

## Техногенное минералообразование в теле плотины под влиянием микробиологических процессов

Н. Г. Максимович<sup>1</sup>, С. А. Губин<sup>1</sup>, В. Т. Хмурчик<sup>1</sup>, А. Д. Деменев<sup>1</sup>, П. В. Иванов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Естественнонаучный институт ПГНИУ, Пермь; *nmax54@gmail.com*

<sup>2</sup>МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва; *PVIvanov@yandex.ru*

В 2010—2011 гг. на одной из плотин Волжско-Камского каскада проводились исследования сульфидных процессов. Изучение изливов и донных песчано-глинистых отложений дренажных колодцев, разгружающих аллювиальный водоносный горизонт, химический анализ фильтрующихся через плотину вод, анализ состава газа почвенного воздуха и воздуха дренажной системы показали, что в теле и основании плотины достаточно активно протекают микробиологические процессы, основанные на использовании водорастворенного органического вещества фильтрующихся вод. Так как бактериальная жизнедеятельность может приводить к изменению условий окружающей среды — водородного показателя, окислительно-восстановительного потенциала — и влиять на химический состав вод и горных пород [1], было уделено внимание минеральному составу отложений дренажных колодцев и взвешенных частиц, процессам вторичного минералообразования.

Объектом исследования служили отложения дренажного колодца, в котором наблюдалось периодическое выделение газа, содержащего сероводород, и материал из шурфа глубиной 1 м, пройденного в теле плотины. Для изучения образца производили рассев на ситах на гранулометрические классы: +1.0; 1.0—0.5; 0.5—0.25; 0.25—0.1 и менее 0.1 мм с последующим взвешиванием. Затем выполнялся полный минералогический анализ класса 1.0—0.5 мм с выделением монофракций минералов. Зерна кальцита подвергались рентгеноструктурному анализу для определения фазового состава, для чего они истирались в агатовой ступке. Дифрактометрические исследования производили на приборе D2 PHASER (Bruker, США). Остальные размерные классы подвергались оценочному просмотру под бинокулярным микроскопом.

Отложения дренажного колодца представляли собой песок мелко-среднезернистый светло-серого цвета с крупными, более 1 мм выделениями гидроокислов железа. Гранулометрическим анализом было 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 %), гидрорегитом (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 (рис. 1). Цвет агрегатов темно-серый в центральной части до светло-серого на краях (рис. 2). Часто встречались бесцветные прозрачные кристаллы (рис. 3). Нередко пространство между индивидами в агрегате было заполнено гидроокислами железа, которые также наблюдались в виде примазок на поверхности кальцита и служили подложкой для кристаллов (рис. 4). Иногда наблюдались срастания зерен кальцита и пирита (рис. 5). Следы переноса на поверхности зерен отсутствовали. Проведенный рентгеноструктурный анализ показал наличие кварца в составе друз.



Рис. 1. Зерна кальцита с идиоморфными гранями и ступенчатой поверхностью спайности



Рис. 2. Затемненный в центре и прозрачный в краях агрегат кристаллов кальцита



Рис. 3. Агрегат прозрачных зерен кальцита



Рис. 4. Агрегат кристаллов кальцита с налетом гидроокислов на поверхности



Рис. 5. Срастание зерен кальцита и пирита

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. Железо-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.

Таким образом, в песчаных отложениях дренажного колодца наблюдается преобладание минералов аутигенного комплекса (кальцит, аморфные гидроокислы железа, гетит, гидрогетит и пирит) над аллотигенным комплексом (кварцевые минералы).

Отложения, отобранные из шурфа, представляли собой песок мелко- и среднезернистый светлосерого цвета с буроватым оттенком. В результате гранулометрических анализов установлено повышенное, в сравнении с пробой отложений из дренажного колодца, содержание гравийной и алевритовой частей. Гравийная часть была представлена в основном обломками устойчивых минералов.

Крупнопесчаная часть отложений (класс 1.0—0.5 мм) была представлена кварцевыми минералами (62.85 %), обломками песчаника (32.86 %), аморфными гидроокислами железа (2.86 %), обломками пород (1.43 %). Гидроокислы железа были представлены агрегатами округлой формы бурого цвета. Песчаник был сложен кварцевыми минералами размером до 0.4 мм, заполнитель алевритовый с карбонатным цементом. Обломки пород были представлены сланцами и кварцитами.

Таким образом, при сравнительном анализе двух проб было установлено их резкое отличие по минеральному составу. Главным образом это касалось размерного класса 1.0—0.5 мм. Разница заключалась в количественном содержании минералов аутигенного комплекса: в отложениях дренажного колодца отношение аутигенных минералов к аллотигенным составляет 4.10, в отложениях шурфа — 0.57. Таким образом, минеральный состав отложений дренажного колодца определяется процессами происходящими, во-первых, непосредственно в песчано-илистых образованиях колодца и, во-вторых, в воде, *заполняющей дренажную систему*. Также обращает на себя внимание нахождение в отложениях дренажного колодца пирита, образующего сростки с кальцитом. Совместная кристаллизация этих минералов свидетельствует о протекании анаэробных бактериальных процессов, идущих с разложением органического вещества. Эти процессы могут отрицательно повлиять на физико-механические свойства грунтов, слагающих плотину.

## Литература

1. Кузнецов С. И., Иванов М. В., Ляликова Н. Н. Введение в геологическую микробиологию. М.: Наука, 1962. 239 с.