

ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ И ГРУНТЫ В ОСНОВАНИИ ПЛОТИНЫ

Максимович Н. Г., Хмурчик В. Т., Иванов П. В., Деменев А. Д., Губин С. А.
*Естественнаучный институт Пермского государственного национального
исследовательского университета, г. Пермь, khmurchik@iegm.ru*

Аннотация. Исследовано влияние микробиологических процессов на подземные воды и грунты основания плотины. Выявлено изменение минерализации подземных вод и их газового состава. В грунтах основания плотины отмечено новообразование кальцита и пирита.

Ключевые слова: *аллювиальный водоносный горизонт, водорастворенное органическое вещество, минералогический анализ, состав газов.*

Abstract The influence of microbiological processes on groundwater and grounds of the dam's basement has been studied. Changes of gas content and mineralization of groundwater have been revealed. Newly-formed calcite and pyrite have been found in the grounds of dam's basement.

Key words: *alluvial aquifer, dissolved organic matter, mineralogical analysis, gas content.*

Микробиологические процессы принимают активное участие в трансформации геологической среды и в том числе оказывают влияние на подземные воды [1—4]. При создании напорных сооружений такие процессы могут изменить геохимические параметры подземных вод и грунтов и привести к нежелательным последствиям.

Влияние микробиологических процессов было изучено на примере одной из плотин Камско-Волжского каскада. Основанием плотины служат аллювиальные отложения мощностью 18 м. В верхней части разреза они представлены суглинками, супесями и мелкозернистыми песками. Глины и суглинки — слоистые, пылеватые, плотные влажные, в них встречались растительные остатки. Вся толща аллювиальных глин и суглинков содержит прослойки песка. Нижняя часть разреза образована преимущественно песчано-гравийными отложениями с галькой. Гравийно-галечная толща была неоднородна по простиранию, по составу заполнителя и содержанию гравия и гальки. В толще наблюдались линзы мелкозернистого песка и прослойки глин, присутствовал торф [5].

До начала строительства плотины подземные воды в аллювиальных отложениях были распространены повсеместно и связаны с песками и гравийно-галечниковыми породами. Зеркало аллювиальных вод залегало на глубине от 3 до 9 м от поверхности земли и имело уклон 0,006—0,012 к руслу реки. По данным опытных откачек средний коэффициент фильтрации аллювиального горизонта составлял 14 м/сут, гравийно-галечникового слоя — от 26 до 82 м/сут. Аллювиальные воды являлись слабоминерализованными, характеризовались как гидрокарбонатно-кальциевые.

После строительства плотины произошли существенные изменения гидродинамических и гидрохимических условий, которые были вызваны рядом факторов: изменением напоров подземных вод, фильтрацией пресных вод из водохранилища и др. В настоящее время аллювиальный водоносный горизонт оказался перекрыт и имеет местные напоры. По данным наших исследований, воды горизонта залегают на глубине от 22 м на гребне до 1 м у основания плотины. Воды гидрокарбонатно-хлоридно-натриево-кальциевой фации. Минерализация составляет 100—200, реже — до 400 мг/дм³. В целом минерализация вод аллювиального горизонта увеличивается вниз по потоку. Аллювиальный водоносный горизонт обнаруживает тесную гидравлическую связь с водами реки, также, по-видимому, существуют локальные гидрогеологические окна между аллювиальным и нижележащими водоносными горизонтами, что обуславливает повышенное до 168 мг/дм³ содержание ионов хлора в отдельных скважинах.

На наблюдательных скважинах, пробуренных через тело плотины и вскрывающих аллювиальный водоносный горизонт, были проведены исследования состава водорастворенного органического вещества, состава газов, выделяющихся в свободном виде, и минералогический анализ осадков на забое скважин.

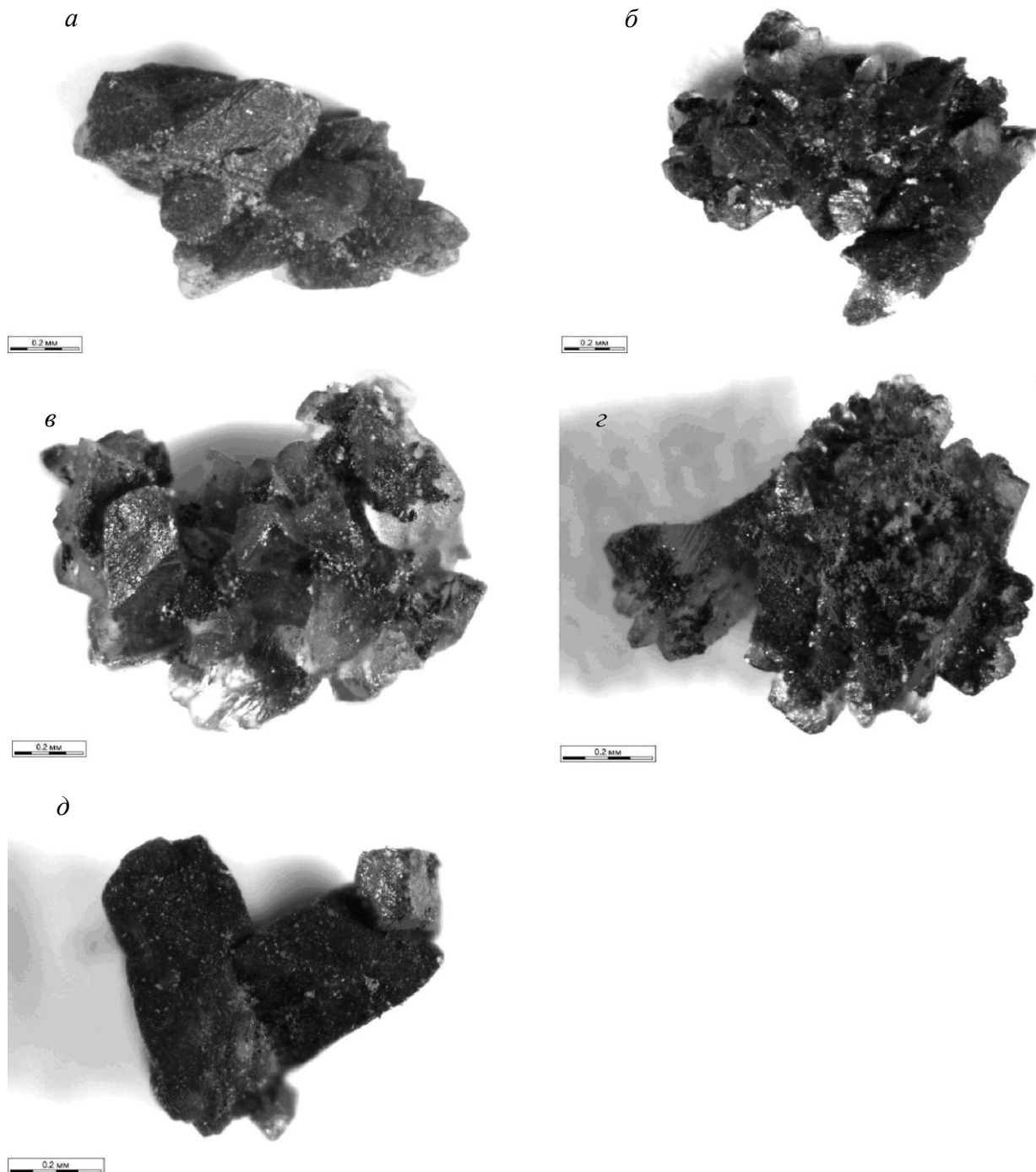
Исследуемые воды характеризовались повышенным содержанием органического углерода — 108—122 мг/дм³, в то время как содержание органического углерода в поверхностных и маломинерализованных грунтовых водах Пермского края обычно не превышало 30—40 мг/дм³ и лишь в отдельных случаях достигало более высоких значений (60—70 мг/дм³). Основной особенностью водорастворенного органического вещества являлся его неуглеводородный характер: содержание хлороформенных аквабитумоидов было в пределах 1,1—1,6 мг/дм³, содержание нефтепродуктов — менее 0,07 мг/дм³. Хроматомасс-спектрометрические исследования гексановых фракций аквабитумоидов показали, что основной группой битумоидов являются кислородсодержащие соединения. В составе битумоидов обнаружено также присутствие сульфидной серы (до 6%).

При первичном натурном обследовании в отдельных наблюдательных скважинах было обнаружено выделение в свободном виде газов, содержащих сероводород, выделение газов усиливалось при ударе пробоотборного оборудования. Были установлены газосборные ловушки, однако отобрать пробы газа не удалось в связи с прекращением газовыделения. В следующем году попытка отбора проб свободновыделяющихся газов также не увенчалась успехом. По-видимому, скорость накопления газов в водоносном горизонте была достаточно низкой в осенне-зимний период года, то есть период накопления и выделения газов был более одного года. Низкая периодичность и зональность газовыделения могут быть косвенным свидетельством бактериального происхождения накапливающихся газов. Были проведены работы по газогеохимическому опробованию состава воздуха в наблюдательных скважинах. В большинстве из них было зафиксировано присутствие метана в концентрации 47—431 мг/м³. Повсеместно обнаруживались углеводородные газы C₁-C₅, содержание которых находилось в пределах 13—409 мг/м³, и летучие органические соединения (1—18,5 мг/м³ в пересчете на изобутилен). Углекислый газ был обнаружен в трети наблюдательных скважин, в которых его содержание находилось в пределах 26—1132 мг/м³.

Выполнены исследования минералогического состава осадка на забое наблюдательной скважины. Осадок представлял собой песок мелко-, среднезернистый светло-серого цвета с крупными, более 1 мм, выделениями гидроокислов железа. Гранулометрическим анализом установлено преобладание песка среднезернистого. Рассев на ситах привел к выделению монофракции гидроокислов железа в классе частиц более 1,0 мм. При уменьшении размера частиц наблюдалось сокращение количества таких зерен: в классе 0,50—0,25 мм оно составляло 1—3%. Среднезернистая часть отложений была представлена в основном кварцевыми минералами: горным хрусталем, халцедоном, жильным кварцем, яшмой, обломками кварцитов, кремнем. Все частицы были сильно окатаны. Крупнопесчаная часть отложений (класс 1,0—0,5 мм) была представлена кальцитом (21,51%), гидрогетитом (20,41%), кварцевыми минералами (19,62%), гетитом (18,21%), аморфными гидроокислами железа (18,05%), железисто-кварцевыми агрегатами (1,57%), пиритом (0,63%).

Кальцит представлял собой агрегаты (друзы) разноориентированных кристаллов размером до 0,4 мм с идиоморфными гранями и часто отчетливо проявленной спайностью на их поверхности (рисунок, а). Цвет агрегатов темно-серый в центральной части до светло-серого на краях (рисунок, б). Часто встречались бесцветные прозрачные кристаллы (рисунок, в). Нередко пространство между индивидами в агрегате было заполнено гидроокислами железа, которые могли также наблюдаться в виде примазок на поверхности кальцита и служить подложкой для кристаллов (рисунок, г). Иногда наблюдались срастания зерен кальцита и пирита (рисунок, д). Следы переноса на поверхности зерен отсутствовали. Проведенный рентгеноструктурный анализ показал наличие в составе друз кварца. Кварц, возможно, был захвачен кальцитом в процессе

роста или являлся центром роста карбонатных кристаллов. Содержание кварца в друзах — 6,16%, кальцита — 93,84%. Аморфные гидроокислы железа представляли собой комковатые зерна рыжего, бурого и желто-бурого цвета, сильнопористые, рыхлые, обладающие низкой прочностью. Железисто-кварцевые агрегаты представляли собой зерна горного хрусталя, халцедона, жильного кварца размером до 0,25 мм, сцементированные гетит-гидрогетитовым веществом.



Минералы аллювиального водоносного горизонта: *a* — зерна кальцита с идиоморфными гранями и ступенчатой поверхностью спайности; *б* — затемненный в центре и прозрачный в краях агрегат кристаллов кальцита; *в* — агрегат прозрачных зерен кальцита; *г* — агрегат кристаллов кальцита с налетом гидроокислов железа на поверхности; *д* — срастание зерен кальцита и пирита.

Гетит был представлен таблитчатыми или почковидными зернами, часто с металлическим блеском. На поверхности зерен были развиты пленки и налеты гидрогетита. Пирит-кварцевые агрегаты были представлены обломками кварцевых минералов, скрепленными новообразованным пиритом в одном общем центре. Кварцевые минералы были сильно окатаны. Среди них встречались горный хрусталь, дымчатый кварц, жильный кварц, халцедон. Наблюдалось преобладание минералов аутогенного комплекса (кальцит, аморфные гидроокислы железа, гетит, гидрогетит и пирит) над аллотигенным комплексом (кварцевые минералы).

Таким образом, результаты проведенных исследований выявили увеличение минерализации вод аллювиального водоносного горизонта в направлении вниз по потоку; периодичность появления в наблюдательных скважинах газов, содержащих сероводород; наличие метана в воздухе наблюдательных скважин; появление в грунтах горизонта новообразованных минералов кальцита и пирита. Перечисленные явления могут быть признаками того, что в аллювиальном водоносном горизонте развиваются анаэробные бактериальные процессы (в частности, метаногенез и сульфатредукция), источником энергии для которых может быть водорастворенное органическое вещество, поступающее из водохранилища, образовавшегося после строительства плотины.

Библиографический список

1. Белоусова А. П., Гавич И. К., Лисенков А. Б., Попов Е. В. Экологическая гидрогеология. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. 397 с.
2. Зверев В. П. Подземные воды земной коры и геологические процессы. М.: Научный мир, 2006. 256 с.
3. Крамаренко Л. Е. Геохимическое и поисковое значение микроорганизмов подземных вод. Л.: Недра, 1983. 181 с.
4. Кузнецов С. И., Иванов М. В., Ляликова Н. Н. Введение в геологическую микробиологию. М.: Наука, 1962. 239 с.
5. Маменко Г. К. Камская плотина на р. Каме // Геология и плотины. Т. V / Под ред. А. А. Боровского. М.: Энергия, 1967. С. 9—39.