

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии.
2013. – Т. 22, № 4. – С. 128-136.

УДК 556.3

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЗОНЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОСЕТИТЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ТАГАНАЙ»

© 2013 М.С. Серeda

Национальный парк «Таганай», г. Златоуст, Челябинская обл. (Россия)

Поступила 08.08.2013

В работе представлены результаты исследований водотоков НП «Таганай» в зоне интенсивной рекреационной нагрузки с целью характеристики их экологического состояния по гидрохимическим и санитарно-эпидемиологическим показателям. В ходе работ проведены документация и опробование 15 водопроявлений, из них: 3 родника, 6 ручьев, 4 прудовых водоема, 2 скважины. Выявлены источники загрязнения вод. Даны рекомендации по проведению комплекса научно-технических работ, направленных на оздоровление сложившейся экологической ситуации.

Ключевые слова: национальный парк, родники, пруды, ручьи, болота, источники загрязнения, геохимические аномалии, самоочищение воды, качество воды, санитарные нормы.

Sereda M.S. Hydrogeological studies in the area for visitors to the National Park «Taganay» – The paper presents the results of research streams NP "Taganay" in the zone of intense recreational pressure in order to characterize their ecological status by hydrochemical and sanitary-epidemiological indicators. In the course of the work performed documentation and testing of 15 water seepage, among them: spring 3, 6 streams, ponds pond 4, 2 wells. Identified sources of water pollution. The recommendations on the conduct of a range of scientific and technical work aimed at improving the current environmental situation.

Key words: national park, springs, ponds, streams, wetlands, pollution sources, geochemical anomalies, self-cleaning, water quality and sanitary standards.

Физико-химический состав и режим природных вод веками формировались за счет контакта с окружающей средой (минеральными компонентами, биологическими объектами и атмосферными явлениями) и в настоящее время всё больше определяются хозяйственной деятельностью человека. Именно поэтому, большой редкостью в природе становится присутствие вод с естественным влагооборотом, обеспечивающим самоочистку воды, что применительно как к поверхностным, так и к подземным водам. Всё ближе человек в использовании воды продвигается к начальным участкам формирования стока – к родниковым выходам подземных вод. Однако, вследствие повсеместного наруше-

Марина Сергеевна Серeda, зам. директора по научной работе и экологическому просвещению, np-taganay@taganay.org

ния экологического равновесия геосферы, качество жидкого природного ресурса порой далеко от соответствия нормам питьевой воды.

Исследования проводились с целью оценки экологического состояния водотоков НП «Таганай» по гидрохимическим и санитарно-эпидемиологическим показателям в зоне интенсивной рекреационной нагрузки.

В ходе работ было задокументировано и опробовано 15 водопроявлений, из них: 3 родника, 6 ручьев, 4 прудовых водоема, 2 скважины.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ВОДОТОКОВ НА УЧАСТКЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Таганайский родник, расположенный на территории Центральной усадьбы парка, относится к трещинно-поровому восходящему типу. Слабо напорные воды приурочены к пачке дислоцированных метаморфизованных пород (кристаллические сланцы верхнего протерозоя – PR2). Питание смешанное (грунтово-инфильтрационное). Разгрузка в виде ручья осуществляется в Большое Тесьминское водохранилище. Исток имеет хороший дренаж, выше и ниже по течению ручья – болото. Почва насыпная, задернованная, на небольших участках – мелкий щебень. Растительность представлена культурами ели и пихты, ольшаником. Травяной покров преимущественно рудеральный (манжетка, одуванчик, тмин, щавель конский, подорожник, лопух, лабазник, крапива, мать-и-мачеха, гравилат речной, герань, осока). Исток каптирован глухим срубом. Вывод воды осуществляется через трубу в отдельный сруб, расположенный ниже по склону в 3 м, оборудованный бетонированным фундаментом и отводным лотком. Питание родника осуществляется за счет болота переходного типа, представляющего собой заболоченную систему выходов подземных вод на поверхность. Болото примыкает к автодороге грунтового типа сообщением Златоуст – Магнитка, отсыпка которой на первоначально болотистом участке, приуроченном к пологому склону, привела к перераспределению стока, интенсивно подтопив территорию ниже дороги и частично дренировав территорию выше дороги. Под полотном дороги проходит водоотводящая труба, через которую водоток появляется только во время весеннего паводка и летних ливней.

Используется родник Таганайский для водоснабжения объектов туристической инфраструктуры Центральной усадьбы и местного населения.

В 10 м южнее родника расположен Таганайский пруд, который имеет искусственное происхождение. Котлован пруда пройден с помощью бульдозера в 1980-1992 гг. Породы вскрыши представлены красно-коричневым суглинком, тяжелым, слюдистым, с дресвой, щебнем и глыбами сланца и кварца в количестве 40%. Коренные породы представлены сланцем кристаллическим кварц-гранат-слюдистого состава, с прослоями рухляка.

Заполнение чаши пруда происходило посредством естественных выходов подземных вод, вскрытых в результате проходки котлована в течение июля 1992 г. Максимальная глубина водоема составляет порядка 3 м. Водоспуск в нижнем бьефе оборудован трубой. Площадь акватории составляет 2546 м². В

2004 г. в пруду короткое время обитал бобр; периодически появляется популяция ондатр, водится плотва, верховка, ерш.

В пределах усадьбы расположены две скважины. Первая пробурена на территории арендуемого участка приюта «Белый ключ-низ». Глубина скважины составляет 26 м. Появление воды зафиксировано на глубине 13,0 м. Скважина каптирована обсадной трубой $d=172$ мм и электронасосом. Уровень воды составляет 8,5 м (531 м абс. отм.). Вода из скважины используется для технических целей. Вторая скважина пройдена в 1983 г. ручным способом в подполе жилого дома лесника, где ныне располагается Музей Природы. Глубина скважины составляет 2,5 м от поверхности земли, уровень воды равен 2,4 м. Скважина обсажена асбестовой трубой диаметром 250 мм на полную глубину.

В 300 м к северу от Центральной усадьбы находится небольшое озеро, представляющее собой естественную запруду, образованную в результате подпора подземных вод при отсыпке полотна старой лесовозной дороги. Питание озера осуществляется за счет атмосферных осадков и болота, расположенного выше по склону в ССЗ направлении. Протяженность болотистого участка питания составляет 90 м (мелкие ручейки, мочажины). Разгрузка осуществляется в пологую ложбину, расположенную ниже по склону (за дорогой, под полотном которой проложена водоотводящая труба, соединяющая озеро и ложбину). Постоянного водотока в ложбине нет, а переувлажнение почво-грунтов наблюдается лишь в весенний паводок. Ниже по склону ложбина выклинивается в пологий сухой дренажный склон.

В 1250 м к ССЗ от Центральной усадьбы в районе бывшего военного городка расположен Прозрачный пруд, представляющий собой искусственную выемку в грунте, заполненную водами ручья, стекающего с восточного склона Назменского хребта. Вода в пруду исключительно прозрачная. Дно частично грунтовое, частично заросшее. Глубина около 1,5 м. Водоспуск осуществляется через металлическую трубу $d\sim 300$ мм. Ниже по склону водоспускной ручей рассредоточивается несколькими руслами по заболоченной местности, затем, на выходе из болота сливается в единое русло и бежит вдоль Кедровника и садов «Учитель», далее впадая в р. Каменку.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УЧАСТКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Подземные воды на участке исследований приурочены к пачке дислоцированных метаморфизованных пород – кристаллических сланцев с редкими прослоями кварцитов верхнего рифея (R3). Водоносный горизонт представлен трещинно-грунтовыми водами, которые в пределах Центральной усадьбы имеют естественный выход (род. Таганайский), а также вскрыты скважинами. Направление движения подземного потока (ЮЮЗ на ССВ) определено по трем точкам треугольника с абс. отм. 537 м, 535 м и 531 м путем интерполяции гидроизогипс пьезометрической поверхности по линиям тока – по нормали от гидроизогипсы с наибольшей абсолютной отметкой к гидроизогипсе с наименьшей абсолютной отметкой. Глубина залегания подземных вод на участке составляет от 0 до 8 м от поверхности земли. Мощность водоносных пород, приуроченных

к верхней трещиноватой зоне выветривания, достигает 20-30 м (Руководство по..., 1984). Воды, в основном, безнапорные (слабо напорные), со свободной поверхностью. Питание водоносного горизонта, в основном, инфильтрационное (атмосферные осадки), а также за счет поверхностных и конденсационных (образующихся путем конденсации водяных паров атмосферного воздуха в трещинах и пустотах горных пород) вод. Гидравлически связаны с подземными водами соседних трещин и поверхностными водами, где и осуществляется их основной дренаж. Дебит определен в роднике Таганайский и колеблется от 15 до 30 л/мин.

Зона аэрации метаморфического комплекса пород верхнего протерозоя представлена элювиально-делювиальными отложениями, а также коренными породами, трещины которых часто остаются открытыми, благодаря их твердости. Благодаря этому в зоне аэрации на исследуемом участке интенсивнее происходят процессы естественного газообмена почвенного воздуха с атмосферным воздухом, а также водообмена инфильтрационных и инфилюационных вод с водами зоны насыщения. Грунты зоны аэрации содержат гравитационную, а также связанную и капиллярную воды, которые могут иметь временный и постоянный характер. Временная вода имеет место в период инфильтрации атмосферных осадков и снеготаяния. Постоянная вода распространена в болотных и илистых почвах при близком залегании зоны насыщения. Почвенные воды зоны аэрации на участке исследований обладают следующими свойствами:

- 1) небольшие действительные скорости движения (0,5-3,0 м/сут);
- 2) ламинарный характер движения (закон Дарси);
- 3) застойный режим в болотистых условиях;
- 4) влияние химического состава на воды подстилающего водоносного горизонта.

ХИМИЗМ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ В ПРЕДЕЛАХ УЧАСТКА ИССЛЕДОВАНИЙ

По составу и свойствам подземные воды в пределах исследуемого участка (род. Таганайский) являются хлоридно-гидрокарбонатными кальциево-магниево-кали-натровыми, ультрапресными ($M - 0,1$ г/л), слабощелочными ($pH - 7,4$), очень мягкими (жесткость – 0,5 мг.экв/л), без вкуса, без запаха, высокой прозрачности (30 см), низкой цветности – 2°.

Анализами воды в роднике 2007-2013 гг. установлено наличие Feобщ. (5 ПДК). Наличие Feобщ. установлено и в других пробах на участке исследований, имеющих отношение к бассейну реки Большая Тесьма, что связано с природной аномалией – наличием в разрезе железомедных месторождений. Процесс выщелачивания и миграции Fe в гипергенных условиях в результате химического выветривания на участке исследования можно представить как результат действия комплекса химических реакций, а именно (Справочное руководство..., 1979):

- 1) за счет окисления сульфидных месторождений в водной среде, в которой растворен свободный кислород, в тесной связи с гидратацией. Причем,

окисление природных соединений Fe легче происходит в щелочной или слабокислой среде (рН – 7,2 в род. Таганайский);

2) в результате восстановления – процесса перехода окисных соединений Fe в закисные при участии органического вещества и бактерий в условиях недостатка свободного кислорода (болото, почвенные горизонты). При этом Fe может переходить в раствор, содержащий угольную кислоту. В случае потери CO₂, потребляемой растениями и бактериями, Fe осаждается в виде нерастворимого карбоната.

ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Среди антропогенных агентов и источников загрязнения подземных вод на участке исследований можно выделить пять их типов.

1. Поверхностный сток, который формируется за счет паводковых вод (весенне-осенних) и атмосферных осадков в летнюю межень. Кислотные осадки могут существенно влиять на химический состав подземных вод за счет нарушения равновесия в системе «вода-порода». Исследованиями прошлых лет установлены превышения фоновых значений некоторых компонентов в почве и снеге на участке работ:

- медь – 2 ПДК, в 500 м от участка исследований (обладает способностью образовывать комплексы с растворимыми в воде органическими соединениями, при этом медь, как и некоторые другие тяжелые металлы, может переходить в лабильную форму и опускаться в почве на уровень ниже корневой системы);

- марганец – 8 ПДК;

- сернистые соединения – 57 ПДК;

- железо (общ.) – от 37 до 222222 мг/кг почвы. Наличие в пробах участка таких компонентов как медь и железо – результат аккумуляции малорастворимых соединений, образовавшихся в процессе элювирования кор выветривания, широко распространенных в пределах исследуемого участка, расположенных в зоне железорудных медьсодержащих месторождений. Концентрации этих элементов над рудными залежами на Южном Урале могут превышать предельно допустимые в десятки и сотни раз. Так содержание меди во всех пробах превышает норму, при этом значительно варьируя по всему профилю, что лишний раз подтверждает наличие здесь геохимической аномалии. Значения ПДК по меди достигают от 200 до 483 на 20-тикилометровом протяжении Уральского хребта (зона гидротермальных жильных железомедных рудопроявлений). Содержание железа также варьирует по всему профилю, что, скорее всего, связано с неравномерностью распределения железистых минералов в постилающих элювий рудоносных породах.

Попадая в почву либо с кислотными осадками, либо в результате окислительно-восстановительных процессов в зоне геохимических аномалий, большинство из токсичных веществ сорбируются в зоне аэрации и вначале не фиксируются в значительных количествах в подземных водах. Однако сорбционная емкость пород не безгранична, и в условиях ее наполнения или изменения Eh-, рН-условий в зоне аэрации может произойти повсеместное загрязнение грунто-

вых вод с последующим перетеканием загрязняющих веществ в трещинные воды.

2. Поверхностные воды (ручьи, пруды). Основным источником загрязнения можно считать болото переходного типа, гидравлически связанное с трещинными водами. Химическое загрязнение происходит за счет автомобильного транспорта (автодорога Златоуст-Магнитка), а бактериальное – за счет прогона скота по дороге и ее обочинам (в районе болотного истока после прогона наблюдается сильное помутнение воды плюс экскременты). Таганайский пруд также может служить поставщиком загрязняющих веществ, которые формируются в толще его воды в результате:

- поступления мусора с берегов,
- таяния льда,
- гниения органики на дне,
- подтока болотных вод.

Гидравлическая связь водоема с трещинными водами осуществляется непосредственно через дно, представляющее собой выход коренных водонасыщенных пород, и борта водоема, фильтрующая способность пород которых возрастает по мере длительности эксплуатации водоема.

3. Твердые отходы:

- бытовой мусор (на участке исследований зафиксирован в нескольких точках);

- фекальные отходы (пять с/у на участке);
- бытовые навозохранилища (2 единицы);
- отходы подсобного хозяйства (домашний скот).

Здесь может иметь место непосредственное выщелачивание загрязняющих веществ в воды зоны аэрации с последующим проникновением в водоносный горизонт и образованием ореола некондиционных подземных вод. В данном случае загрязнение может быть как химическим (соединения азота, фосфора, калия, Cu, As, Fe и других микроэлементов, мочевины, органические кислоты), так и бактериальным (патогенные микроорганизмы, бактерии фекального загрязнения и гетеротрофные сапрофитные микроорганизмы). Установлено, что выживаемость бактерий в подземных водах больше по времени, чем в поверхностных водах. Это объясняется защищенностью подземных вод от солнечных лучей, более низкими их температурами и отсутствием в них антагонистических микробов, подавляющих заразные бактерии. Установлено, что для некоторых бактерий, в частности кишечной палочки, в подземных водах с температурой 4-6°C выживаемость достигает 400 суток (Промежуточный отчет..., 1976).

4. Сточные воды, отводимые системой канализации после использования в процессе бытовой деятельности человека со стороны коттеджного поселка. Попадая в зону аэрации, в результате подтопления паводковыми водами и атмосферными осадками, загрязненные сточные воды попадают в трещинные воды при высоком положении их уровня.

Факторы, определяющие защищенность подземных вод от загрязнения.
 (-) – отрицательный эффект; (+) – положительный эффект

1. Природные факторы	
Глубина до уровня подземных вод	От 0 до 8м (-).
Наличие в разрезе слабопроницаемых пород их и мощность	Разрез исследуемого участка представляет собой чередование крутопадающих слоев - водонасыщенных трещиноватых скальных пород, часто выходящих на поверхность (-) и рыхлого элювия (линейные коры выветривания). Вертикальная мощность слабопроницаемых пород по данным геофизики составляет от 30-40 м до 200 м, горизонтальная мощность (ширина слоев) – от 20-60 м до 200 м (+).
Сорбционные свойства слабопроницаемых пород	Условия сорбции: 1. Водопроницаемость элювия (коэффициент фильтрации) по результатам налива воды в скважину составляет: - 0,051м/сут - суглинок (+); - 0,44 м/сут – супесь (-). 2. По физико-механическим свойствам элювий имеет: - число пластичности – 17% - суглинок (+) - грансостав (дисперсность) – суглинок легкий (-). 3. По минералогическому составу элювий: - монтмориллонитовый (+); - с высоким содержанием Fe (+). 4. По кислотности элювий имеет кислую реакцию (-).
2. Техногенные факторы	
Условия нахождения загрязняющих веществ на поверхности земли и характер их проникновения в подземные воды	Все источники загрязнения на территории исследуемого участка имеют непосредственную связь с подземными водами через дневную поверхность (глубина залегания водоносного горизонта – min=0 м) и зону аэрации (-).
<p>Таким образом, суммируя все плюсы и минусы на данном этапе исследований, имеем:</p> <p>(-) – 6 значений (+) – 5 значений,</p> <p>т.е. превалирует отрицательный результат по защищенности водоносного горизонта от загрязнения.</p>	

5. Твердый сток с эродированных земель со стороны коттеджного поселка. Формируется в результате сноса атмосферными осадками взвешенных загрязняющих веществ, образующихся в области сноса за счет техногенных отходов при строительстве (проходка котлованов, канав и т.п.). Твердый сток кроме взвесей может быть загрязнен химически (техногенные отходы: горючесмазочные, сварочные, цементационные и т.п.). Аккумуляция компонентов твердого стока на территории исследуемого участка осуществляется в районе придорожного болота, расположенного у подножья склона, на вершине которого расположен коттеджный поселок. Глинистая фракция элювия, составляющая

матрицу твердого стока, в результате высокого сорбционного эффекта увеличивает вероятность успешной трансформации загрязняющих веществ от источника до места гидравлической аккумуляции и дальнейшего просачивания в подземные воды.

Даже беглый взгляд на ситуацию загрязнения говорит о том, что экологическая обстановка на участке исследований крайне неблагоприятная.

САМООЧИЩЕНИЕ ВОДЫ

Степень фильтрации и вероятность проникновения сточных вод, а также самоочищение подземных вод на участке исследований зависит от эффективности геохимических барьеров. Геохимический барьер (по А.И. Перельману) – это зона, в которой на коротком расстоянии происходит резкая смена гидрогеохимических условий миграции химических элементов, что вызывает осаждение этих элементов в твердую фазу (Санитарные нормы, 2007).

Возможность загрязнения подземных вод с поверхности земли также определяется защищенностью водоносных горизонтов, под которой понимается перекрытость водоносного горизонта отложениями, препятствующими проникновению загрязняющих веществ с поверхности земли или из вышележащего водоносного горизонта. В таблице представлены факторы, определяющие защищенность подземных вод от загрязнения.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Качество воды источников, расположенных в зоне обслуживания посетителей НП «Таганай», по гидрохимическим и санитарно-эпидемиологическим показателям не соответствует санитарным нормам:

- содержание железа – до 14 ПДК;
- содержание ОКБ, КОЕ – 0,3/100см³;

Таким образом, необходимо проведение комплекса научно-технических работ, направленных на оздоровление сложившейся экологической ситуации.

В процессе изысканий рекомендуется провести:

- 1) картирование и документацию водопроявлений;
- 2) изучение фильтрационных и гидродинамических свойств грунтов зоны аэрации и водовмещающих пород (определение коэффициента фильтрации, направления и скорости движения подземных вод при максимальном подтоплении зоны аэрации индикаторным методом);
- 3) заложить сеть режимных наблюдений с целью установления общих закономерностей изменения режима подземных и поверхностных вод на опорных точках (родниках, скважинах, водоемах);
- 4) провести благоустройство территории в соответствии с требованиями к I и II зонам санитарной охраны (ликвидация и перенесение за границы I пояса ЗОС старых навозохранилищ, санузлов, мусоросборников, автостоянок; исключение пикникового отдыха на территории пожарного водоема лесничества, имеющего прямую гидравлическую связь с подземными водами, а также, запрет прогона, выпаса и водопоя скота; проведение тампонажа скважин и уст-

ройство дренажа питьевого родника Таганайский с выводом воды за пределы питания подземных вод).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Промежуточный отчет по инженерно-геологическим исследованиям северной части Ново-Златоустовского водохранилища на реке Ай в районе г. Златоуста Челябинской области. Заказ № 834. Фонды Южно-Уральского треста инженерно-строительных изысканий (Челябинск). 1976. 306 с.

Руководство по инженерно-геологической документации. Под ред. Л.А. Молокова, В.В. Каякина. М.: Гидропроект, 1984. 228 с.

Санитарные нормы. Полный справочник. – М.: Эксмо, 2007, 768 с. – **Справочное руководство** гидрогеолога. 3-е изд. перераб. и доп. Под ред. В.М. Максимова. Т. 1. Л.: Недра, 1979. 512с,