

Ю.А. Килин, И.И. Минькевич

Пермский государственный национальный
исследовательский университет, г. Пермь

ПРИЧИНЫ ЗАМУТНЕНИЯ ВОД РОДНИКОВ В ИРЕНСКОМ КАРСТОВОМ РАЙОНЕ

Замутнение родниковых вод, приуроченных к сульфатно-карбонатным обложениям кунгурского яруса - Р₁kg представленных гипсами, ангидритами, известняками, доломитами связано с процессами физического и химического выветривания. В результате воздействия потока подземных вод на продукты выветривания образуется перенасыщенный водный раствор гипса с высоким содержанием тонкодисперсной минеральной фракции, который проявляется в местах выхода замутненностью родников. Родники с замутнением приурочены к районам разработки месторождений нефти, где наблюдается нефтяное загрязнение. Происходит непосредственно реакция между сульфатами и растворенными в воде углеводородами при участии сульфатредуцирующих бактерий.

Ключевые слова: замутненность, взвесь, выщелачивание, новообразования, сульфатно-карбонатные отложения.

DOI: 10.17072/chirvinsky.2025.75

Замутнение поверхностных и подземных вод происходит в местах разгрузки родников. По данным исследований, проведенных в Иренском карстовом районе, такие родники зафиксированы в бассейнах правых притоков р. Ирень (реки: Тураевка, Каменка, Ясылка). Воды родников приуроченные к иренским отложениям имеют большую степень загрязнения нефтепродуктами. Загрязнения были выявлены в карстовых депрессиях Тураевской, Ясылской, Каменской приуроченных к Кокуйскому месторождению нефти, и в районе верхнего течения реки вблизи сел Верх Ирень, Антягузи, Енапаево и д. Уразметьево приуроченных к Енапаевскому, Дороховскому и Казаковскому месторождениям нефти.

Родники, вытекающие из закарстованных сульфатно-карбонатных отложений иренского горизонта кунгурского яруса, имеют дебит от 0,1 до 50 л/с, а в некоторых случаях достигают 100л/с. Верхняя пачка иренского горизонта представлена лунежским гипсангидритовым водоносным горизонтом, подстилаемым туйскими известняками. В местах, где туйские известняки приподняты над урезами рек, лунежская

пачка безводна или обводнена спорадически. Воды родников насыщены сульфатом кальция до 1385 мг/дм³, имеют сульфатно-кальциевый состав с минерализацией до 2630 мг/дм³. Разгрузка родников приурочена к зонам разломов, трещиноватости и закарстованности. Родники связаны с зонами горизонтальной и сезонной циркуляции карстовых вод. Дебиты родников зависят от сезона года, минимальные приурочены к зимним месяцам максимальные к весенним месяцам и связаны со степенью закарстованности поверхности водосборов, так площадной коэффициент закарстованности на четырех карстовых полях изменяется от 0,965 до 19,5%, на отдельных участках он достигает 44,7% (Ясылское поле). На таких участках атмосферные осадки быстро просачиваются в водоносные горизонты, что приводит к формированию напорного потока к местам их разгрузки. Потоками выносятся мелкодисперсный материал (взвеси), а иногда и дресва, щебень, гравий из каверн и подземных карстовых полостей. Как уже отмечалось Д.С. Соколовым, Н.А. Гвоздецким, К.А. Горбуновой и др. формирование карстовых полостей сразу сопровождается и процессами их старения. К старению, прежде всего, относится обрушение пород сводов, заполнение их суффозионным материалом, поступающим с дождевыми осадками по вертикальным закарстованным трещинам и каналам. Причем вертикальный перенос материала в карстовые полости заканчивается на уровне горизонта грунтовых вод, далее медленный перенос обломочного материала происходит по потоку подземных вод в горизонтальном направлении, при этом скорость потока будет зависеть от закарстованности массива горных пород (рис. 1).

По данным В.Н. Катаева, 2018, при исследовании родников бассейна реки Каменки установлено, что во взвесах присутствует большое количество разнообразных минеральных компонентов (кварц, карбонаты, сульфаты, фосфаты, глинистые минералы и возможно цеолиты). Идентификацию взвешенных частиц проводили сотрудники Сектора наноминералогии (профессор Б.М. Осовецкий, инженер И.В. Бадьянова, лаборант С.В. Мусакулова). Крупные фракции обломочного материала, вынесенные родниками, быстро осаждаются в местах их выхода, мелкодисперсные – формируют замутненность

В летние периоды исследований 2018–2024 гг. в карстовых озерах Ясылской, Тураевской, Каменской карстовых депрессиях наблюдалось замутнение воды (цвет белый, серый). В осенние периоды (сентябрь – октябрь), когда уровни воды в озерах понижались, на осушенной растительности наблюдались новообразования в виде корковидных налетов гипса белого цвета (рис. 2). Такие же новообразования отмечены

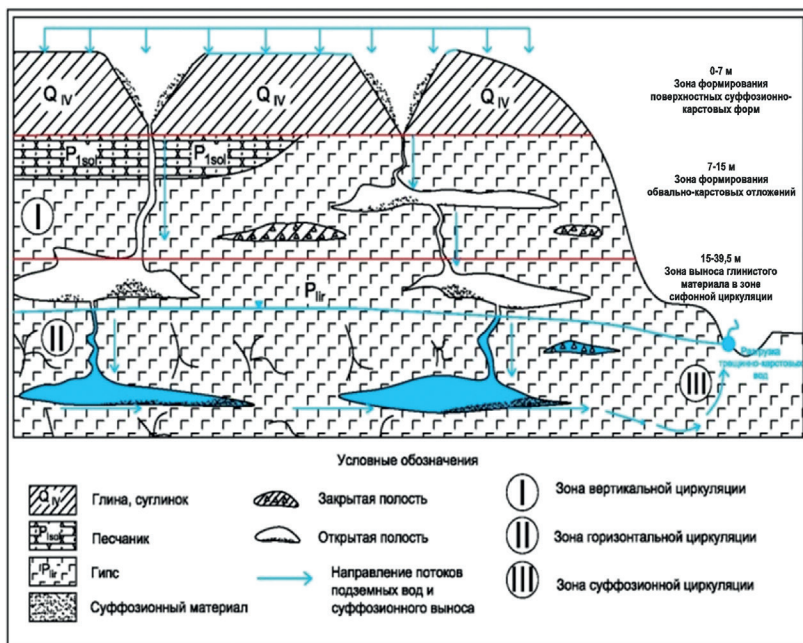


Рис.1. Схема транзита заполнителя в массиве закарстованных гипсов

Катаевым В.Н., 2018г в Каменской депрессии [1]. Химический состав новообразований исследовался микронзондовым методом Сектором наноминералогии и показал присутствие CaO (81,2%), SO_3 (11,8%), SiO_2 (7%). Это подтверждает, что белые налеты представлены сульфатом кальция (гипсом), а микрозернистая масса является гипсом с примесью хальцедона.

Исследования по проблемам замутненности родникового стока проводились Плотниковой М.Д., 2019 г. в Ясылской депрессии [3]. Установлено, что взвеси являются производными при реакции дегидратации гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, сначала образуется полуводный гипс (полугидрат гипса) $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ который растворяется в воде и образует насыщенный раствор. Растворимость полугидрата составляет 7 г/дм³, растворимость гипса 2,1 г/дм³. При последующей реакции гидратации образуются кристаллы гипса:



Процесс продолжается до полной гидратации. Причина новообразований связана с химическим составом воды озер, который формируется за счет разгрузки замутненных родниковых вод. По данным



Рис. 2.Замутнение родника Каменка (слева), новообразования из гипса (справа)

мониторинговых исследований вода в озерах сульфатно-кальциево-гидрокарбонатная с минерализацией от 2192,8 мг/дм³ до 2227,8 мг/дм³. Содержание сульфат-иона изменяется от 788,7 мг/дм³ до 1361мг/дм³, содержание хлор-иона от 18,5 мг/дм³ до 24,8 мг/дм³, содержание магния от 32,9 мг/дм³ до 39,4 мг/дм³, общая жесткость от 29,2⁰ до 33,7⁰. В данных условиях гипс осаждается на растительных остатках в виде новообразований.

В формировании химического состава сульфатного типа вод наряду с растворением гипса важную роль играет процесс ионного обмена. Сульфат-ион является промежуточным компонентом до минерализации 3-4 г/дм³ его содержание в водах увеличивается, а затем резко уменьшается. В крепких рассолах гипс практически отсутствует, сульфат-ион образует слаборастворимую соль CaSO₄ (ангидрит). В анаэробных условиях без доступа кислорода SO₄ частично восстанавливается до сероводорода, этому могут способствовать сульфатредуцирующие бактерии. Примером данного явления служит сероводородный источник у д. Самарова, разгружающийся в реку Ирень. Выход пластовых вод представлен тремя родниками на участке шириной 10 м, в 0,5 м от уреза р. Ирень. Минерализация воды родников составляет 3460,3 мг/дм³, содержание сульфат иона 2419 мг/дм³, гидрокарбонат иона 197,4 мг/дм³, магния 232 мг/дм³, натрия 70 мг/дм³, кальция 502 мг/дм³. У воды наблюдается сильный сероводородный запах и светлый налет серы на прилегающей поверхности грунтов, замутненная вода имеет белый цвет (рис. 3).

Образование сероводорода и в последующем самородной серы происходит по следующей схеме:

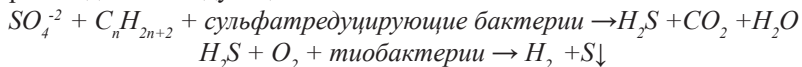




Рис.3. Сероводородный источник у д Самарова, берег р. Ирень



Рис.4. Замутненность воды ручья в пещере Пономаревская

Проявление образования серы обусловлено активными биохимическими процессами сульфатредуцирующих бактерий, за счет поступления углеводородных газов [2]. Родники с замутнением приурочены к районам разработки месторождений нефти, где наблюдается нефтяное загрязнение. Происходит непосредственно реакция между сульфатами и растворенными в воде углеводородами при участии сульфатредуцирующих бактерий. При участии тионовых бактерий и кислорода образуется самородная сера.

При исследовании родников практически везде фиксировался сильный запах сероводорода. В Пономаревской пещере, расположенной в верховьях Ясылского лога, запах сероводорода фиксировался с 1998 года. По дну пещеры протекает ручей с нефтяным загрязнением в виде пленок и сгустков и водой белого цвета. В русле наблюдаются отложения тяжелых битумных фракций нефти с гипсом. На поверхности водного зеркала, кроме нефтепродуктов были зафиксированы кальцитовые пленки (рис. 4).

Выводы: 1. Состав приповерхностной толщи сульфатных отложений характеризуется наличием породообразующих минералов – гипса и ангидрита, а также примесей – глинистых минералов, кварца, доломита, полевых шпатов, кальцита, представленных в виде отдельных кристаллов, зерен, агрегатов размером от долей миллиметра до первых миллиметров. Транзит тонкодисперсного и грубообломочного материала происходит через трещины и каналы в карстовом массиве через зону вертикальной нисходящей циркуляции трещинно-карстовых вод до уровня грунтовых вод, затем в зоне горизонтальной, сезонного колебания и сифонной циркуляции до места разгрузки родниковых вод, что приводит к замутненности.

2. В результате процесса химического выветривания сульфатов и гидратации формируются вторичные отложения гипса. Изменение динамики потока трещинно-карстовых вод особенно в паводковый период тонкодисперсные продукты физического выветривания и переотложенные продукты гидратации (химического выветривания) смываются, образуя перенасыщенный водный раствор полугидрата гипса. В результате смены обстановок происходит выпадение из раствора гипса в виде кристаллов с высоким содержанием тонкодисперсной минеральной фракции.

3. При минерализации сульфатных вод 3-4 г/дм³ содержание сульфат-иона уменьшается. В крепких рассолах гипс практически отсутствует, сульфат-ион образует слаборастворимую соль CaSO₄ (ангидрит). В анаэробных условиях без доступа кислорода SO₄ частично восстанавливается до сероводорода. Происходит непосредственно реакция между сульфатами в растворенном виде и углеводородами при участии сульфатредуцирующих бактерий. При участии тионовых бактерий и кислорода образуется самородная сера.

Библиографический список

1. Катаев В.Н., Ермолович И.Г. Генезис и состав новообразований в малых реках территорий развития сульфатного карста // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения память П.Н. Чирвинского. Вып.21. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2018.С.378-385.
2. Максимович Г.А., Минькевич И.И. Самородная сера карстовых полостей // Гидрогеология и карстование. Вып.7. Пермь, 1975.С.29-46.
3. Плотникова М.Д., Медведева Н.А., Бортник А.Г. О причинах возникновения замутненности вод в бассейне реки Ясыл// Антропогенная трансформация природной среды. 2019. №5. С. 45-50.

CAUSES OF TURBIDITY OF SPRING WATERS IN THE IRENSKY KARST REGION

Yu. A. Kilin, I.I. Minkevich

yuakilin@mail.ru

Turbidity of spring waters confined to sulfate-carbonate deposits of the Kungurian stage - P1kg represented by gypsum, anhydrite, limestone, dolomites is associated with the processes of physical and chemical weathering. As a result of the impact of the underground water flow on the weathering products, a supersaturated aqueous solution of gypsum with a high content of finely dispersed mineral fraction is formed, which manifests itself in the places of the outlet of turbidity of springs. Springs with turbidity are confined to areas of oil field development, where oil pollution is observed. A direct reaction occurs between sulfates and hydrocarbons dissolved in water with the participation of sulfate-reducing bacteria.

Keywords: turbidity, suspension, leaching, neoformations, sulfate-carbonate deposits.