

9. *Septoria scleranthi* Desm. [Electronic resource] / GBIF | Global Biodiversity Information Facility. – Mode of access: [https://www.gbif.org/ru/occurrence/search?offset=0&has_coordinate=true&has_geospatial_issue=false&taxon_key=5264528&geometry=POLYGON\(\(-81.25340%2013.07999,93.36274%2013.07999,93.36274%2082.96604,-81.25340%2082.96604,-81.25340%2013.07999\)\)&occurrence_status=present/](https://www.gbif.org/ru/occurrence/search?offset=0&has_coordinate=true&has_geospatial_issue=false&taxon_key=5264528&geometry=POLYGON((-81.25340%2013.07999,93.36274%2013.07999,93.36274%2082.96604,-81.25340%2082.96604,-81.25340%2013.07999))&occurrence_status=present/) – Date of access: 25.09.2024.

ТВЕРДЫЕ ОСАДКИ СТОЧНЫХ ВОД ПАУЖЕТСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КАМЧАТКА)

Ю.В. Фролова, И.Е. Большаков, А.Б. Ермолинский
МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация,
ju_frolova@mail.ru

В настоящее время, в связи возросшей мировой потребностью в использовании нетрадиционных видов энергетических ресурсов, ведется активное освоение геотермальных месторождений. В целом, геотермальная энергия относится к экологически чистым и возобновляемым источникам. Вместе с тем, процесс эксплуатации геотермальных месторождений оказывает значительное влияние на окружающую среду, вызывая целый ряд последствий, в том числе, и негативных. К ним относятся изменение режима и местоположения поверхностных термопроявлений, деформации поверхности, изменение термодинамических параметров и перераспределение напряжений в недрах месторождения, снижение продуктивности скважин, зарастание труб минеральными компонентами, разъедание и коррозия оборудования и иные.

Одной из важнейших проблем при эксплуатации геотермальных месторождений является утилизация отработанного теплоносителя. В мировой практике существуют различные технологии его использования или утилизации. Как правило, отработанная вода закачивается в реинжекционные скважины, вновь поступая в гидрогеологический цикл. Помимо реинжекции, отработанную воду используют в целях теплофикации: для отопления жилых и промышленных зданий, теплиц; сушки древесины, изготовления кремнистой «муки», красок; разведения рыбы и пр. В ряде случаев, отработанная вода используется в бинарном цикле для повышения мощности электростанций. Кроме того, термальные воды обладают бальнеологическим эффектом, поэтому широко используются в лечебных целях.

На юге Камчатского полуострова с 1967 года работает первая в СССР Паужетская геотермальная электростанция, имеющая порядка 10 эксплуатационных скважин. В скважины под высоким давлением поступает пароводяная смесь, от которой на устье в специальных сепараторах отделяется пар и поступает по трубопроводам на станцию. После этого отработанные термальные воды сливаются в овраги и ручьи, в результате чего в руслах образуются покровы специфических отложений.

Цель работы – выявить особенности состава, строения и свойств твердых осадков, образующихся в результате сброса отработанных термальных вод в ручьи и овраги на Паужетском геотермальном месторождении.

Условия формирования, состав, строение и свойства твердых осадков сточных термальных вод. Опробованы и исследованы покровы, образовавшиеся в руслах ручьев результате слива отработанной горячей воды из трех скважин, из которых первые две являются эксплуатационными (характеристики воды при сливе: pH ~ 7,8–8,8, T до 97–99°C), а третья в настоящее время не функционирует. Протяженность «шлейфов» достигает сотен метров, ширина – первых десятков метров, мощность отложений до 0,5–1 м.

Состав отложений. Установлено, что отложения имеют преимущественно кремнистый состав. Как правило, разрез отложений состоит из трех слоев: верхний представлен термофильными сине-зелеными водорослями, он подстилается слоем силикагеля (~ 15–20 см), а в основании находится слой кремнистого вещества, в значительной степени литифицированного. В последние годы установлено, что эти осадки имеют более сложный состав, чем считалось ранее. Непосредственно на участке слива термальной воды образуется смесь аморфных гидратированных силикатов и алюмосиликатов с преобладанием цеолитовой компоненты, далее по простирацию они становятся полностью кремнистыми [1].

Структурно-текстурные особенности отложений. В естественных условиях кремнистые отложения имеют окраску от белой до серовато-бежевой, иногда с рыжеватым оттенком за счет примесей железа. Пестрые разнообразные окраски обеспечивают термофильные водоросли, причем их цвет хорошо коррелирует с температурой воды. Отложения характеризуются высокой пористостью, реже встречаются плотные образования. Преобладают слоистые текстуры, образованные чередованием слоев с различной величиной пористости и размером пор. Как правило, в центральной части русла формируется горизонтальная слоистость, а ближе к бортам – вертикальная или столбчатая отдельности; также характерна волнистая слоистость. В некоторых случаях слоистость отсутствует, при этом кремнистые отложения характеризуются сильной неоднородностью – чередованием пористых и плотных участков, наличием крупных ноздреватых пор. Строение кремнистых отложений во многом определяется характером течения водного потока. На участках быстрого движения воды образуются горизонтально-слоистые, относительно плотные текстуры, тогда как на спокойных или застойных участках формируются крупнопористые, ячеистые, ноздреватые, столбчатые текстуры. В вертикальном разрезе могут присутствовать все вышеописанные разновидности текстур, что связано с переменным режимом движения термальных вод. Основными факторами, влияющими на строение формирующихся пород, являются температура, уклон и рельеф поверхности русла, скорость течения, привнос терригенного материала временными потоками, а также техногенные факторы (смена режима слива, устройство запруд, водопадов, засорение русла и др.). Как правило, на спокойных застойных участках широко распространены термофильные водоросли, покрывающие слой силикагеля мощностью 15–20 см, переходящий вниз по разрезу в твердые кремнистые отложения – обычно высокопористые, с крупноячеистой текстурой. Напротив, на участках сильного ламинарного течения водного потока образуются относительно плотные слои. В отложениях в большом количестве присутствуют растительные остатки, по которым аморфный кремнезем образует псевдоморфозы, а также примеси терригенного материала. Исследование кремнистых отложений на электронном микроскопе показало, что для них характерно чередование плотных и пористых слоев, причем границы между слоями обычно не четкие, расплывчатые, один слой плавно переходит в другой. Плотная часть представляет собой монолитную, сливную массу с небольшим количеством пор. Пористая часть имеет глобулярно-волокнутое строение. Размер глобул колеблется в интервале от 0,5 до 2 мкм, глобулы соединяются в волокна, длина которых достигает 0,2 мм.

Свойства отложений. Кремнистые отложения – легкие (плотность 0,79–1,31 г/см³), высокопористые (40–87%), гигроскопичные (1,7–3,4%), влагоемкие, с высокой величиной удельной поверхности частиц (122–145 м²/г). Прочность на одноосное сжатие варьирует от долей МПа до 17 МПа и при водонасыщении заметно не снижается. Следует отметить, что слоистые текстуры обуславливают ярко выраженную анизотропию прочностных и деформационных свойств.

Заключение. В мировой практике существуют технологии по извлечению различных минеральных компонентов из отработанных термальных вод (аморфного кремнезема, лития, бора, кальция, магния, серы, мышьяка, меди, цинка и др.) [2]. В частности, аморфный кремнезем широко используется в промышленности в качестве сорбентов, катализаторов, фильтров, теплоизоляторов, композиционных материалов, добавок, вяжущих и пр. [3]. В связи с этим, целесообразно рассмотреть различные варианты применения «техногенных» кремнистых отложений Паужетского ГТМ. Одним из них может являться приготовление «кремнистой муки» путем дробления и истирания кремнистых отложений (этому способствует их низкая прочность), или путем высушивания и истирания силикагеля. Также возможно целенаправленное создание кремнистых материалов с заданными свойствами в специальных емкостях путем регулирования температурных, гидрогеохимических и гидродинамических условий осаждения.

Литература

1. Сергеева, А.В. Минеральный состав искусственных кремнистых отложений «гейзеритов» Паужетского геотермального месторождения (Южная Камчатка) / А.В. Сергеева, С.Н. Рычагов, Е.И. Сандимирова, О.В. Кравченко, М.А. Назарова // Вулканизм и связанные с ним процессы: материалы XXV ежегодной научной конференции, посвященной Дню Вулканолога, 2022. Петропавловск-Камчатский. –С. 154–157.
2. Bloomquist, G.R. Economic Benefits of Mineral Extraction from Geothermal Brines // International Mineral Extraction Conference, 2006. Tucson, USA. <http://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/Russia/MEGB-2006/20Bloomquist.pdf>.
3. Lund, J.W., Boyd, T.L. Research on the Use of Waste Silica from the Cerro Prieto Geothermal Field, Mexico // International Mineral Extraction Conference, 2006. Tucson. USA. 2006. <http://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/Russia/MEGB-2006/12Lund.pdf>.