы, которые мы наблюдаем в виде огромных скал, несмотря на внушительные размеры, постоянно разрушаются водой. Вначале в них

образуются трещины, затем скалы распадаются на отдельные камни, камни перемещаются вниз по склону, взаимодействуя с разными видами вод, попадают в ручьи и реки, дробятся, растворяются и превращаются в песок и глину. Это происходит медленно, но ничто не может остановить этот процесс. Все окружающие нас горы, когда-нибудь разрушатся. Возникнут новые, которых ждет такая же участь, и это никогда не прекратится, вода всегда будет точить камень.

При исследовании геологической деятельности реки в период прохождения практики студенты будут измерять скорость течения воды в различных частях русла реки, отбирать пробы донных отложений для изучения гранулометрического состава. В отчете будут представлена корреляция между скоростью течения воды и гранулометрическим составом донных отложений.

Контрольные вопросы

1. Почему разрушаются эндогенные горные породы?
2. Как быстро глыба гранита может превратиться в дресву?
3. Как образуются «медальоны»?
4. Что такое десерпция?
5. Каков размер гальки?
6. Чем осередки отличаются от островов?
7. Где накапливаются глинистые отложения?

Глава 4. Геолого-гидрологические особенности

Усть-Селенгинской впадины

Гидрологическая практика проводится на территории Усть-Селенгинской впадины, которая располагается в юго-восточной части Байкальской рифтовой зоны. Впадина хорошо изучена в геологическом и гидрогеологическом отношении при проведении поисковых работ на нефть и газ. Здесь имеются многочисленные естественные и искусственные водопрооявления (Дельта реки Селенга..., 2008).

4.1. Климат рассматриваемого района

Климат территории резко континентальный. Характеризуется большими амплитудами колебаний температуры воздуха в течение суток и года, значительной сухостью, относительно малым количеством атмосферных осадков, холодной продолжительной и малоснежной зимой, преобладанием ясного неба, особенно в холодную половину года.

Основными факторами формирования климатического фона территории, как и всего Прибайкалья, являются четко выраженная система циркуляции атмосферы в теплый и холодный периоды и повышенный приток солнечной радиации к поверхности. В холодный период (октябрь-март) на фоне азиатского антициклона в котловине Байкала и над его побережьями формируется локальная область пониженного атмосферного давления вследствие отепляющего влияния водной массы озера. Поэтому в осенне-зимний период на территории преобладают ветра:

- северо-западного направления (20-25 м/с);
- северо-восточного направления (10-15 м/с);
- юго-восточного направления (10-15 м/с).

В теплый период (май-август) на фоне малоградиентного поля пониженного атмосферного давления в Восточной Сибири над Байкалом формируется локальный барический максимум, связанный с охлаждающим влиянием водных масс озера, вследствие чего здесь увеличивается повторяемость воздушных потоков с озера на сушу. В весенне-летний период преобладают ветра:

- северо-западного направления (10-15 м/с);
- северо-восточного направления (10-15 м/с);
- юго-восточного направления (5-10 м/с);
- сочетания юго-западного и северо-западного (10-15 м/с).

Количество осадков зависит от высоты и орографического положения местности, поэтому положение района обуславливает сравнительно небольшое количество атмосферных осадков и их очень неравномерное выпадение в течение года по всей

площади этого региона. Месячный и суточный максимумы осадков достигает наибольшего значения в летние месяцы, значительная доля осадков выпадает в виде ливней, которые наблюдаются в июле-августе (100-150 мм за сутки); а минимумы - на один из зимних месяцев.

Зима продолжительная, сухая, малоснежная с ясной безоблачной погодой, суровая. Продолжительность зимнего сезона составляет 130-150 дней, в горных районах – 170-180 дней. Самым холодным месяцем является январь, самые низкие температуры в январе и феврале, так как антициклонный режим погоды в зимний период обуславливает низкие температуры воздуха. Средние многолетние температуры января составляют от -20 до -28 °С. В середине зимы (январе) преобладающие дневные температуры 16 °С, ночные -25 °С, абсолютный минимум – -35 °С. Относительная влажность воздуха высокая - 72-74 %. Осадки выпадают в виде снега. Устойчивый снежный покров образуется в начале ноября и достигает к концу зимы 35 см на защищенных местах, на открытых - менее 10 см. Разрушается снежный покров в конце марта - начале апреля. Облачность незначительна. Количество пасмурных дней в месяц бывает 4-5 дней с метелью и 5-9 с туманом.

Весна (апрель-май) короткая, характеризуемая сильными ветрами, малооблачной погодой. В горах наблюдается позднее наступление весеннего сезона - в третьей декаде апреля. Переход температуры воздуха через 5 °С отмечается на полмесяца позже - 18-20 мая. Продолжительность весеннего сезона составляет в среднем 45-60 дней. В апреле среднемесячные температуры воздуха ниже 0 °С. Весной в связи с разрушением зимнего антициклона и развитием зональной циркуляции усиливается циклоническая деятельность. В результате вторжения холодных арктических масс в весенний период возможны похолодания до -25-35 °С в апреле и до -10-18 °С в мае. Наряду с заморозками для весны характерно интенсивное повышение температуры воздуха за счет быстрого притока солнечной радиации в дневные часы. Средние температуры воздуха в мае могут повышаться до 10-16 °С, абсолютный максимум температуры 33 °С. Дневная температура в основном +4-12 °С. Относительная влажность в это время самая низкая в году менее - 50%, 1-2 дня в месяц с туманами. Устойчивый снежный покров разрушается к середине марта. Окончательный сход снежного покрова происходит к концу мая.

Лето короткое, теплое, дождливое во второй половине. Продолжительность безморозного периода изменяется в широких пределах: от 70-100 до 53-63 дней. Средние многолетние температуры июля составляют 15-18 °С, повышаясь на юге до 19-20 °С и понижаясь в высокогорных районах до 13-14 °С. В самые теплые для региона месяцы (в июле и августе) преобладают средние суточные температуры воздуха выше 12 °С. В течение всего лета температура воздуха выше 22 °С. В отдельные годы в летний период

температура воздуха может повышаться до 30-37 °С. На Байкале абсолютный максимум температуры воздуха составляет 25-34°С и определяется теплыми атмосферными вторжениями. Вместе с тем при определенных синоптических ситуациях (заток холодного воздуха в тылу циклонов и т.д.) летом возможны значительные понижения температуры воздуха. Абсолютный минимум положителен (от 0 до 3 °С) только в июле.

Осень (сентябрь – середина октября) в первой половине дождливая, во второй - сухая и теплая. Осень наступает быстро, и осенние заморозки начинаются при сравнительно высоких средних суточных температурах воздуха. В сентябре абсолютный минимум достигает -10 °С, а в октябре температура воздуха в отдельные дни может понизиться до -20-30 °С. Осенью процесс понижения суточных температур воздуха происходит при постепенном снижении максимальных дневных и минимальных ночных температур воздуха. Днем тепло (+8-12 °С), по ночам в конце сентября возможны заморозки -5 °С 3-6 дней в месяц с туманами. Осадки выпадают в виде морозящих дождей, переходящие в конце сезона в снег. Ветры в течение года преобладают западные и северо-западные. Их средняя скорость достигает 15 м/с.

4.2.Геоморфологическая характеристика района

Усть-Селенгинская впадина сильно террасирована и характеризуется холмистым рельефом. Поверхность бассейна покрыта болотами, многочисленными зарастающими руслами рек и озерными котловинами.

Рельеф поверхности впадины обусловлен тектоническим строением кристаллического фундамента. Вдоль мощного глубинного разлома, окаймляющего юго-восточное побережье Байкала – сброса Черского, происходит формирование дельтового прогиба, который охватывает и залив Провал. Глубина залегания кристаллического фундамента на переднем крае дельты р. Селенги, по данным сейсмической разведки составляет около 5 км. Сброс Черского сопровождается серией параллельных разломов, которые секут и кайнозойские образования. Калтусный прогиб, выходящий к берегу Байкала, имеет плавное сочленение с положительными структурами. Ось прогиба наклонена на запад и проходит через с. Посольск. Между Калтусным и Дельтовым прогибами располагается Истокское поднятие, которое представляет собой широтную брахиантиклиналь. По данным вертикального электротондирования, поверхность кристаллических пород в своде поднятия превышает соседние прогибы на 400-500 м.

В пределах Усть-Селенгинской впадины выделяется серия тектонических разрывов, которые участвуют в образовании блоковой структуры рельефа. Для впадины условно за фоновую поверхность принято считать среднее значение поверхности блока

пойменной части долины р. Селенги с комплексом низких террас и Калтусный прогиб. Их абсолютные высоты составляют 460 м. Относительно этой поверхности оказалась опущенной на 2-5 м дельта р. Селенги и узкая полоса побережья оз. Байкал. В западной части впадины в виде неправильного многоугольника выделяется крупный приподнятый блок – Твороговское поднятие. Он ограничен разломами Береговой, Твороговский, Боркинский, Тимлюйский, Кычинский и Истокский. Абсолютные отметки в пределах этого блока достигают 494,1 м. От центральной части впадины этот блок отделен менее приподнятым блоком с абсолютными высотами 468-471 м. Наибольший размах высот блокоразделов (50-150 м) характерен для Фофановской структурной перемычки и прилегающему с востока и юга горному обрамлению хребтов Морской и Хамар-Дабан.

В рельефе района выделяются разломы двух систем взаимно перпендикулярных направлений: северо-восточного – северо-западного и субмеридионального – субширотного. Основные черты современного рельефа Усть-Селенгинской впадины связаны с подвижками по разломам северо-восточного простирания (Дельта реки Селенги..., 2008).

Анализ региональной ориентировки векторов сжатия и растяжения к блокам впадины позволяет заключить, что в результате прикладываемых напряжений разломы субширотного заложения находятся в зажатом состоянии, субмеридионального открытые для проникновения воды. Разломы северо-западного и северо-восточного простирания имеют сдвиговый характер напряжения. Вследствие этого разрывные нарушения имеют различную проницаемость для газов и вод. Газы интенсивно эмануруют по разрывным нарушениям к поверхности земли. В водоемах и водотоках можно зафиксировать всплывание пузырьков газа. Зимой во льду можно обнаружить различные по размерам пузырьки. В газовом составе доминируют метан и азот (Исаев, 2010).

4.3. Геологическое строение района

Обрамляющие впадину хребты и ее кристаллический фундамент сложены древними метаморфическими породами, прорванными гранитными интрузиями. Докембрийские отложения представлены в основном гнейсами, выветрелыми с поверхности и прорванными интрузиями милонитизированных гранитов.

Кайнозойские отложения представлены третичными и четвертичными осадочными образованиями. Третичные отложения в пределах изучаемой территории непосредственного выхода на дневную поверхность не имеют. Они залегают на размытой

поверхности кристаллического фундамента. Мощность третичных отложений в изучаемом районе достигает 450 м. Наиболее распространенной группой пород в разрезе третичной толщи являются глинистые грунты. Второй распространенной группой пород в разрезе третичной толщи являются пески. Мощность песчаных слоев достигает порядка 40 м. Минералогический состав песков характеризуется главным образом присутствием кварца и полевых шпатов с достаточным количеством слюд.

Отложения четвертичного возраста в пределах изученного района пользуются широким распространением и повсеместно перекрывают третичные отложения. Чехол четвертичных отложений имеет различный генезис – озерно-аллювиальный, аллювиальный, делювиально-пролювиальный, озерно-болотный, эоловый.

Для песчаной фракции четвертичных отложений характерны неравномерная сортировка материала и сравнительно слабая окатанность зерен. Эти факторы свидетельствуют о близости источников сноса и неравномерности водоконтинентальных факторов, производивших отложения и сортировку этого материала.

Существование многочисленных террас, сложенных разновозрастными песками, объясняется подъемом уровня оз. Байкал и ингрессией его вод в речные долины (Резанов, 2003). Осадочные отложения Усть-Селенгинской впадины характеризуются присутствием рассеянного органического вещества, содержание которого в среднем составляет 3%.

4.4. Гидрография

Территория между дельтой р. Селенги на севере, подошвой горного хребта Хамар-Дабан на юге и оз. Байкал на западе представляет собой равнину. Поверхность этой равнины плоская на большей части заболоченная, наиболее высокие места заняты лесными участками. Равнина вытянута с востока на запад, имеет слабый уклон в сторону Байкала. Абсолютные отметки ее поверхности от 470 м на востоке снижается до 460 м на западе.

Равнину пересекают неглубокие естественные и искусственные русла водотоков в большинстве своем выполняющие роль дренажей. Поверхностные воды отводятся в Байкал, а на востоке в р. Селенгу. Имеются озера, наибольшие из них: Долгое, Никиткино, Черемуховое, Бакланье площадью 50-100 га.

С северного склона хребта Хамар-Дабан стекают две реки: Кабанья и Большая Речка, имеющие ряд ручьев и балок с временным поверхностным стоком. Наиболее крупные из них: Темлюй, Еловка и Никиткина. Эти реки отнесены к категории местных рек, их характеристика приведена в таблице 3.

Таблица 3. Основные гидрографические характеристики рек

Наименование реки	Длина реки, км	Водосборная площадь, км ²
Кабанья	36	320
Темлюй	10,4	52
Еловка	10,4	17
Никиткина	11,2	33
Большая Речка	54	565

Склон, с которого стекают перечисленные реки, покрыт древесной растительностью. Высота хребта – около 1600 м над уровнем моря.

Сток р. Никиткина и временных водотоков всех балок отводится в р. Большая Речка. Сток р. Еловка частично отводится в р. Большая Речка, частично в р. Темлюй. Незначительная часть его стока попадает в магистральный канал. Вода р. Темлюй частично сбрасывается в Селенгу, частично попадает в магистральный канал. Река Кабанья у села Ньюки впадает в Селенгу. Река Большая Речка впадает непосредственно в оз. Байкал.

Сток р. Темлюй зарегулирован небольшим водохранилищем, расположенным в 2 км выше с. Темлюй. Магистральный канал перехватывает воду из р. Кабанья в 2 км ниже с. Елань.

Озера Долгое и Никиткино соединены водоотводящими каналами с оз. Байкал.

4.4.1. Гидрологическая характеристика местных водотоков

Местные водотоки представлены реками: Кабанья, Темлюй, Еловка, Никиткина и Большая Речка. Реки имеют смешанное питание, снеговое, дождевое и подземное. На долю снегового и дождевого приходится 35-40%, а на долю грунтового 25%. При этом прослеживается закономерность - чем меньше река, тем меньше вклад подземного питания. Наиболее многоводной является р. Большая Речка.

Водный режим рек имеет паводочный характер с достаточно хорошо выраженным весенним половодьем. Весеннее половодье начинается с конца апреля, после весеннего ледохода и заканчивается в конце июня, иногда в июле. Паводье обычно имеет гребенчатый вид за счет неравномерного таяния снега в горах и наложения дождевых паводков.

Дождевые паводки проходят до октября, но наиболее высокие в июле-августе. Дождевые паводки отличаются большой интенсивностью подъема.

Устойчивая межень наступает в октябре. Меженный сток в течение зимы постепенно снижается, минимум обычно приходится на март.

Уровенный режим зимой неустойчивый. В связи с жорами и наледями подъемы уровня достигают 1 м. На малых реках наблюдается промерзание в нижнем течении.

По сезонам сток распределяется следующим образом: весеннее половодье (IV-VI) на крупных занимает 40-45%, на летний паводочный период (VII-IX) приходится около 35% и на осенне-зимнюю межень (X-III) на крупных реках – 20%, на малых – 15%.

Из местных рек достаточно изучены только две наибольшие реки: Кабанья и Большая Речка. На р. Кабанья сток изучается с 1963 г., а на р. Большая Речка – с 1936 г. по настоящее время.

Вода местных рек относится к классу гидрокарбонатных маломинерализованных вод (табл. 4). Вода этих рек обладает выщелачивающей агрессивностью.

Таблица 4. Химический состав воды водотоков и водоемов, установленный до начала мелиоративных работ в 1978 г.

Дата	рН	Общая жесткость, мг/экв	Сухой остаток, мг/дм ³	Ионы, мг/дм ³					
				Na	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃
р. Кабанья									
27.07.78	7,2	0,5	60	9,2	8	1,2	4,2	9	34,2
р.Тимлюй									
27.07.78	6,85	0,8	80	12,5	14	1,2	3,5	13,2	56,1
р.Еловка									
22.07.78	7,9	0,8	56	10,5	12	2,4	4,2	18,1	43,9
р.Никиткина									
27.07.78	8,1	1,6	132	16,5	28	2,4	5	23	100
Магистральный коллектор									
21.06.78	7,6	0,8	90	9	12	2,4	4,2	11,5	48,8
Озеро Никиткино									
05.07.78	8,4	2,2	208	11	36	4,8	3,5	6,6	146,4
Озеро Долгое									
22.06.78	7,9	3,8	326	24,5	48	17	4,2	35,4	239,1

Река Селенга является самой крупной в Забайкалье, она поставляет в озеро Байкал около половины всего стока. Водосборная площадь ее бассейна равна 447000 км², из которых 70% находятся в пределах Монголии. Основным источником питания реки являются снежные и дождевые осадки. Грунтовое питание незначительное. По водному

режиму река относится к типу рек паводочного режима с растянутым половодьем в теплую часть года, с мая по октябрь. Весеннее половодье не выражено. За летний период проходит около 90% годового стока, а на долю зимней межени, декабрь-март, приходится лишь 5%.

Начинается половодье обычно во второй половине апреля интенсивным увеличением расходов, 200-250 м³/с за сутки. Спад половодья плавный, происходит в течение примерно двух месяцев, заканчиваясь в конце ноября.

В межпаводочный период(V-IX месяцы)формируются низкие расходы воды, составляющие около 500 м³/с.

Зимняя межень устойчивая. Расходы с 200 м³/с в начале декабря постепенно снижаются до 100-50 м³/с в марте. Наименьшие в году расходы приходятся на зимнюю межень.

Ближайшими водомерными постами являются: с. Кабанск – расходный, расположен 2,0 км ниже расчетного створа, ведет наблюдения с 1968 г. и у с. Никольское – уровенный, в 22 км выше расчетного створа, наблюдения ведутся с 1934 г. Ближайший водопост с наблюдениями стока воды и наносов, которые ведутся с 1934 г. расположен в с. Мостовой, в 82 км выше расчетного створа.

Река на рассматриваемом участке имеет ярко выраженную русловую многорукавность характерную для осередкового типа русловых процессов. Этот тип русловых процессов устанавливается тогда, когда река перегружена наносами, которые аккумулируются в русле. В результате река вырабатывает широкое распластанное русло.

Переформирование русла на участке происходит в основном в паводки при расходах более 2500 м³/с, когда поверхностные скорости в главном рукаве достигают 2,5-3 м/с, а в протоках – 1,5-2 м/с. Паводки с таким расходом происходят практически ежегодно.

4.4.2. Кабанская осушительно-оросительная система

Программа мелиорации Сибири предусматривала создание обширных зон поливного земледелия и освоение заболоченных и переувлажненных земель. Освоение новых земель в Забайкалье началось с Кабанского заболоченного массива. Осушительные работы были начаты по инициативе населения в 1910 г. и продолжались до 1929 г. В 1933 году насчитывалось три осушительных канала. Вода, поступающая из речки Тимлюй на юго-восточную периферию болота, распределялась между двумя осушительными каналами: одним, идущим в оз. Долгое, другим – в направлении колесовской части болота. Главная тимлюйская канава пересекала земельные наделы Тимлюйского,

Закалтусовского и Колесовского земельных обществ и впадала в маленькие озера, имевшие общее название Кабаны. В 1958 г. работы по осушению кабанских болот возобновились и завершились к 1963 г. Работы осуществлялись посредством упорядочения стока рек Темлюй, Еловка, Никиткина, Мостовка и Глубокий Ручей, которые участвуют в заболачивании территории. Опыт по перехвату их нагорно-ловчими каналами показал, что на этих участках значительно сократились площади заболоченных земель. Но затем, после сооружения Иркутской ГЭС в 1957 году и создания водохранилища, процессы заболачивания снова усилились. В связи с подъемом уровня оз. Байкал в среднем на 1.2 м, изменились гидрологический и гидрогеологический режимы этой территории. Снижение скоростей течения рек Селенга, Исток и Большая Речка привело к затоплению обширных пространств равнины, способствуя заболачиванию земель, как непосредственным увлажнением торфяников, так и подъемом уровня грунтовых вод. Подъем уровня оз. Байкал оказал существенное влияние на режим подземных вод на участках с неглубоким залеганием и малым уклоном зеркала грунтовых вод. Уменьшение уклона зеркала грунтовых вод в совокупности с низкими значениями коэффициента фильтрации пород верхних слоев затрудняет разгрузку подземного потока. Вызванное этим длительное высокое стояние уровня грунтовых вод способствует сильному переувлажнению грунтов и прогрессированию процессов заболачивания.

Установление факторов, обуславливающих заболачивание обширных площадей Усть-Селенгинской впадины, позволило сформулировать перечень радикальных мелиоративных мер. В последующие годы введена в действие мелиоративная Кабанская осушительно-оросительная система (КООС), охватывающая 2/3 массива в восточной и центральной её частях. Первая очередь КООС (площадь - 2260 га) инженерного типа двойного регулирования сдана в эксплуатацию в 1977 г. Построен магистральный осушительный коллектор от с. Закалтус до оз. Байкал, длиной 26 км (рис. 10). Объем водопотребления составляет – 6,5 млн. м³/год. Магистральный канал для питания первой очереди построен в 1977 г. с расчетным расходом 5,6 м³/с. Водопотребление второй очереди (площадь - 3410 га) КООС составляет 21,1 млн. м³/год.

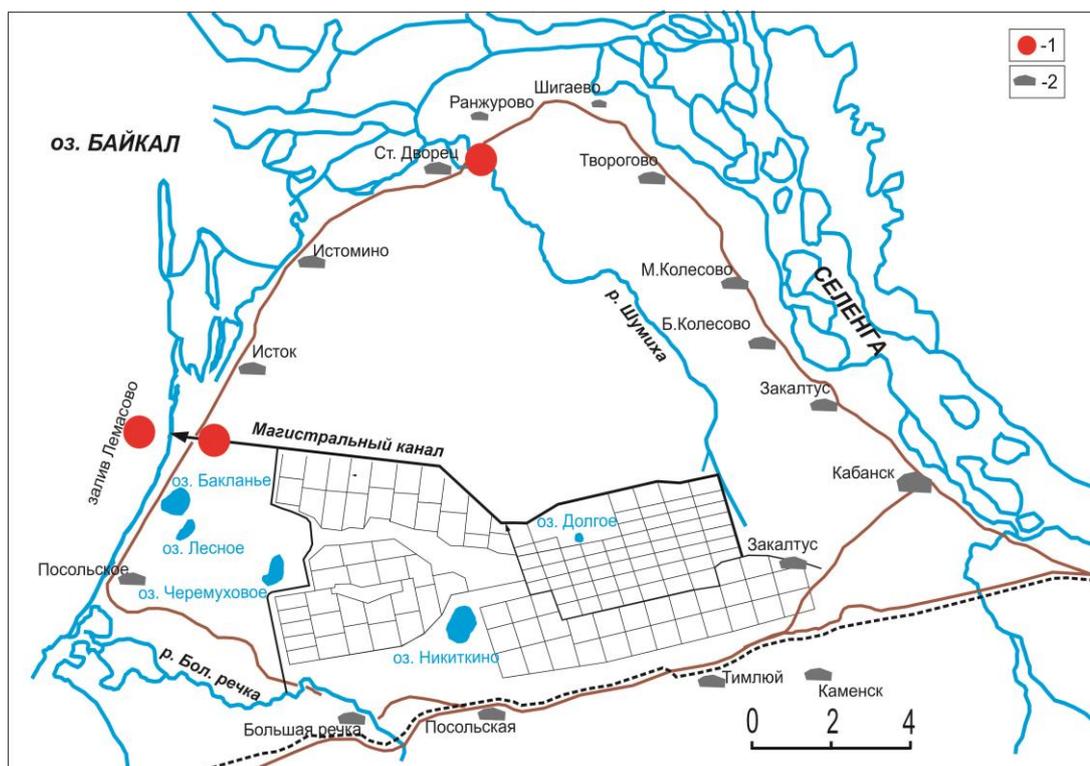


Рисунок 10. Схема расположения Кабанской осушительно-оросительной системы.
Примечание. (1) – точки отбора проб, (2) – населенные пункты

С осушенной территории сток поверхностных вод происходит в озеро Байкал, реку Селенга и в озера Никиткино, Черемуховое, Бакланье и др. Наибольший естественный водосбор имеет река Шумиха, которая берет начало в урочище Дровяная Грива, огибает Кабанский болотный массив с северо-востока и впадает в Селенгу в ее устьевой части. Протяженность этой реки составляет около 30 км, расход воды в летнее время в среднем составляет 20 л/с. Но основной сток с осушенной территории происходит по магистральному каналу, который пересекает болотный массив в субширотном направлении, и впадает в залив Лемасово оз. Байкал. Расход воды в канале в летнее время в среднем составляет 350 л/с.

Из данных, приведенных в таблице 4, видно, что сбросные с площадей КООС воды в 1980 г. содержали повышенные концентрации железа, которые превышали ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов в 1,5 раза. Сброс сточных вод с болотного массива оказывало влияние на качество воды в оз. Байкал. После смешения вод магистрального канала с байкальскими в заливе Лемасово оставалась высокая концентрация железа. Более того, высокая концентрация железа фиксировалась в прибрежных водах Байкала в районе с. Посольск, где наблюдалось превышение ПДК (табл. 5), что, по нашему мнению, связано с выклиниванием грунтовых вод с болотного массива.

Таблица 5. Химический состав вод Кабанской осушительно-оросительной системы в сравнении с водой оз. Байкал и ПДК рыбохозяйственного назначения

Параметр, мг/л	МК-Кабанья створ 1	МК-устье,	Оз. Байкал после смешения в заливе Лемасово	Оз. Байкал, с. Посольск	ПДК рыбохоз. назн.
Na ⁺ + K ⁺	5.1	3.7	5.1	5.8	120
HCO ₃ ⁻	36.6	79.3	58.1	57.3	250
SO ₄ ²⁻	12.0	4.0	5.15	5.1	100
Cl ⁻	2.5	2.8	3.7	2.8	300
NO ₃ ⁻	0.21	0.11	0.06	0.06	40
NH ₄ ⁺	0.1	0.1	0.15	0.14	0.5
NO ₂ ⁻	0.005	0.004	0.004	0.004	0.08
Минерализация	68.8	113.3	82.4	80.5	100
Жесткость, (мг-экв/л)	0.71	1.31	0.94	0.93	12.2
Перм. окис., мг О/л	3.4	5.8	-	-	2.0
CO ₂	0.08	2.2	-	-	-
pH	6.8	6.8	7.8	7.8	6.5

Проведенное опробование магистрального канала в его устье и р. Шумихи в 2009, 2010 гг. подтвердило их загрязнение железом и рядом других ингредиентов (табл. 5). Химический состав воды МК за 30 лет значительно изменился. Произошло увеличение общей минерализации вод, содержания железа и нитрат-ионов, наблюдается рост сульфат и нитрит-ионов, превышен ПДК аммония и железа для вод рыбохозяйственного назначения. По сравнению с результатами 1980 г. в сточных водах осушительно-оросительной системы возросло содержание нитрата, нитрита, железа, сульфата. В воде р. Шумиха отмечаются высокие содержания аммония, железа, органических веществ, которые превышают ПДК вод рыбохозяйственных водоемов в несколько раз (табл. 6).

Таблица 6. Химический состав вод магистрального канала КООС (МК) и р. Шумихи в 2009, 2010гг (Плюснин, Жамбалова, 2013)

Параметр, мг/л	МК 16.05.09	МК, 07.07.09	МК 22.05.10	МК 21.07.10	Шумиха, 16.05.09	Шумиха, 07.07.09	Шумиха, 22.05.10	Залив Лемасово 07.07.09	ПДК водоемов рыбохоз. назн.
Ca ²⁺	16.7	30.1	17.03	17.03	48.1	44.1	47.1	36.07	180
Mg ²⁺	4.26	4.86	3.65	3.65	9.85	12.15	11.54	12.76	40

Na ⁺ + K ⁺	11	60.9	5.75	5.43	15.6	99.3	15.18	28.52	120
HCO ₃ ⁻	82.3	140.3	70.15	82.37	236.4	274	224.5	230.6	250
SO ₄ ²⁻	12.5	12.75	9.87	0	1.67	1.61	2.0	7.0	100
Cl ⁻	2.13	2.13	1.77	2.13	1.42	2.84	2.13	3.55	300
NO ₃ ⁻	7.83	0.46	0.52	0.14	3.71	0.23	2.03	0.23	40
NH ₄ ⁺	0.13	0.29	0.35	0.64	0.26	0.22	0.57	1.12	0.5
NO ₂ ⁻	0.06	0	0.05	0	0.02	0	0.43	0	0.08
SiO ₂	4.88	12.3	21.0	17.87	19.6	18.4	13.8	34.8	10
Минерализация	144.3	264.3	122,5	122.75	338.9	435.1	323.4	347.9	-
Жесткость, (мг-экв/л)	1.19	1.9	1.15	1.15	3.21	3.2	3.3	2.85	12.2
Перм.окис., мгО/л	5.98	11.6	11.73	2.33	6.36	10,5	4.73	8.12	2
CO ₂	4.4	1.65	1.10	1.1	13.2	0	0	0	-
Fe _{общ}	2.41	5.12	-	-	2.26	4.05	-	-	0.3
pH	7.1	8.03	7.56	6.95	7.8	8.43	8.4	8.38	6.5

Минерализация и химический состав стекающих с болотного массива вод подвержены сезонным колебаниям. Весной с массива стекают менее минерализованные воды, чем летом, что связано с уменьшением интенсивности разложения торфа зимой. В летнее время и в магистральном канале и р. Шумихе возрастает количество растворенного органического вещества. Среди азотсодержащих загрязнителей вод доминирует аммоний (Бурятия. Природные ресурсы, 1997). Вероятно, минерализация торфа в Кабанском болотном массиве приостанавливается на стадии образования этого токсичного соединения, причиной может быть низкая температура, при которой происходит разложение торфа. Район болотного массива характеризуется распространением островной многолетней мерзлоты мощностью до 30-50 м. Температура пород на глубине 3,5-4,5 м составляет (- 0,2- -0,5 °С). В последнее время, вероятно вследствие глобального изменения климата отмечается ее деградация, но пока мерзлота еще сохраняется на значительной площади (Дельта реки..., 2008).

Нами проанализирован микроэлементный состав стекающих с болотного массива вод современным методом анализа, позволяющим определить широкий круг химических элементов (ISPMS), результаты представлены в таблице 7 (Плюснин, Жамбалова, 2013). Для сравнения в таблице приведены результаты анализа глубинной воды оз. Байкал и ПДК установленные для водоемов рыбохозяйственного назначения. В сточных водах обнаружены высокие содержания марганца, которые значительно превышают не только концентрацию этого элемента в воде оз. Байкал, но и в десятки раз ПДК установленные для водоемов рыбохозяйственного назначения. Высокие содержания этого элемента обнаруживаются и в принимающем водоеме – заливе Лемасово. В стекающих с

болотного массива водах обнаружены высокие содержания таких токсичных элементов как литий, молибден, медь, концентрация которых превышает ПДК установленные для рыбохозяйственных водоемов. Эти воды характеризуются и повышенными содержаниями цинка, редких щелочноземельных элементов – стронция и бария (табл. 7). Их концентрация близка ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Поступление этих элементов в сточные воды, вероятно, связано с интенсификацией разложения торфов на осушенной территории, изменением геохимической обстановки на обширной территории, интенсификацией взаимодействия в системе вода - горные породы.

Таблица 7. Микроэлементный состав вод магистрального канала КООС и р. Шумихи, мкг/л

место отбора пробы	Cu	Zn	Pb	Ni	Cd	Mo	Li	B	Al	Ba	Sr
МК-устье 16.05.09г.	0,46	5,8	0.081	0.38	0.011	2,04	1,91	6,3	4,26	25	81
МК-устье 16.05.09г.	2,46	8,8	0.21	1,53	0.059	3,94	2,32	19,9	71	34	138
Р.Шумиха- 16.05.09г.	0,25	2,31	0.016	0.20	0.0008	0.65	2,27	9.0	1,13	89	262
Р.Шумиха 07.07.09г.	4,22	4,17	0.26	0.75	0.022	2,10	3,57	12,2	5,3	98	309
Лемасово 07.07.09г.	0,43	5,8	0.068	0.79	0.028	2,65	2,09	8,7	4,06	29	134
Глубинная вода о. Байкал	1,32	4,19	0.011	0.41	0.01	1,32	2,31	6,33	0.38	11	114
ПДК рыбохоз.назнач	1,0	10,0	10,0	10.0	0.5	1,2	0.7	500.0	40.0	100.0	400.0

Проведенные исследования подтверждают ухудшение качества вод сбрасываемых осушительной системой Кабанского болотного массива. За прошедшие тридцать лет интенсифицировалось окислительное разрушение торфов, в результате чего в грунтовые и поверхностные воды интенсивнее стали поступать продукты их разложения – аммоний, нитрит-, нитрат-ионы, растворимые органические вещества. Стекающие с болотного массива поверхностные и подземные воды благоприятны для интенсивной миграции в растворенном состоянии железа, марганца, лития, молибдена, меди. Эти элементы обнаруживаются в концентрациях, превышающих ПДК, установленных для рыбохозяйственных водоемов и представляют опасность для биоты залива Лемасово оз. Байкал и р. Селенги.

Каков объем выносимых токсичных веществ с осушаемых земель Кабанского болотного массива в настоящее время, оценить сложно, так как нет достоверной информации по выносу загрязнений потоком грунтовых вод непосредственно в озеро в местах их выклинивания на побережье. Нами подсчитан ежегодный вынос загрязнений

поверхностными водотоками за период с мая по октябрь. Магистральным каналом выносятся 48 т/год сульфатов, 12 т/год нитратного азота и 2 т/год аммонийного азота. Река Шумиха выносит в оз. Байкал более 800 кг/год сульфатов, 900 кг/год нитратного азота и 168 кг/год аммонийного азота (Плюснин, Жамбалова, 2013). Нужно иметь в виду, что приведенные цифры отражают минимальный вынос веществ, так как не учитывают вынос загрязнений подрусловыми водами. Для получения более достоверных данных необходимы детальные работы по определению стока подземных вод на этом участке побережья оз. Байкал.

Контрольные вопросы

1. Какими водоемами представлена гидрографическая сеть Усть-Селенгинской впадины?
2. Каковы особенности гидрологического режима малых рек Усть-Селенгинской впадины?
3. Основные принципы работы кабанской осушительно-оросительной системы.
4. С чем связано загрязнение грунтовых вод в Усть-Селенгинской впадине аммонием и железом?
5. Где в Усть-Селенгинской впадине располагается островная многолетняя мерзлота?

4.5. Гидрометрические и гидрохимические исследования на реке Большая. Речка и магистральном канале КООС

Целью проводимых полевых исследований является определение водного режима рассматриваемых водотоков, под которым понимается закономерные изменения стока воды, скорости течения, уровня воды и уклонов водной поверхности во времени и вдоль реки (Михайлов, Добровольский, Добролюбов, 2007). Изменения режима реки происходит за счет колебания водности, под которой понимается количество воды переносимое рекой за какой-либо промежуток времени, в сравнении со средней многолетней величиной стока. Понятие «водность реки» используется для оценки изменения стока.

Во внутригодовом режиме рек выделяют три фазы: половодье, паводки, межень.

Половодье – это фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в один и тот же сезон и характеризующаяся наибольшей водностью, высоким и продолжительным подъемом уровня воды. Таяние снега на равнинах вызывает весеннее половодье; таяние высокогорных снегов и ледников, а также выпадение длительных и сильных летних дождей (в условиях муссонного и тропического климата) вызывает летнее половодье.

Паводок – это фаза водного режима, которая может многократно повторяться в различные сезоны года. Она характеризуется интенсивным, обычно кратковременным увеличением расходов и уровней воды, вызванными интенсивными дождями или снеготаянием. Расход воды паводка может превышать расход воды половодья, особенно на малых реках.

Межень – это фаза водного режима, ежегодно повторяющаяся в один и тот же сезон. Она характеризуется малой водностью, длительным стоянием низкого уровня воды в реке. В межень реки обычно питаются только за счет подземных вод. Выделяют два периода пониженного стока – летнюю и зимнюю межень.

На гидрометрических постах будет проводиться определение объема стока воды, которое проходит через данное поперечное сечение речного потока за какой-либо промежуток времени. Для его определения используют расход воды, под которым понимается объем стока воды за 1 с. Объем стока воды рассчитывается по формуле:

$$W = Q\Delta t$$

где W - объем стока, м^3 ; Q - средний расход воды за интервал времени Δt

Для определения расхода воды необходимо определить площадь поперечного сечения водного потока и измерить местные скорости течения воды. *Расход воды*, то есть количество воды, протекающей через живое сечение потока и единицу времени, - одна из главных гидравлических характеристик потока жидкости, по которой определяют другие его параметры: уровни воды, скорости течения, уклоны свободной поверхности, движение наносов и пр.

В гидрометрии наиболее распространен способ определения расходов воды, основанный на измерении местных скоростей течения гидрометрической вертушкой и площади живого сечения потока, этот способ называется «скорость – площадь».

Гидрометрические исследования на р. Большая Речка проводятся вс. Большая Речка, где имеются два навесных моста (рис. 11).

Первоначально проводится рекогносцировочное обследование. В месте прохождения практики, для чего прокладываются маршруты по обоим берегам реки. По результатам обследования составляется гидрографическое описание участка. Составляется план участка и составляется пояснительная записка. На плане отражаются заливы, осередки, перекаты. Расстояние между мостами составляет ~600 м, поэтому план вычерчивается в масштабе 1:2000. Его можно будет разместить на листе миллиметровой бумаги А4 и поместить в отчет по практике.

На правом берегу реки возле мостов оборудуются гидрологические посты. В створе каждого моста устанавливаются две водомерные сваи, которые охватывают амплитуду

уровней воды в межень и максимальный паводок. Репер водомерного поста установлен вне зоны затопления на высокой террасе. При нивелировке водомерного поста определяется высота уровня воды, для чего вровень с поверхностью воды забивается колышек. Для производства наблюдения за высотой уровня применяются стандартные водомерные рейки ГР-104.



Рисунок 11. Космоснимок с. Большая Речка.

Геодезической основой для всех гидрологических работ является магистраль, которая прокладывается с помощью теодолита по правому берегу реки между двумя мостами. Измерительной лентой отмеряются отрезки на магистрали по 50 м и фиксируются колышками. В результате геодезических работ, привязываются все излучины реки, и определяется перепад высот между водомерными постами. На основе проведенных гидрометрических работ может быть определен уклон водной поверхности в разные фазы водности реки.

Измерение площади живого сечения реки

На перила мостов прикрепляется шнур, предварительно размеченный на равные отрезки длиной один метр. С моста при помощи измерительной рейки через равные расстояния производятся измерения глубины водного потока с точностью до 1 см. По результатам измерений строится поперечный профиль распределения глубин в данном месте реки.

Измерение скорости течения в реке

Для рек характерен турбулентный режим движения воды и скорость течения в точке речного потока подвержена турбулентным пульсациям. Поэтому в каждой точке

речного потока местная мгновенная скорость это вектор, который раскладывается на три составляющие вдоль продольной, поперечной и вертикальной осей координат. Большинство гидрометрических вертушек измеряют продольную составляющую скорости, осредненную за некоторый интервал времени. Скорость обозначают буквой U . Местные осредненные скорости течения распределены в речном потоке неравномерно: наибольшие скорости наблюдаются на поверхности потока над наиболее глубокой частью русла, наименьшие – у дна и берегов.

Скорости течения измеряют на скоростных вертикалях, число которых и точек измерения скорости на вертикали зависит от состояния водотока, глубины потока и требуемой точности вычисления расхода (Железняков, Овчаров, 1993).

Среднюю скорость на скоростной вертикали вычисляют по одной из следующих формул, измеряя:

при свободном русле в пяти точках

$$U_{\text{в}} = 0,05U_{\text{пов}} + 0,347(U_{0,2h} + U_{0,6h}) + 0,173U_{0,8h} + 0,083U_{\text{дно}};$$

при монотонном убывании скорости от поверхности ко дну

$$U_{\text{в}} = 0,1(U_{\text{пов}} + 3U_{0,2h} + 3U_{0,6h} + 2U_{0,8h} + U_{\text{дно}});$$

в двух точках

$$U_{\text{в}} = 0,5(U_{0,2h} + U_{0,8h});$$

в одной точке

$$U_{\text{в}} = U_{0,6h}$$

При наличии ледяного покрова и растительности, измеряют в шести точках

$$U_{\text{в}} = 0,1(U_{\text{пов}} + 2U_{0,2h} + 2U_{0,4h} + 2U_{0,6h} + 2U_{0,8h} + U_{\text{дно}});$$

в трех точках

$$U_{\text{в}} = \frac{1}{3}(U_{0,15h} + U_{0,5h} + U_{0,85h});$$

в одной точке

$$U_{\text{в}} = KU_{0,5h},$$

Где K – поправочный коэффициент, $K=0,9$.

Результаты измерения скоростей и глубин воды на скоростных вертикалях заносит в таблицу для записи измерения расхода воды.

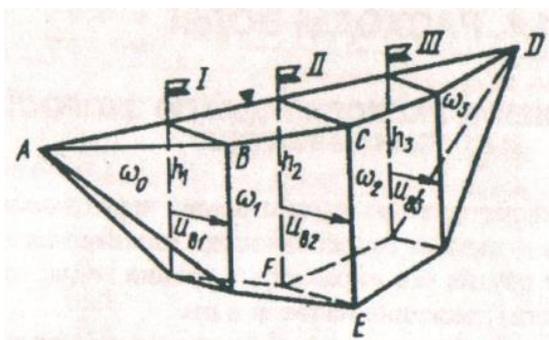


Рисунок 12. Схема к вычислению расхода воды аналитическим способом:

I, II, III – номера скоростных вертикалей

Можно воспользоваться двумя способами вычисления расхода воды по скоростям, измеренным гидрометрической вертушкой, и глубинам: аналитическим и графическим.

Аналитический способ применяют при детальном и основном способах измерения расхода. Он основан на рассечении модели расхода вертикальными плоскостями, перпендикулярными живому сечению, и определении расхода воды Q как суммы частичных расходов между соседними плоскостями, проходящими через скоростные вертикали. Расчетная схема к этому способу представлена на рисунке 12.

Сложную по форме модель расхода на этой схеме заменяют рядом правильных геометрических фигур (пирамид или призм), объем которых может быть подсчитан довольно просто.

Например, частичный расход воды между первой и второй скоростной вертикалями

$$\Delta Q_I = 0,5(U_{B1} + U_{B2})\omega_1,$$

где $U_{B1} + U_{B2}$ – средние скорости соответственно на первой и второй вертикалях;

ω_1 , - площадь живого сечения между этими вертикалями.

Аналогично подсчитывают частичные расходы воды и между другими скоростными вертикалями.

Для прибрежных участков, ограниченных урезами берегов, частичные расходы определяют по формулам

$$\Delta Q_0 = KU_{B1}\omega_0;$$

$$\Delta Q_n = KU_{Bn}\omega_n,$$

где $U_{B1} + U_{Bn}$ – средние скорости соответственно на первой и последней скоростных вертикалях; ω_0 и ω_n – площади живого сечения соответственно между урезом левого берега и первой скоростной вертикалью, между урезом правого берега и последней скоростной вертикалью; K – коэффициент для скоростей на прибрежных вертикалях. Для пологого берега с глубиной на урезе $h=0$ берут $K=0,7$, обрывистого берега из неровной стенки $K=0,8$, гладкой стенки $K=0,9$, мертвого пространства $K=0,5$.

Полный расход через все живое сечение вычисляют как сумму частичных расходов:

$$Q = \sum_{i=0}^{i=n} \Delta Q_i$$

Площади живого сечения $\omega_0, \omega_1, \dots, \omega_n$ между скоростными вертикалями вычисляются по результатам промерных работ. Средние скорости на скоростных вертикалях $U_{в1}, U_{в2}, \dots, U_{вn}$ вычисляются по формулам. Все вычисления заносятся в таблицу.

Гидрометрические измерения проводятся на двух навесных мостах.

В точках наблюдения производится измерение физико-химических параметров воды и отбирается проба воды для определения макрокомпонентного состава.

Аналогичный комплекс измерений и расчетов проводится на Магистральном канале Кабанской осушительно-оросительной системы. Точка наблюдения находится в районе залива Лемасово. В этом месте имеется мост через канал, выше моста можно оборудовать временный гидропост и провести все необходимые измерения.

По результатам проведенных исследований составляется отчет, в котором проводится сравнительный анализ установленных гидрологических и гидрохимических характеристик изученных водотоков.

Глава 5. Гидрологические и гидрохимические особенности водоемов восточного побережья Байкала

На восточном побережье Байкала располагается цепочка малых озер, которая протягивается в северо-восточном направлении, обрамляя котловину озера. Они располагаются, как правило, на удалении в несколько километров от побережья Байкала в хорошо выраженных в рельефе котловинах. В озерах заключены значительные объемы воды, хотя они и характеризуются относительно небольшим удельным водосбором. Многие из этих озер богаты разнообразной водной растительностью и имеют значительные рыбные ресурсы. Почти все озера имеют гидрокарбонатный натриевый тип вод, в то время как реки в регионе, в том числе впадающие в эти озера, имеют гидрокарбонатный смешанный по катионному составу тип вод, с преобладанием кальция. Установленные источники грунтовых вод, разгружающиеся на берегах озер, имеют минерализацию 0,2-0,3 г/л, в химическом составе преобладающими компонентами являются гидрокарбонат (90-93%-экв) и кальций (55-65%-экв). В рассматриваемой группе озер имеется одно минеральное с содовым химическим составом вод (Перязева и др., 2016).

5.1 Физико-химическая характеристика озер

Среди наиболее крупных из озер восточного берега Центральной котловины Байкала выделяются: Арангатуй, Бормашево, Шанталык, Лебязье, Духовое, Котокель, Дикое, Большое Духовое, Малое Духовое. На восточном побережье Южной котловины располагаются озера: Бакланье, Лесное, Черемуховое, Никиткино (рис. 13). Все озера относятся к водоемам с очень малым удельным водосбором, показатель которого (площадь водосбора/площадь озера) изменяется в основном в интервале 1 - 10. Тогда как средний удельный водосбор озер характеризуется значениями 8-32 (Дзюба и др, 1999).

Озера Арангатуй и Бормашево расположены на Баргузинско-Чивыркуйском перешейке в северо-восточной части Центральной котловины Байкала. Озеро Арангатуй имеет площадь зеркала 50,6 км², глубину 1-2 м, дно выравненное, заиленное. Абсолютная отметка уровня - 456 м. Питание озера осуществляется за счет стока реки Малый Чивыркуй с Баргузинского хребта и ручья Буртуй - с полуострова Святой Нос, а также за счет разгрузки грунтовых и трещинно-жильных вод. Озеро соединено протокой с Чивыркуйским заливом Байкала, куда вместе с водой поставляются биогенные вещества.

Озеро Бормашево имеет площадь зеркала 1,3 км², длину 1,5 км, максимальную ширину 1,2 км, среднюю глубину 2,2 м. Питание озера осуществляется атмосферными осадками и грунтовыми водами современных и верхнечетвертичных отложений. Озерная котловина бессточная, разгрузка озерных вод происходит за счет испарения. Уровень

воды ниже уровня Байкала на 0,5 м (Дзюба и др., 2002). Озеро хорошо прогревается летом, вследствие чего вода всегда теплая. В озере имеются отложения сапропеля. По материалам разведки месторождения грязевая залежь занимает большую часть озерной котловины. Она имеет двухслойное строение: верхняя часть (0,0-0,7 м) сложена сапропелями серого цвета, нижняя часть залежи (0,7-1,5 м) сложена сапропелем черного цвета. Средняя мощность грязевой залежи составляет 0,64 м, максимальная – 1,5м.

Озера на восточном побережье Центральной котловины располагаются в пределах небольших впадин, как правило, ограниченных с двух сторон массивами кристаллических пород. Озера Шанталык и Духовое располагаются у подножия западных склонов хребтов Голондинский. Озеро Шанталык расположено в 10 км к югу от устья р. Баргузин. Озеро располагается в котловине, наклоненной в сторону Баргузинской впадины. Питание озера осуществляется за счет атмосферных осадков и подземного стока. Через протоку и одноименную реку озеро соединяется с р. Баргузин. Котловина озера сложена современными четвертичными отложениями аллювиально-озерного генетического типа. Площадь водного зеркала озера 0,56 км², абсолютная отметка уровня воды – 461 м. Берега заболоченные, дно заиленное. Рельеф дна пологий, постепенно погружающийся к центру озера. Наибольшая глубина составляет около 1,0 м.

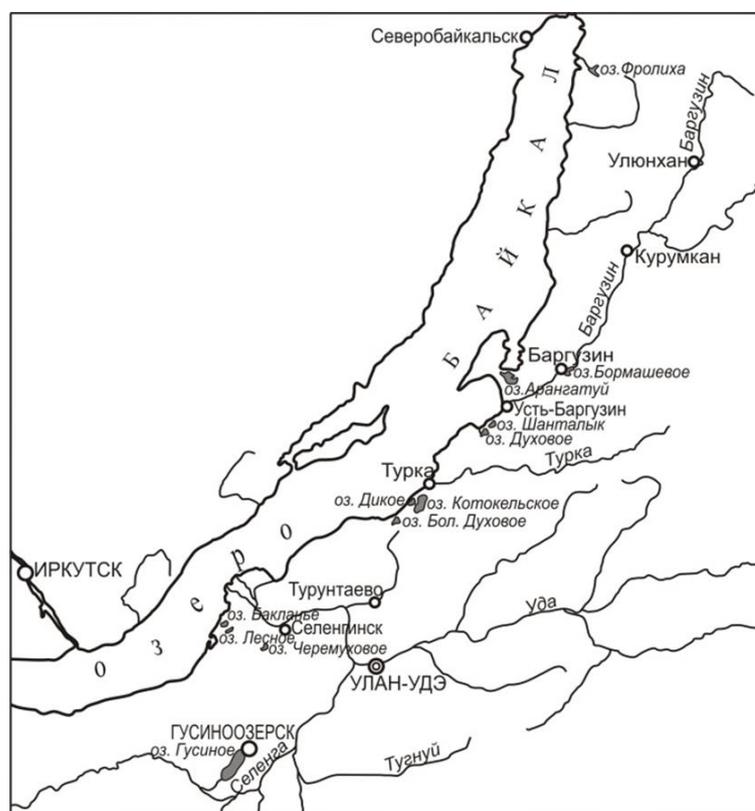


Рисунок 13. Схема расположения малых озер на восточном побережье Байкала

Озеро Духовое находится в 18 км юго-западнее п. Усть-Баргузин. Через одноименную реку оно соединяется с оз. Байкал. Площадь водного зеркала – 5,84 км², абсолютная отметка уровня воды составляет 514 м. Котловина озера выполнена верхнеплейстоценовыми озерными и голоценовыми аллювиальными отложениями. Берега озера заболочены, дно заилено. Рельеф дна пологий, наибольшая глубина 3,7 м.

Озера Котокель и Дикое располагаются у подножия хребта Улан-Бургасы. Озеро Котокель имеет площадь зеркала 62,9 км², абсолютная отметка поверхности воды 461 м, высота над уровнем Байкала составляет 5 м. Максимальная глубина - 14 м. Через реки Исток, Коточик, Турка озеро соединяется с Байкалом. Особенностью озера Котокель является его теплая вода. Прогрев воды в озере происходит быстро, к началу июня поверхностные слои имеют температуру 15-16°С, относительно высокая температура держится до конца августа (17-19°С). Озеро богато рыбой. Донные отложения представлены песками, песчанистым илом и водорослево-глинистыми и глинистыми сапропелями оливкового, зеленовато-коричневого и зеленовато-бурого цвета мощностью до 4 м, в среднем - 2 м (рис. 15). Разведанный участок сапропелевой залежи расположен в пределах Осиновой губы в западной части оз. Котокель. Площадь участка составляет около 500 тыс. м².

Озеро Дикое располагается в северной части Кикинской впадины в районе п. Гремячинск. Озеро имеет длину 1,6 км, ширину 0,6 км, глубину 1,0 м, площадь зеркала 0,6 км². Абсолютная отметка поверхности воды составляет 459 м. Поверхностного стока в озеро нет, питание озера происходит за счет подземного стока. Возможно, происходит перетекание воды по разлому из Котокеля. Озеро бессточное. Дно заиленное, интенсивно развита водная растительность.

Озера Бакланье, Черемуховое располагаются в пределах глубокой Усть-Селенгинской впадины, которая является суходольной частью южной Байкальской котловины. Озеро Бакланье имеет близкую к квадрату форму со стороной 0,8 км, площадь – 0,7 км², оно соединено протокой с озером Лесное и с магистральным каналом, дренирующим болотный массив. Глубина озера достигает 1,5-2,0 м. Дно озера интенсивно заилено, со дна периодически выделяется газ. Озеро Черемуховое имеет вытянутую форму, длинная сторона составляет 0,8 км, короткая – 0,3 км. Глубина достигает 1,5 м, площадь 0,4 км², дно заиленное. В озеро по каналу разгружаются дренажные воды болотного массива.

5.2. Геологическое строение территории

Вся территория восточного побережья Байкала имеет мелкоблоковое строение, в пределах которой выделяются участки с разной интенсивностью неотектонических движений (Будаев и др. 2012). На Баргузинско-Чивыркуйском перешейке котловины озер связаны с блоковыми подвижками, которые предопределили в целом становление перешейка. Блоки пород ограничены разломами северо-западного и северо-восточного направления. В этих направлениях и вытянуты котловины рассматриваемых озер.

В междуречье р. Баргузин и Турка преобладают разломы северо-восточной ориентировки, ограничивающие узкие протяженные блоки. Разломы были заложены в палеозое и в последующем неоднократно обновлялись, они характеризуются как сбросы. В кайнозое оживились тектонические движения, и возникла серия мелких депрессий, ориентированных, как и впадина Байкала, в северо-восточном направлении, в том числе и Шанталыкская впадина, в пределах которой расположены озера Духовое и Шанталык. От Байкала впадина отделена узким 300-метровым поднятием. Озера примыкают к сбросу, ограничивающему Шанталыкскую впадину с северо-запада, по нему же заложено русло р. Шанталык, которая течет в северо-восточном направлении и впадает в р. Баргузин. Также контрастно выражен в рельефе разлом северо-западного простирания, по которому заложено русло реки вытекающей из озера Духовое.

Южнее р. Турки до р. Кики рельеф имеет мозаичный характер, ступенчато повышающийся к юго-востоку. Мозаичность рельефа обусловлена густой сетью разломов нескольких направлений. Наряду с протяженными разломами северо-восточного направления, большую роль играют разломы северо-западной ориентировки. На участках их сближения и в разломных узлах имеются блоки с амплитудами опускания от 100 до 400 м. С разломами этой ориентировки связано формирование Кикинской и Котокельской впадин, которые представляют собой грабены. Наиболее погруженным является фундамент Кикинской впадины, его опускание происходило длительное время вплоть до голоцена. Кикинская впадина своим северо-западным бортом открыта в сторону Байкала, в этом месте располагается устье р. Кики. Юго-восточный бортовой разлом, ограничивающий Кикинскую и Котокельскую впадины, является сбросом с амплитудой опускания северо-западного крыла более чем на 300 м. Котокельская впадина отделена от Байкала узкой низкогорной перемычкой, протягивающейся вдоль побережья от устья Кики до Турки. Суходольное днище Кикинской и Котокельской впадин выполнено комплексом рыхлых осадков аквального, коллювиального и эолового генезиса. Исследование донных отложений оз. Котокель при помощи георадаров показали, что в

прибрежной зоне наблюдается нарушение их горизонтального залегания. Возможно, такое переслаивание донных отложений связано с новейшими тектоническими движениями.

Озера Бакланье и Черемуховое расположены на восточном побережье Южной Байкальской котловины и находятся в других геолого-тектонических условиях. Мощность осадочного чехла здесь достигает по геофизическим данным 5 км (Нефедьев, Булгаков, 1999). Тем не менее в пределах Усть-Селенгинской впадины проявляется воздействие тектонических событий связанных с рифтогенезом, в частности, установлено что разрывные нарушения проявляются аномальным потоком радона и гелия (Плюснин, Астахов, 2005). В эманациях свободного газа в озерах, болотах, магистральном канале кроме метана фиксируются азот, аргон, гелий, водород (Исаев, 2010). В зимнее время вдоль берега Байкала во льду образуются «пропарины», связанные с выделением газа. Набор газов указывает на их частичное поступление из кристаллического фундамента, на котором залегает чехол осадочных пород впадины. Изученные озера располагаются в пределах заболоченного Калтусного прогиба. Формирование химического состава вод в них в сильной степени зависит от окружающего болотного массива, который дренируется естественными и искусственными водотоками.

5.3. Гидрогеологические условия и процессы, определяющие химический состав воды озер

Подземные воды восточного побережья оз. Байкал представлены в основном грунтовыми водами аллювиальных отложений, трещинными водами гидрогеологических массивов и трещинно-жильными водами разломов. В аллювиальных отложениях осуществляется подрусловый сток в долинах рек. В котловинах, в которых располагаются озера, выделяются несколько водоносных горизонтов (Плюснин и др. 2008). Трещинные воды формируют ресурсы в пределах гидрогеологических массивов отрогов хребтов Улан-Бургасы и Голондинского. Эти хребты находятся в пределах воздействия рифтовых процессов. Экзогенная трещиноватость, в условиях растяжения, раскрыта, поэтому поверхностный сток незначителен, грунтовые воды в гидрогеологических массивах находятся на значительной глубине, местами до 150-200 м. Разгрузка их происходит грунтовым потоком в Байкал и малые озера.

Трещинно-жильные воды в районе связаны с разломами, главным образом сбросового типа. Эти воды разгружаются на рассматриваемой территории в виде источников азотных термальных вод (Змеиный, Кулинные Болота, Горячинский, Золотой Ключ). В связи с тем что вся рассматриваемая территория интенсивно раздроблена разрывными нарушениями, которые в условиях растяжения находятся в раскрытом

состоянии, азотные термы присутствуют вблизи поверхности во многих местах. Они могут оказывать непосредственное и косвенное влияние на химический состав поверхностных вод формирующих ресурсы за счет подземного стока, особенно в местах тектонического опускания на большую глубину коренных пород, что характерно для рассматриваемой территории. По оценке В.А. Голубева (2007), скрытая разгрузка теплых вод, формирующихся в интервале глубин от 0,3 до 1-3 км, на 1-2 порядка превышает выявленную разгрузку в известных термальных источниках. Поступление теплых вод происходит по открытым разрывным нарушениям, которые в большом количестве распространены в пределах кристаллических массивов на восточном побережье Центральной и Северной котловин Байкала. Разгрузка может происходить непосредственно в малые озера, в результате чего могут подогреться донные отложения и заключенные в них поровые воды. Как было показано ранее (Плюснин и др., 2013), химический состав трещинно-жильных вод в этом районе зависит от степени (длительности) взаимодействия воды с горной породой. Воды, относящиеся к сульфатному химическому типу, образуются при длительном взаимодействии воды с горными породами. А воды, неглубоко проникающие в горные породы, имеют гидрокарбонатный анионный состав.

Особенностью озер восточного побережья Центральной впадины оз. Байкал является то, что они имеют очень малую площадь водосбора поверхностных вод, к примеру, наиболее крупное из них, озеро Котокель, имеет удельный водосбор (площадь водосбора/площадь озера) всего 2,9. Вероятно, ресурсы озер формируются в значительной степени за счет подземных вод. Питание озера Бормашево осуществляется полностью за счет атмосферных осадков и подземных вод современных и верхнечетвертичных отложений. Вода этого озера имеет значительную минерализацию и относится к содовому химическому типу (табл. 8). В этом озере значительна концентрация хлорида, фторида, кремниевой кислоты. На рисунке 14 приведена схема размещения поверхностных и подземных вод в местах их выхода на поверхность на Баргузино-Чивыркуйском перешейке. Видно, что эта территория интенсивно разбита разрывными нарушениями, по которым во многих местах происходит разгрузка источников термальных вод.

Вблизи озер Арангатуй и Бормашево на обширной заболоченной площади в виде многочисленных теплых мочажин и малых озер проявляется разгрузка термального источника Кулиные Болота. Имеются многочисленные выходы газов, зимой во льду фиксируются пропарины. С полуострова Святой Нос сюда течет поверхностный водоток, который не замерзает зимой. На этой территории выделяется обширная область, где распространены сульфатные грунтовые воды. Имеются малые озера с сульфатным типом

вод. Некоторые озера в придонном слое имеют сульфатный тип воды. Несомненно, термальные воды оказывают влияние и на Бормашево озеро. Оно располагается в пределах разрывного нарушения северо-западного направления, по которому происходит разгрузка в озеро трещинно-жильных вод. Но в целом термальные воды, вероятно, не играют решающей роли в формировании ресурсов озера, так как его вода имеет относительно невысокую концентрацию сульфата.

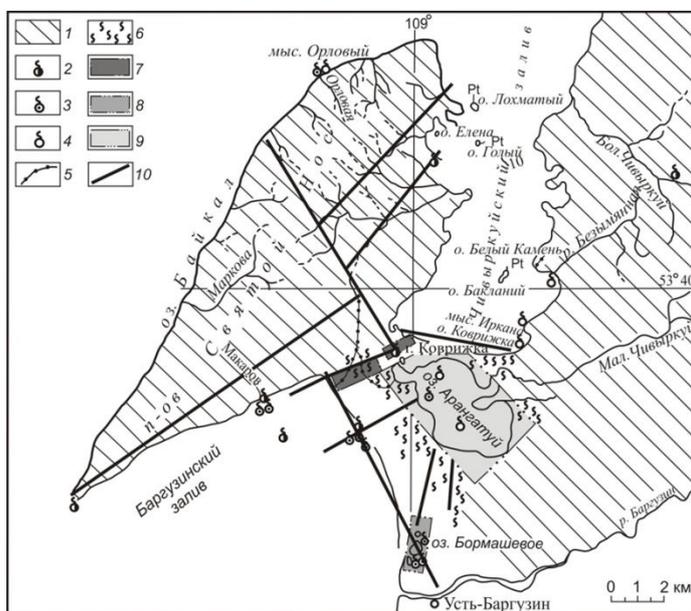


Рисунок 14. Геолого-гидрогеологическая обстановка Баргузино-Чивыркуйского перешейка по (Дзюба и др., 2002) с добавлениями автора. Условные обозначения: 1 – поле распространения кристаллических пород; 2 – термальные источники; 3 – выходы газов; 4 – пропарины; 5 – поверхностный водоток незамерзающий зимой, 6 – область распространения сульфатных грунтовых вод; 7, 8 – озера соответственно с сульфатным и гидрокарбонатным типом вод; 9 – озера с придонным слоем сульфатных вод; 10 – разломы.

Известно, что в анионном составе источника Кулиные Болота сульфат играет более значительную роль, вода этого источника относится к сульфатно-гидрокарбонатному типу (Плюснин и др., 2013). В чем же причина образования содовых вод в этом озере? По нашему мнению это происходит вследствие сильного испарения из озера теплой воды летом и интенсивного разложения остатков растительности зимой. Оба процесса приводят к увеличению в воде концентрации углекислого газа, гидрокарбонат- и карбонат-ионов, насыщению вод относительно карбоната кальция и высаживанию его из раствора.

Таблица 8. Макрокомпонентный состав поверхностных вод восточного побережья Байкала по данным опробования 14-17 мая 2015 г, мг/л.

Озеро	Na +K	Ca	Mg	HCO ₃	SO ₄	F ⁻	Cl	pH	CO ₂ своб.	Перм. окисл	TDS
Арангатуй	13	10	3	61,0	3,0	1,8	9	7,5	6,6	15,6	109
Бормашево	292	29	7,3	701,7	14,5	14,4	43	8,7	0,1	32,2	1135
Шанталык	10	5	3,0	42,7	2,3	1,3	4	7,4	4,4	17,7	83
Духовое	10	8	2,4	48,8	3,3	1,0	4	7,0	13,2	24,8	86
Котокель	18	4	3,0	63,3	3,6	0,6	3	7,4	7,7	8,2	112
Дикое	22	11	1,2	85,4	0,8	1,0	6	7,1	0,1	15,4	139
Черемуховое	26	53	9,1	259,3	5,3	1,1	4	8,1	13,2	12,5	336
Бакланье	7	35	6,7	140,3	8,6	0,8	3	7,9	6,6	19,8	223
Залив Байкала Лемасово	12	23	3,6	103,7	7,4	0,7	3	8,4	4,4	10,9	162
Магистральный канал, устье	10	31	6,7	115,9	27,0	0,1	2	7,0	5,5	12,7	209

Рассмотрим протекающие процессы подробнее. Сезонное отмирание растительности привело к накоплению в озере толщи сапропеля. При разведке месторождения сапропеля установлено, что грязевая залежь занимает большую часть озерной котловины. Она имеет двухслойное строение: верхняя часть (0,0-0,7м) сложена сапропелями серого цвета, нижняя часть залежи (0,7-1,5м) сложена сапропелем черного цвета. Средняя мощность грязевой залежи составляет 0,64м, максимальная – 1,5м. Известно, что сапропель представляет собой органоминеральные отложения на дне озёр, прудов, которые образуются за длительное время. Основой отложений выступают остатки живых организмов и водной растительности. Сапропель включает в себя органическую и минеральную составляющие. Органическая часть сапропеля образуется путем переработки ее микроорганизмами. Интенсивному развитию микроорганизмов благоприятствуют теплые придонные воды. В верхней части залежи сапропель в озере Бормашево окисленный, т.е. в сложившихся в настоящее время условиях происходит интенсивное окисление органического вещества, в результате этого накапливается один из конечных продуктов окисления - углекислый газ. В сформировавшихся кислотно-щелочных условиях (pH=8,7) углекислый газ трансформируется в гидрокарбонат- и карбонат-ионы, в результате взаимодействия карбоната с растворенным в воде кальцием

происходит высаживание кальцита, из раствора удаляются значительная доля кальция, магния и возрастает относительная доля натрия, воды приобретают гидрокарбонатный натриевый химический тип. Этот процесс в придонной воде озера активно протекает и зимой и летом, так как микроорганизмы активны в теплой воде. Возрастание минерализации в этом озере происходит за счет испарительного концентрирования, так как у него нет поверхностного стока. К тому же испарение интенсифицируется за счет подогрева воды. А.А. Дзюба и др. (2002) отмечали, что уровень поверхности озера находится ниже поверхности Баргузинского залива.

Несомненно, что все рассмотренные процессы по трансформации химического состава вод протекают и в оз. Арангатуй. В этом озере также сложились благоприятные температурные условия для развития водной растительности и животных, оно богато соровой рыбой, которой необходима теплая вода. Имеются отложения сапропеля. Отличается оно только тем, что здесь сложился более интенсивный обмен воды, поэтому минеральное вещество выносится в Байкал и озеро остается пресным.

Гидрокарбонат-анион доминирует в воде и во всех обследованных нами озер в междуречье Турка – Кика. Второй по значимости анион – сульфат – обнаруживается в этих озерах в количестве менее 5 мг/л. Водные ресурсы этих озер также частично формируются за счет разгрузки теплых трещинно-жильных вод, в озерах образуется сапропель. В воде и донных отложениях озер установилась нейтральная и слабощелочная среда, в силу чего сформировались благоприятные условия для высаживания карбоната кальция. Поэтому везде трансформация химического состава воды озер идет по содовому направлению, из раствора удаляются щелочноземельные элементы и накапливаются щелочные.

И здесь причиной трансформации химического состава вод озер по содовому направлению, по нашему мнению, является отепляющее воздействие глубинных трещинно-жильных вод. Эти воды имеют не высокую степень взаимодействия с породой, поэтому по анионному составу они гидрокарбонатные. Температура их, вероятно, не так высока, как на Баргузино-Чивыркуйском перешейке, но достаточная для развития богатой водной растительности, развития микроорганизмов, которые перерабатывают остатки растительных органических веществ в сапропель. Нами установлено, что в свободном газе, выделяющемся из донных отложений этих озер, обнаруживаются довольно высокие содержания азота, что указывает на разгрузку именно трещинно-жильных вод (табл. 10). Эти воды в разломах приобретают специфический геохимический облик. В некоторых озерах мы наблюдаем высокие содержания отдельных микроэлементов (табл. 9). К примеру, в оз. Духовом мы наблюдаем высокие содержания цинка, кадмия. Как

отмечалось, различия в микроэлементном составе вод в озерах могут быть в значительной степени обусловлены геохимической специализацией рудной минерализации в породах разломов (Плюснин, Перязева, 2012). В данном случае, вероятно, аномалии связаны с окислением и растворением сфалерита. В озера микроэлементы могут поступать как в результате разгрузки трещинно-жильных вод, так и с поверхностными водотоками, русла которых заложены по разрывным нарушениям, формирование конкретной ассоциации микроэлементов связано с влиянием разрывного нарушения определенного простирания. В силу того, что на формирование ресурсов и химического состава воды в озерах оказывают влияние разломы разного простирания, в рассматриваемых озерах наблюдается значительная дисперсия в содержаниях микроэлементов (см. табл. 9).

Таблица 9. Содержание щелочных, редких щелочноземельных и биогенных элементов в воде исследованных озер по данным ICPMS - анализа, мкг/л

Озеро	Li	Rb	Cs	K	Sr	B	Al	P	Mn	Fe
Арангатуй	49,98	0,71	0,02	3243	100	10,5	10	38	2	95
Бормашево	8,16	3,33	0,03	6579	256	91,9	72	875	20	580
Шанталык	2,91	1,05	0,015	1156	87	5,3	149	40	10	329
Духовое	2,86	2,46	0,012	1904	156	18,5	53	38	342	160
Котокель, с.Исток	6,5	0,8	0,011	1010	93	13,9	44	4	9	518
Котокель, с.Черемушки	4,6	1,1	0,079	1169	123	16,7	226	55	276	1584
Дикое	0,87	2,38	0,035	3274	62	21,4	25	18	27	88
Черемуховое	2,82	2,14	0,077		214	5,1	1	41	431	947
Бакланье	3,99	1,82	0,005	2321	145	14,0	5	87	231	1492

Наиболее сильное влияние разгрузка глубинных трещинно-жильных вод оказывает на микроэлементный и газовый состав воды в озерах Бормашево, Арангатуй и Котокель. В первых двух мы наблюдаем аномально высокие содержания вольфрама, которые характерны для азотных термальных вод. Причиной накопления вольфрама в термах является щелочная среда и повышенные содержания вольфрама в породах.

В оз. Котокель в свободном газе обнаруживаются очень высокие содержания гелия, которые превышают даже концентрацию этого газа в термальном источнике Кулиные Болота (табл. 10). В этом озере в пробе газа, отобранной в районе с. Исток, в газовом составе в подавляющем количестве присутствует азот, что характерно для азотных термальных вод. На рисунке 15 приведена схема размещения активных тектонических нарушений в районе оз. Котокель. Разломы северо-восточного простирания в

рассматриваемом районе представляют собой сбросы, которые подновились в результате общего вздымания побережья Байкала в голоцене. Они испытывают

Таблица 10. Состав свободного газа в пробах, отобранных в водопунктах на восточном побережье Байкала, % (прочерк – нет данных)

Место опробования	N ₂	Ar	O ₂	CH ₄	CO ₂	H ₂ · 10 ⁻³	He · 10 ⁻³
Лемасово, пропарина, залив оз. Байкал	22,57	2,4	0	74,8	0,8	-	-
Сухая, скважина, побережье Байкала	22,91	1,7	0	75,0	0,4	-	-
Кулиные Болота, источник	83,8	-	1,5	13,7	0	0,398	108,0
Горячинский источник	90,5	-	1,1	6,2	1,3	-	45,6
Арангатуйский источник	85,7	-	13,5	0,0002	0,07	0,09	0,292
Арангатуй, озеро	69,5	-	1,0	25,5	3,1	0,57	0,38
Бормашево, озеро	74,5	-	0,7	22,6	1,4	0,29	3,73
Шанталык, озеро	55,1	-	1,3	43,1	0,005	0,72	0,49
Духовое, озеро	41,07	-	0,76	51,04	6,56	6,39	0,28
Котокель, Исток, озеро	97,35	-	1,21	0,04	0,005	2,66	621,0
Котокель, Черемушки, озеро	31,28	-	0,04	66,93	1,01	0,98	3,42
Дикое, озеро	37,14	-	0,68	59,69	1,73	2,09	0,24

растяжение в сложившихся тектонических условиях перемещения в горизонтальном направлении и по ним, вероятно, до сих пор в результате изостазии после таяния ледников происходят подвижки между блоками в вертикальном направлении. Они остаются открытыми для движения вод, на глубине они гидравлически связаны друг с другом, так как блоки, которые они разделяют, представляют собой пластины. Вода проникает в эту систему разломов в отрогах хребта Улан-Бургасы, возможно в долинах рек Зезиванда, Хаим. Глубина проникновения вод, вероятно, составляет несколько сот метров, поэтому они имеют невысокую температуру (не более 20 °С). Общее направление движения этих вод – в сторону Байкала. В районе Котокельской и Кикинской впадин, которые представляют собой глубоко опущенные блоки пород, происходит их перехват и дренаж на поверхность. Вероятно, наиболее активно разгрузка этих вод происходит по разлому, ограничивающему эти впадины с юго-востока. А наиболее глубоко проникшие в недра воды разгружаются по субпараллельным разломам северо-восточного направления, расположенным ближе к Байкалу. Интенсивно разгрузка этих трещинно-жильных вод происходит в местах пересечения разломов северо-восточного и северо-западного

направлений. Косвенным подтверждением разгрузки вод в акватории оз. Котокель является расположение песчаных отложений на его дне. В основном дно озера покрыто илом, а в местах предполагаемой нами разгрузки трещинно-жильных вод ил не накапливается, сносится в другие части озера. По М.М. Кожову, «дно наиболее глубокой части озера – пролива между островом и западным берегом сплошь песчаное... обширная полоса покрывает дно северо-восточной части, которая широким языком вдоль восточного берега проникает на юг» (Озеро Котокельское...2013). По разлому, проходящему под акваторией озера и пересекающему остров, по которому заложено русло р. Исток, вероятно, происходит разгрузка наиболее глубинных и теплых вод (рис. 15). Здесь мы наблюдаем в газовых эманациях аномальные содержания гелия, азота. Проба озерной воды, отобранная в этом месте (с. Исток) резко отличается повышенным содержанием натрия, в том числе и от пробы, отобранной в этом же озере в районе с. Черемушки. На продолжении этого разлома в западном направлении располагается разведанное месторождение сапропеля (Осиновая губа). Все это подкрепляет наше предположение о разгрузке в этом районе теплых трещинно-жильных вод.

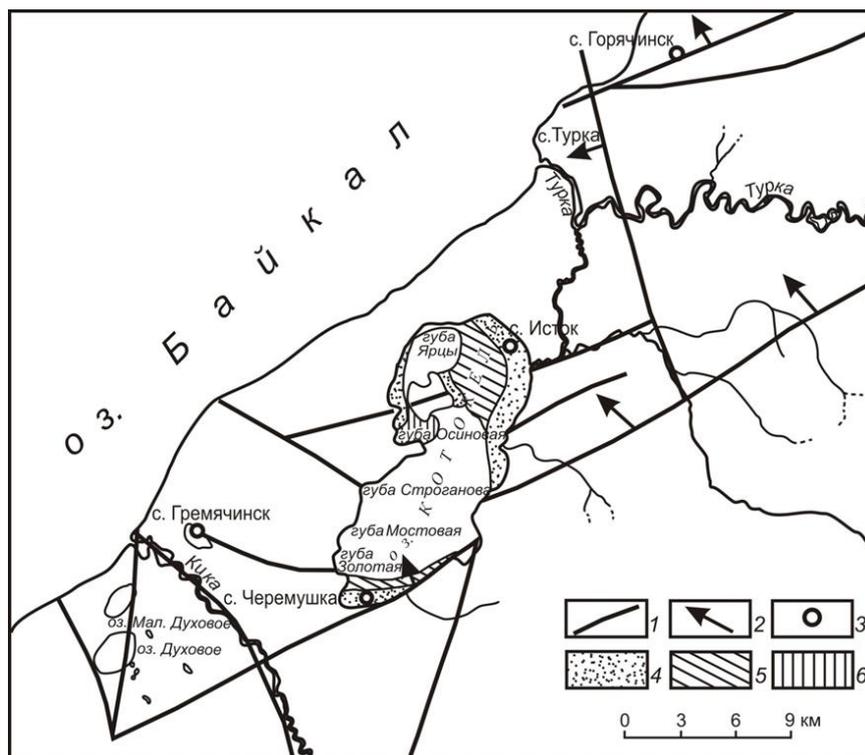


Рисунок 15. Размещение озер в Кижинской и Котокельской впадинах.

Условные обозначения: 1 – активные разрывные нарушения, 2 – направление падения сбросов, 3 – места отбора проб воды и свободного газа, 4 – песчаные отложения, 5 – песчано-илистые отложения, 6 – месторождение сапропеля.

По разлому западно-северо-западного направления из оз. Котокель (Золотая Губа), вероятно, происходит подпитка оз. Дикое. В этом разломе вода при фильтрации обогащается медью, цинком, кадмием. Разлом этот сформирован в результате наклона блока пород в северной части Кикинской впадины в юго-западном направлении. Он раскрыт в верхней части и зажат на глубине. Поэтому вода из оз. Котокель не уходит глубинным стоком в Байкал, а вблизи поверхности перемещается в оз. Дикое. Эта составляющая питания оз. Дикое является наиболее значимой, так как водосборная площадь этого озера небольшая, а оно не пересыхает даже в засушливые годы (Перязева и др., 2016).

Косвенное влияние на состав озерных вод оказывают газовые эманации метана, которые проявляются, в частности, в виде грязевых вулканов на Баргузинско-Чивыркуйском перешейке и в котловине оз. Котокель. Выделения свободного газа также образуют пропарины во льду вдоль восточного берега Байкала и на оз. Арангатуй, свободный газ выделяется из глубокой скважины в с. Сухая. В газовом составе эманаций доминируют метан и азот, в таблице 10 приведены данные анализа свободного газа, пробы которого отобраны в пропаринах льда Байкала и в некоторых малых озерах. Метан частично окисляется до углекислого газа, забирая из вод кислород, и также способствует формированию вод содового натриевого типа. Метан этот имеет биогенное происхождение, на что указывалось в работе (Намсараев, Земская, 2000).

Озера на восточном побережье Южной Байкальской котловины находятся в совершенно других геологических условиях. Рифтогенные процессы на этой территории также протекают, но большая мощность осадочных пород сглаживает их влияние. Разгрузки в озера глубинных, теплых трещинно-жильных вод здесь не наблюдается. Вода в этих озерах постоянно холодная. Микробиологические процессы преобразования органического вещества заторможенные. Углекислого газа образуется мало, щелочноземельные элементы не удаляются из раствора. По химическому составу она относится к гидрокарбонатному магниевно-натриево-кальциевому типу. В воде озер доминируют кальций и магний, а натрий и калий составляют в катионном составе всего 12-25 %-экв. Определяющее влияние на формирование ресурсов и химического состава воды оказывает заболоченная местность. В озерах сложилась глеевая восстановительная обстановка, которая задается значительным количеством разлагающихся растительных остатков. В осадках этих озер доминирует гумусовая органика, которая сносится с окружающей территории в результате разложения растительных остатков. В воде мало кислорода, в выделяющемся со дна свободном газе доминирует метан.

5.4. Учебная практика студентов на водоеме

Во время проведения практики в зависимости от того какой водный объект принимается для обследования могут формулироваться различные планы работ. Общим для всех водных объектов является определение основных морфометрических показателей. На основании картографического материала определяется длина, максимальная ширина, площадь водоема. Рассчитывается средняя ширина. Определяются основные притоки, за счет которых формируются водные ресурсы. Проводится маршрутное обследование береговой полосы, выбирается место для проведения работы на водной поверхности водоема. На месте проведения практических занятий проводится инструктаж безопасного поведения на плавсредствах. Затем студенты обучаются методам измерения глубины водоема, физико-химических параметров воды на разной глубине, отбору проб глубинной воды для проведения химического анализа. В результате проведения полевых работ будет получен фактический материал, на основании которого будет дана гидрологическая характеристика водоема. В полевых условиях необходимо составить схему обследования водоема с местами измерения физико-химических параметров, отбора проб воды для проведения анализа.

Заключение

Приведенные в методическом пособии сведения о геологическом строении, гидрологии восточного побережья оз. Байкал необходимо использовать при написании отчета по полевой практике. Отчет рекомендуется структурировать, при этом придерживаться следующей схемы размещения материала. Во введении необходимо сформулировать цель и задачи практики, представить состав группы, руководителя, время и место проведения практики. В первой главе привести описание рельефа исследуемой территории, обратить внимание на его особенности. Во второй главе дать описание геологического строения района. Особое внимание обратить на характеристику четвертичных отложений, указать на различные генетические типы четвертичных отложений в порядке их последовательности формирования. Третью главу посвятить геологической деятельности поверхностных и подземных вод. В четвертой главе привести методику проведения гидрологических исследований на водных объектах, с описанием использовавшихся приборов и оборудования. В пятой главе привести полученные результаты измерения гидрологических параметров, гидрохимических показателей водных объектов. В шестой главе провести обсуждение полученных результатов и выводы. В заключении необходимо подвести итоги всех наблюдений.

Глоссарий геолого-гидрологических терминов

Абрис – в геодезии схематический план, сделанный от руки, с обозначением данных полевых измерений, необходимых для построения точного плана или профиля.

Блеск – способность отражать свет от поверхности. По интенсивности выделяют следующие виды блеска:

- **металлический** – золото, медь, серебро, пирит, галенит, арсенопирит и др.;
- **полуметаллический** – хромит, магнетит, гематит и др.;
- **алмазный** – алмаз, сера, сфалерит, касситерит;
- **стеклянный** – кварц, корунд, кальцит, магнетит, флюорит, гранат, амфибол.

Разновидность стеклянного блеска – жирный;

- **матовый** – тонкодисперсные минералы, встречающиеся в землистых массах (лимонит, каолинит);

- **шелковистый** – у минералов с волокнистым строением (асбест, гипс);

- **перламутровый** – у минералов со слоистой структурной и весьма совершенной спайностью (слюды).

Вкус – некоторые минералы имеют вкус, который является одним из главных диагностических признаков (каменная соль – соленый вкус; сильвин – горьковатый; карналлит – острый горько-соленый вкус).

Гигроскопичность – свойство минералов поглощать воду из воздуха. Некоторые минералы при этом расплываются (карналлит – в соляных месторождениях на воздухе быстро сыреет).

Запах – при ударе и нагревании минералов; чесночный запах у арсенопирита; запах глины у каолинита при увлажнении.

Излом – это раскалывание с образованием неровных поверхностей у минералов. Выделяют следующие виды излома:

- Раковистый (кварц, опал, халцедон) – поверхность раскола напоминает створки раковины;
- ступенчатый (кальцит, полевые шпаты) – при наличии совершенной спайности в двух направлениях;
- неровный (апатит, пирит) – характерен для минералов с плохой спайностью;
- занозистый (гипс) – у минералов с волокнистым или игольчатым строением;
- крючковатый (золото) – поверхность излома имеет мелкие крючочки.

Ковкость – способность расплющиваться при ударе (медь, серебро, золото, халькозин); стальная игла оставляет блестящий след на поверхности минералов, обладающих ковкостью.

Люминесценция – способность светиться под влиянием различных факторов: при нагревании (флюорит), при облучении катодными, ультрафиолетовыми и рентгеновскими лучами (алмаз, шеелит).

Магнитность – способность притягивать железные предметы вследствие высокой намагниченности (магнетит, пирротин). Определяется с помощью магнитной стрелки или магнита. Минералом очень медленно проводят над компасом или прикладывают магнит к минералу.

Мергель – осадочная горная порода смешанного глинисто-карбонатного состава: 50-75% карбонат (кальцит, реже доломит), 25-50% нерастворимый в воде остаток. Широко применяется в цементной промышленности.

Прозрачность – способность минералов пропускать свет. В связи с этим выделяют прозрачные (кварц), полупрозрачные (сфалерит) и непрозрачные (пирит) минералы.

Растворимость в кислотах – с выделением пузырьков газа «вскипание» (кальцит, доломит).

Растворимость в воде – характерна для хлоридов (галит).

Спайность – способность минералов раскалываться по определенным направлениям, параллельно граням кристаллов, с образованием ровных поверхностей спайности.

- **весьма совершенная**– кристалл легко расщепляется на тонкие зеркальные пластинки. И получить излом иначе как по спайности весьма трудно (слюды, тальк, хлорит);

- **совершенная** – при ударе кристаллы раскалываются только по определенным направлениям с образованием ровных гладких поверхностей, по другим направлениям расколоть их очень трудно (галенит, сфалерит, кальцит, флюорит);

- **средняя**– при расколе образуются гладкие плоскости по спайности и неровные поверхности по другим направлениям (полевые шпаты);

- **несовершенная** – при расколе образуются неровные поверхности, спайные участки редки (касситерит, апатит);

- **весьма несовершенная** – при расколе возникают неровные поверхности, ровные спайные участки отсутствуют (кварц, золото);

Твердость – способность оказывать сопротивление внешнему механическому воздействию (царапанию). Для определения относительной твердости существует эталонная шкала Мооса (см. табл. 11), состоящая из 10-ти минералов, каждый из которых тверже предыдущего.

При определении твердости пользуются ногтем – 2, бронзовой монетой – 3,5, стальной иглой – 5, стальным ножом – 5,5-6, стеклом – 5,5, напильником – 7.

Таблица 11. Шкала твердости минералов (шкала Мооса)

Твердость	Минерал	Простой способ определения твердости
1	Тальк	Скоблится ножом
2	Гипс	Царапается ногтем
3	Кальцит	Царапается медной монетой
4	Флюорит	Легко царапается перочинным ножом
5	Апатит	С трудом царапается перочинным ножом
6	Ортоклаз	Царапается напильником, оставляет царапину на стекле
7	Кварц	Царапает стекло
8	Топаз	Царапает кварц
9	Корунд	Царапает топаз
10	Алмаз	Не царапается ничем

Иногда за царапину ошибочно принимают след, оставленный мягким минералом на поверхности твердого минерала. Такая «царапина» легко стирается.

Упругость – свойство изменять форму под действием деформирующих сил и вновь восстанавливать после удаления деформации (слюды).

Хрупкость – свойство крошиться при царапании иглой или ножом, т.е. давать «пылеватую» матовую черту с темным порошком по краям (блеклая руда), или ломаться при изгибе (хрупкие слюды).

Цвет (окраска) – способность пропускать свет определенной волны. В обычной практике при определении цвета минералов прибегают к сравнительной оценке, сопоставляя его с окраской хорошо известных веществ. Поэтому широко пользуются двойными названиями цветов минералов, например: молочно-белый кварц, желто-зеленый эпидот, кармино-красная киноварь.

Цвет черты (порошка) – получают при проведении минералом по бисквиту – неглазурованной фарфоровой пластинке. Цвет черты более постоянен, чем цвет минерала. Цвет черты либо совпадает с цветом минерала (черная у магнетита), либо резко отличается (черная у латунно-желтого пирита). Минералы с металлическим или полуметаллическим блеском дают черную или серую черту; с алмазным – окрашенную; со стеклянным – бесцветную или светлую. Не дают черты темноокрашенные минералы с алмазным и стеклянным блеском с твердостью выше 7 (касситерит, гранат, корунд).

Список использованной литературы

1. Бурятия. Природные ресурсы. Улан-Удэ, Изд-во БГУ.1997, 320 с.
2. Войтковский К.Ф. Основы гляциологии. Москва, Наука, 2000., 340 с.
3. Геологический словарь. М.: 1978. В двух томах. Т. 1. 486 с. Т. 2. 455 с.
4. Голубев В.А. Кондуктивный и конвективный вынос тепла в Байкальской рифтовой зоне. – Новосибирск: Гео, 2007. – 222 с.
5. Биохимическое потребление кислорода URL:
<http://www.anchem.ru/literature/books/muraviev/026.asp>.
6. Будаев Р.Ц., Татьков Г.И., Коломиец В.Л. Тектоническое и литологическое строение юго-западной ветви Баргузинского рифта для оценки риска возникновения опасных природных процессов в восточном Прибайкалье // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2012. – Т.14, №1(8). – С. 2036-2039.
7. Дельта реки Селенги – естественный фильтр и индикатор состояния озера Байкал. отв. ред. А.К. Тулохонов, А.М. Плюснин. – Новосибирск: изд-во СО РАН, 2008, - 314 с.
8. Демин А.Н. Основы инженерной геологии. Иркутск: Урангеологоразведка, 2011. – 181 с.
9. Дзюба А.А., Тулохонов А.К., Абидуева Т.И., Кулагина Н.В., Черных Л.А. Палеогеографические аспекты формирования соленых озер Баргузинской котловины // География и природные ресурсы. – 1999. - № 4. - С. 65- 73.
10. Дзюба А.А., Кулагина Н.В., Абидуева Т.И., Черных А.Л. Минеральные озера Баргузинско-Чивыркуйского перешейка // География и природные ресурсы. – 2002. – № 2. – С. 61-67.
11. Железняков Г.В., Овчаров Е.Е. Инженерная гидрология и регулирование стока. Учебник. – М.: Колос, 1993. – 464 с.
12. Исаев В.П. Геохимия нефти и газа: курс лекций. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. – 197 с.
13. Костенко Н. П. Геоморфология. М.: Изд-во МГУ, 1999. – 215 с.
14. Лурье Ю. Ю., Рыбникова А.И. Химический анализ производственных сточных вод. 4-е изд. – М, 1970. – 335 с.
15. Маниева В. И. Экологический мониторинг поверхностных водных объектов. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ. 2008. 108 с.
16. Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., Добролюбов С.А. Гидрология: учебник для вузов. – 2-е изд. испр. – М.: Высш. шк., 2007. – 463 с.

17. Намсараев Б.Б., Земская Т.И. Микробиологические процессы круговорота углерода в донных осадках озера Байкал. – Новосибирск: Гео, 2000. – 160 с.
18. Нефедьев М.А., Булгаков С.Б. Региональные и локальные аномалии силы тяжести Байкальской рифтовой зоны и проблемы снятия регионального фона. Состояние и перспективы развития минерально-сырьевого и горно-добывающих комплексов Республики Бурятия. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1999. – С. 120-126.
19. Озеро Котокельское: природные условия, биота, экология. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. – 340 с.
20. Перязева Е.Г., Плюснин А.М., Гармаева С.З., Будаев Р.Ц., Жамбалова Д.И. Особенности формирования химического состава вод озер восточного побережья Байкала. География и природные ресурсы. – 2016. – №5. – С. 49-59.
21. Плюснин А.М., Астахов Н.Е. Эманации газов в Усть-Селенгинской впадине. Основные факторы и закономерности формирования дельт и их роль в функционировании водно-болотных экосистем в различных ландшафтных зонах. Улан-Удэ, ГУЗ РЦМП МЗ РБ, 2005. – С. 109-111.
22. Плюснин А.М., Жамбалова Д.И. Влияние мелиорации на экологическое состояние поверхностных и подземных вод Усть-Селенгинской впадины. Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2013. – №5. – С. 399-404.
23. Плюснин А.М., Кислицина Л.Б., Жамбалова Д.И., Перязева Е.Г., Удодов Ю.Н. Особенности формирования химического состава грунтовых вод в дельте реки Селенга // Геохимия. – 2008. – №3. – С. 243-252.
24. Плюснин А.М., Замана Л.В., Шварцев С.Л., Токаренко О.Г., Чернявский М.К. Гидрогеохимические особенности состава азотных гидротерм Байкальской рифтовой зоны // Геология и геофизика. 2013. – Т.54, №5. – С. 647-664.
25. Плюснин А.М., Перязева Е.Г. Гидрологические и гидрохимические особенности озер Еравнинской котловины // География и природные ресурсы. 2012. – №2 – С. 67-74.
26. Раткович Д.Я. Динамика речных русел. – М.: ГЕОС, 2007. – 156 с.
27. Резников А. А., Муликовская Е.П., Соколов И.Ю. Методы анализа природных вод. М. 1970. – 427 с.
28. Энциклопедический справочник «Бурятия». Т.1. Природа. Общество. Экономика. – Улан-Удэ, ЭКОС, 2011. – 328с.

Учебное издание

Алексей Максимович Плюснин

**ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА
на восточном побережье Байкала**

Учебно-методическое пособие

Редактор: Р.А. Багаева

Подписано в печать 03.03.2020. Формат 60x84 1/8
Усл. печ. л. 7,44. Тираж 150 экз. Заказ №

Издательство ВСГУТУ
670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40 в