

БИОГЕННОЕ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЕ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СООРУЖЕНИИ

Максимович Н.Г., Хмурчик В.Т., Деменев А.Д.

*Естественнонаучный институт Пермского государственного
национального исследовательского университета, г. Пермь, Россия
e-mail: nmax54@gmail.com*

Абстракт: Проводили гидрохимические, газогеохимические, минералогические и микробиологические исследования подземных вод и грунтов аллювиального водоносного горизонта основания земляной плотины. Выявили изменение минерализации подземных вод и их газового состава, в грунтах отмечено новообразование кальцита и пирита.

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

Микробиологические процессы принимают активное участие в трансформации геологической среды, в том числе оказывают влияние на подземные воды [1-4]. 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. 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 м 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 слабо минерализованными, характеризовались как гидрокарбонатно-кальциевые [6]. 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 от 100-200, реже – до 400 мг/л. 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/л) 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. Однако попытки отбора проб свободновыделяющихся газов на протяжении двух летних сезонов не увенчались 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 газовой выделению могут быть косвенным свидетельством бактериального происхождения накапливающихся газов. Газогеохимическое опробование состава воздуха в наблюдательных скважинах зафиксировало в большинстве из них присутствие метана в концентрации 47-431 мг/м³. Повсеместно обнаруживались углеводородные газы C₁-C₅ (13-409 мг/м³), и летучие органические соединения (1-18,5 мг/м³ в пересчете на изобутилен). В трети наблюдательных скважин обнаруживался углекислый газ (26-1132 мг/м³). Максимальные концентрации летучих органических соединений отмечены в восточной части земляной плотины, что, вероятно, связано с поступлением в ее тело и основание не только водохранилища, но и вод, содержащих доступное для микроорганизмов органическое вещество, фильтрующихся с левого берега реки, к которому примыкает плотина.

Проведены минералогические исследования 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 размерного класса. 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 0,5-0,25 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) разно ориентированных кристаллов размером до 0,4 мм с идиоморфными гранями и часто отчетливо проявленной спайностью на их поверхности (рис. 1а). Цвет агрегатов темно-серый в центральной части до светло-серого на краях (рис. 1б). Часто встречались бесцветные прозрачные кристаллы (рис. 1в). 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 (рис. 1г). Иногда наблюдались срастания зерен кальцита и пирита (рис. 1д).

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, сильно пористые, рыхлые, обладающие низкой прочностью. Железисто-кварцевые агрегаты представляли собой зерна горного хрусталя, халцедона, жильного кварца размером до 0,25 мм, сцементированные гетит-гидрогетитовым веществом. 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 аутигенного 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.

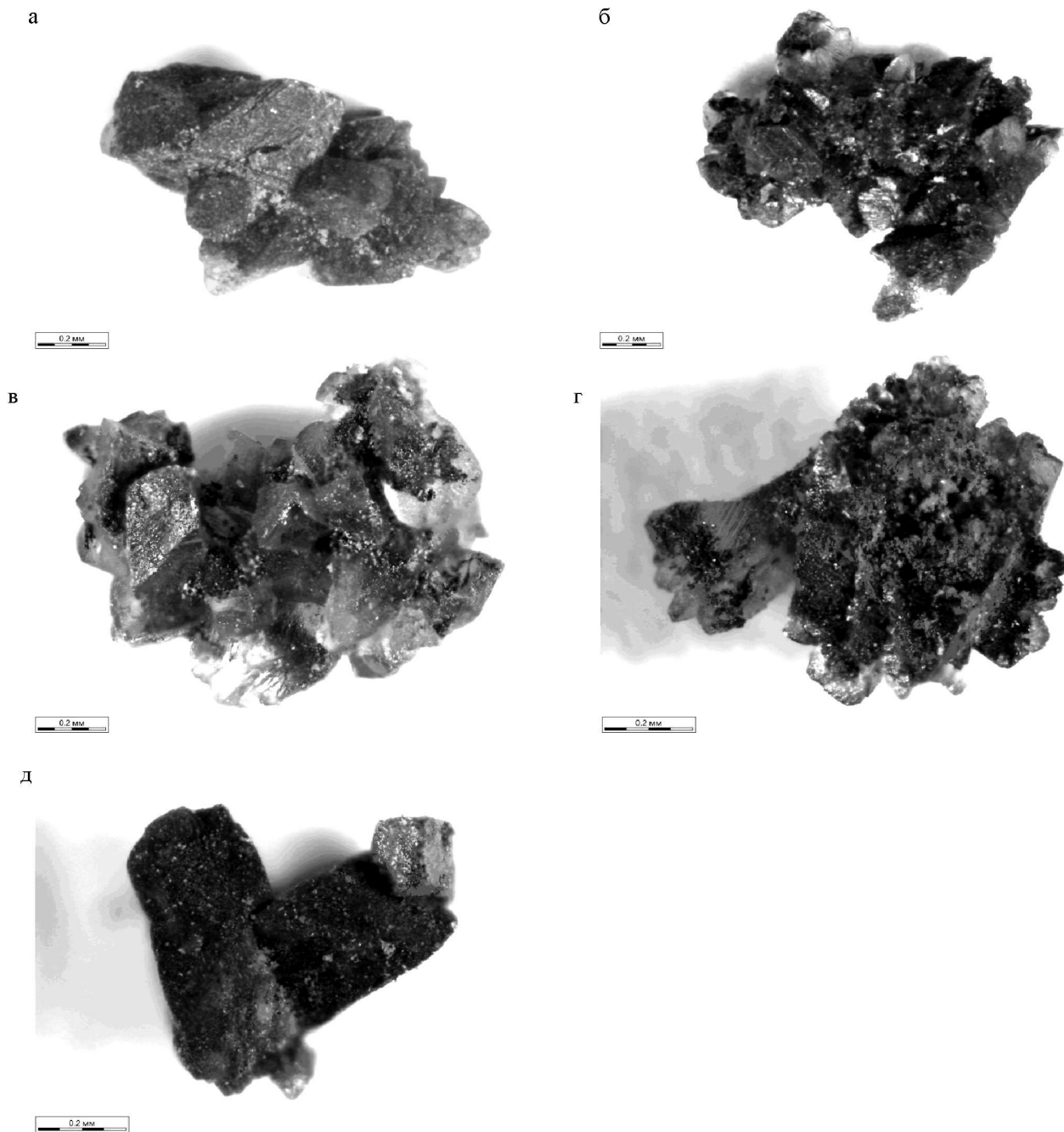


Рисунок 1. Минералы осадка наблюдательной скважины аллювиального водоносного горизонта. а – зерна кальцита с идиоморфными гранями и ступенчатой поверхностью спайности; б – затемненный в центре и прозрачный в краях агрегат кристаллов кальцита; в – агрегат прозрачных зерен кальцита; г – агрегат кристаллов кальцита с налетом гидроокислов железа на поверхности; д – срастание зерен кальцита и пирита.

Список литературы

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. – Под ред. А.А. Боровского. – Том V. М.: Энергия, 1967.
6. Отчет об инженерно-геологических условиях строительства Камской гидроэлектростанции// Гидроэнергопроект, Ленинградское отделение, отдел изысканий Центра. Л., 1961.

BIOGENIC MINERAL FORMATION IN HYDROTECHNICAL FACILITY

Maksimovich N.G., Khmurchik V.T., Demenev A.D.

Institute of Natural Science of Perm State National Research University, Perm, Russia

e-mail: nmax54@gmail.com

Abstract: Hydrochemical, gas-geochemical, mineralogical and microbiological investigations of groundwater and grounds of the dam's basement were conducted. Changes of gas content and mineralization of groundwater were revealed; newly-formed calcite and pyrite were found in the grounds.

Keywords: alluvial aquifer, dissolved organic matter, mineralogical analyses, gas content.