

УДК 549:550.4 (470.13)

Т.П. Митюшева, Ю.С. Симакова
ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

МИНЕРАЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ ГРЯЗЕЙ ОЗЕРА ЧИСВАДОР-ТЫ (ЮЖНЫЙ ТИМАН, РЕСПУБЛИКА КОМИ)

Дана характеристика минералогических и геохимических особенностей донных осадков и вод карстового озера Чисвадор-ты, расположенного в зоне развития нижнепермских пород на Южном Тимане. Полученные результаты позволяют уточнить процессы современного континентального карбонатного минералообразования в водной среде сульфатно-кальциевого состава. В грязях озера преобладает кальцит различной морфологии, пирит, присутствуют кварц, доломит, гипс, а также аллотигенные кварц, альбит, калиевые полевые шпаты. Отложения Чисвадор-ты характеризуются относительно высоким содержанием рентгеноаморфных фаз.

Ключевые слова: осадок, кальцит, пирит, карстовое озеро, сульфатно-кальциевые воды, Тиман, Республика Коми.

DOI: 10.17072/chirvinsky.2021.131

Карстовые озера широко распространены на Южном Тимане в зоне развития пермских сульфатно-карбонатно-терригенных пород (рис. 1). В котловинах этих озер скапливаются различные органо-минеральные отложения. Озеро Чисвадор-ты отличается от ранее исследованных [2] наличием грязей черного цвета, которые можно отнести к низко минерализованным слабосульфидным сапропелям. В 1952 г. озеро с грязями было обследовано Минералводской партией [3], предполагалось их использование для лечебных процедур на курорте «Серегово».

Озеро Чисвадор-ты находится в долине реки Выми, в 500 м выше по течению от устья р. Чисва (рис. 1, 2). Географические координаты: 63°27'03.2»с.ш., 51°27'46.7»в.д. Озеро почти овальной формы (длина ≈ 200 м, ширина до 100 м), сточное, через протоку длиной ≈ 50 м соединяется с р. Вымь. В период половодья территория затапливается паводковыми водами. Котловина озера заполнена донными осадками черного, темно-серого цвета с запахом сероводорода. Мощность этих отложений превышает в центральной части более 2 м. Цвет озерной воды бирюзовый, что особенно хорошо видно в центральной наиболее глубокой части.

Образцы донных осадков и вод озера Чисвадор-ты отобраны в

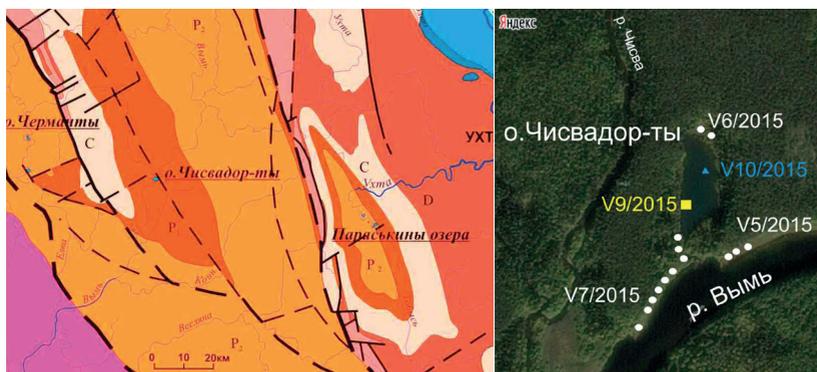


Рис. 1. Местоположение озера Чисва- Рис. 2. Схема опробования озера Чисвадор-дор-ты и других ранее обследованных ты. Пробы: грязей –V9/2015, озерных вод – озер Тимана на геологической карте [1] V10/2015, источников – V5, 6, 7/2015.

июле 2015 г. Исследованы три высушенные пробы грязей V9-2015 и Чис-1, 2. Последние образцы также исследовались после прокаливания при $t=650^{\circ}\text{C}$ (Чис-1-1, 2-2). Минералогическое изучение грязи проведено в ЦКП УрО РАН «Геонаука» (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН) (г. Сыктывкар) комплексов методов: рентгеновская дифрактометрия (Shimadzu XRD 6000), СЭМ (JSM 6400 JEOL, VEGA3 TESCAN), микрозондовый анализ (Jeol JSM-6400), оптический (микроскоп NikonEclipse LV100ND). Рентгеновские дифрактограммы для определения фазового состава образцов получены в интервале углов $2-60^{\circ}(2\theta)$ с шагом 0.05° . Выполнен приближенно-количественный рентгено-флуоресцентный (волновой спектрометр XRF-1800 Shimadzu) и эмиссионный спектральный анализ минерального вещества на компонентный состав элементов в валовых пробах в виде сухого порошка. Общий химический анализ проб вод озера (V10/2015) и минеральных источников (V5, 6, 7/2015) выполнен по стандартным методикам в экоаналитической лаборатории ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар).

Территория исследований в тектоническом отношении находится в пределах Четласско-Цильменского мегавала Тиманской антеклизы [1]. В геологическом строении принимают участие сульфатно-карбонатно-терригенные нижнепермские отложения (рис. 1). На данном участке наблюдаются выходы огипсованных известняков с прослоями ангидритов. Озеро располагается в зоне прохождения глубинного разлома, характерного для Тимана северо-западного направления (рис. 1). И, следовательно, тектонический фактор является одним из основных в формировании котловины. По классификации Г. А. Максимовича (1969)

оно относится к тектоно-карстовому типу. В питании озера первостепенное значение имеют подземные минеральные воды, их групповая разгрузка наблюдается по берегам озера и р. Выми (рис. 2), вероятно и субаквальная.

Воды озера солоноватые с минерализацией 1.54 г/л (табл. 1), сульфатно-кальциевого состава (SO_4 –85 и Ca–91 %-экв/л). Концентрации сероводорода менее 3.0 мг/л, расчетного водорастворенного CO_2 – 9.9 мг/л. Величина $\text{pH}=7,5$ характеризуют нейтральную обстановку, температура воды 9.7 °С. Воды озера очень жесткие, общая жесткость воды 23.3 мг-экв/л, карбонатная – 3.2 мг- экв/л. Воды минеральных источников также SO_4 –Ca состава, минерализация изменяется в пределах 1.5–2.0 г/л. Данные состава озерных вод и источников (табл. 1) свидетельствует об их близости и доказывают преимущественное подземное питание озера. Тип вод по классификации Курнакова–Валяшко сульфатный, магниевый подтип, который формируется в основном в процессе выщелачивания гипсов и ангидритов. Насыщенность вод сульфатами ($r\text{SO}_4/r\text{Ca}$) не достигает насыщающей концентрации (<1.08).

Таблица 1

Химический состав вод озера Чисвадор-ты и минеральных источников

Компоненты	Озеро (V10/15)	Источники (V5, 6, 7/15)
pH	7.5	7.6–8.1
Минерализация, г/л	1.54	1.48–2.05
Na ⁺ , мг/л	5.6	25.3–7.2
Ca ²⁺	430	410–550
Mg ²⁺	22	17–41
Fe ^{общ}	<0.01	<0.01 –0.02
Sr ²⁺	3.6	2.8–5.2
Cl ⁻	2.4	1.6–5.0
SO ₄ ²⁻	880	860–1240
HCO ₃ ⁻	197	184–205
H ₂ SiO ₃	13.8	13.8–14.4
PO ₄ ³⁻	0.13	0.06–0.17
rNa/rCl	3.6	2.2–5.3
rSO ₄ /rCa	0.85	0.88–0.96

Донные отложения черного, темно-серого цвета озера Чисвадор-ты имеют сметаноподобную консистенцию с резким запахом сероводорода, при высыхании становятся светло-серыми. Они загрязнены неперегнившими растительными остатками (листья, ветки и др.) до 20%. В

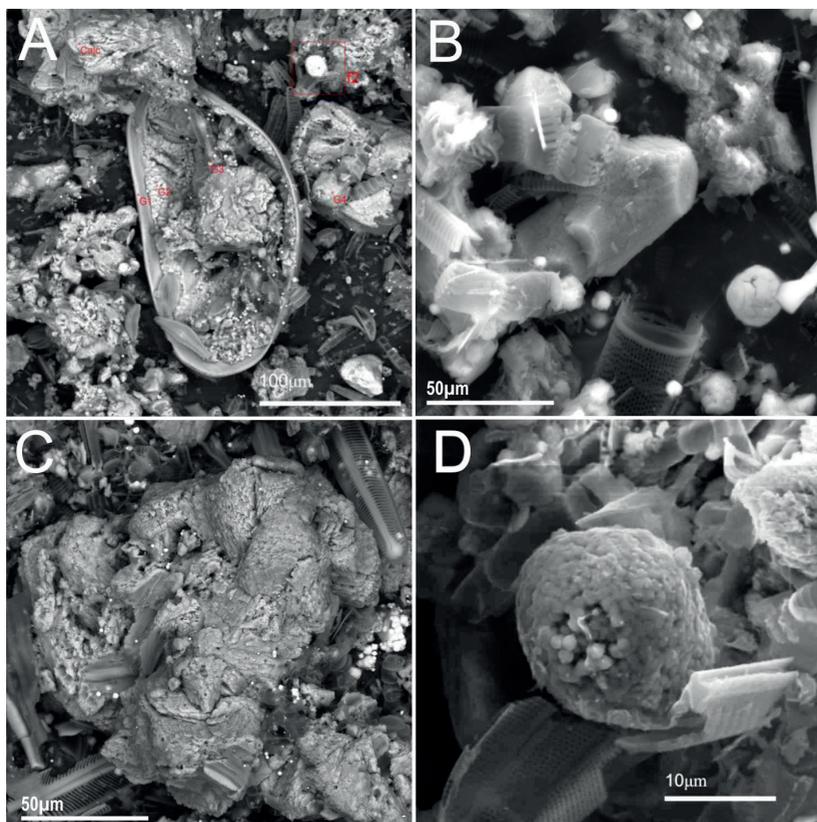


Рис. 3. Биоминеральные образования грязей о. Чисвдор-ты (обр. V9/2015): а – общий вид осадка, изображение в режиме BSE; в – кристаллы кальцита (Cal) и пирита (Py), изображение в режиме SE; с – агрегаты кальцита, изображение в режиме BSE; d – фрамбонд-пиритный агрегат, изображение в режиме SE.

образцах обнаружены многочисленные различные раковины и диатомовые водоросли (рис. 3), для их массового развития благоприятствует водная среда с большим содержанием кальция, гидрокарбонат-иона и кремниевой кислоты (табл. 1).

По данным рентгено-флуоресцентного анализа осадки озера характеризуются максимальными содержаниями CaO (до 52%) и SiO₂ (до 38%) (табл. 2). Спектральный анализ образцов Чис-1-1, 2-2 свидетельствует о накоплении элементов (в порядке убывания, г/т): Ti (1500–2500), Sr (800–1500), Mn (800–1000), Ba (600–800), V (90–100), Zr (80), Y (25), Pb (25–30), La (25), Mo (20–25), Ni (8–15), Cr (8–10), Cu (4), Ga (2.5–4), Yb (2.5), Be (1–1.5).

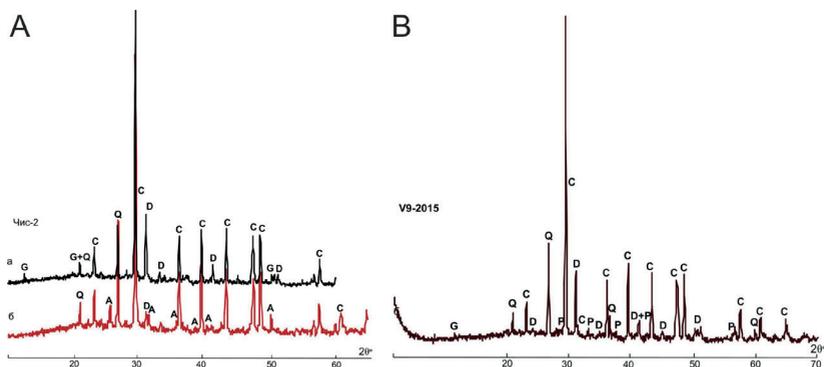


Рис. 4. Рентгеновские дифрактограммы образцов Чис-2 (А – исходного, В – прокаленного) и V9/2015.

А – ангидрит, С – кальцит, D – доломит, G – гипс, P – пирит, Q – кварц.

По рентгеноструктурным данным (рис. 4) в образцах преобладает кальцит (CaCO_3), в несколько меньших количествах присутствуют кварц (SiO_2) и доломит (CaMgCO_3). Отложения Чисвадор-ты характеризуются относительно высоким содержанием рентгеноаморфных фаз, что выражается в повышенном фоне дифрактограмм. Выявлен аморфный кремнезем, из которого состоят панцири диатомовых водорослей. Последние в изобилии отмечены в изучаемых образцах. После прокаливания образцов фон на дифрактограммах несколько снижается, что вероятно связано с разложением органики.

Карбонатная составляющая в минеральном составе озерного осадка составляет свыше 80%, набор рефлексов кальцита $d/n = 3.03, 2.49, 2.28, 2.09, 1.912$ и 1.872 \AA (рис. 4). Методом СЭМ и микрозондового анализа проведены исследования морфологии и химического состава. Кальцит представлен в различных морфологических образованиях (рис. 3): друзы, агрегаты блочные и бесструктурные, редкие монокристаллы кальцита. Из кальцита состоят раковины, корочки обрастания на растительности толщиной до 20 мкм. Содержания СаО в кальцитовых образованиях варьируют от 42 до 50%, постоянно присутствует SO_3 (0.85–3.1%) и P_2O_5 (0.3–0.4%), в отдельных случаях MgO (до 0.18) и FeO (0.3–0.5).

В качестве примесей можно отметить гипс (при нагревании переходящий в ангидрит) и пирит. Интересно то, что по данным СЭМ фрамбоидальный пирит довольно обильно рассеян в образце (рис. 3) и уверенно диагностируется в форме отдельных октаэдрических кристаллов до 10 мкм и фрамбоидальных агрегатов размером до 16 мкм. Состав по

данным электронной спектроскопии: Fe – 41%, S – 50–51%. Но при этом на дифрактограммах пиритовые рефлексы ($d/n \sim 1.63, 2.70, 2.42, 2.20 \text{ \AA}$) крайне малоинтенсивны и чаще всего маскируются отражениями других фаз. Тем не менее, пирит достаточно уверенно можно диагностировать (обр. V9-2015).

Таблица 2

*Химический состав (масс.%) грязей оз. Чисвадор–ты
(по данным рентгено-флуоресцентного анализа, с учетом п.п.п.)*

Компонент	Чисвадор–ты	
	Чис–1-1	Чис–2-2
CaO	44.98	52.08
SiO ₂	37.73	28.0
TiO ₂	0.22	0.23
SO ₃	3.73	4.51
MgO	4.73	5.17
Al ₂ O ₃	3.72	4.90
Fe ₂ O ₃ общ.	3.59	3.72
P ₂ O ₅	0.29	0.29
MnO	0.02	0.03
Na ₂ O	0.26	0.25
K ₂ O	0.55	0.63
SrO	0.11	0.15
BaO	0.09	0.08
П.п.п	14.74	15.97

В осадке встречаются окатанные зерна кварца, альбита, калиевых полевых шпатов до 0,5 мм.

Полуколичественный фазовый анализ выполнялся по дифрактограммам неориентированных образцов Чис–2 в программе PROFEX, в интервале углов 10–60°2 θ . В образцах грязей оз. Чисвадор–ты выявлены кальцит (65–69%), доломит (17–21%), альбит (4–5%), кварц (до 10%), пирит (марказит) и гипс.

Таким образом, проведенные исследования вод и осадков карстового о. Чисвадор–ты показали возможность современного минералообразования, которое в значительной степени определяется геохимическими особенностями водной среды. Сульфатно-кальциевый состав

озерных вод обусловлен поступлением компонентов, главным образом из подземных вод, формирующихся за счет выщелачивания вмещающих водоем сульфатно-карбонатных пород. Образование аутигенных минералов в осадке происходит в восстановительной среде с участием микроорганизмов, преобладает кальцит различной морфологии. Осаждаются также пирит, кварц, доломит, гипс, наблюдаются окатанные аллотигенные минералы: кварц, альбит, калиевые полевые шпаты.

Выражаем благодарность за высококачественное выполнение аналитических исследований сотрудникам ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН Л.А. Антоновой, С.Т. Неверову, Е.М. Тронникову.

Библиографический список

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации (третье поколение). Масштаб 1:1 000 000. Мезенская серия – Лист Р-39 (Сыктывкар). / Пармузин Н. М., Якобсон К. Э., Вовшина А. Ю., Воинова О. А. и др. СПб: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2016.
2. Митюшева Т.П., Каткова В. И. Роль харовых водорослей в континентальном карбонатном осадконакоплении озера Черманты (Тиман)/ Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол. 2015. Т. 90 Вып. 5. С. 41–51.
3. Ртищева Е.В. Отчет о рекогносцировочном исследовании минеральных вод и грязей на территории Коми АССР и Ненецкого округа Архангельской области (Минералводская партия экспедиции 17-го района, 1952). Ленинград, 1953. (Рукописная).

THE MINERALOGY AND GEOCHEMISTRY OF THE CHISVADOR-TY KARST LAKE MUD (KOMI REPUBLIC)

Mityusheva T.P., Simakova Y.S.

mityusheva@geo.komisc.ru

The mineralogical and geochemical features of bottom sediments and waters of the Chisvador-ty karst lake, located in the zone of Lower Permian rocks in the Southern Timan, are characterized. The results obtained make it possible to specify the processes of modern continental carbonate mineral formation in an aqueous medium of sulphate-calcium composition. The mineral composition of lake mud is presented by dominated calcite of various morphological types, authigenic pyrite, quartz, dolomite, gypsum as well as allogenic quartz, albite, and potassium feldspar. The Chisvador-ty deposits are characterized by a relatively high content of amorphous phases.

Keywords: sediment, calcite, pyrite, karst lake, sulphate-calcium waters, Timan, Komi Republic.