УДК 624.131.1

Р.Э.ДАШКО, *д-р геол.-минерал. наук, профессор, regda2002@mail.ru*
Н.А.ПЕРЕВОЩИКОВА, *аспирантка, perevoshikova-n@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург
Д.Ю.ВЛАСОВ, *д-р биол. наук, доцент, Dmitry.Vlasov@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный университет

R.E.DASHKO, *Dr. in geol. & min. sc., professor, regda2002@mail.ru*
N.A.PEREVOSHCHIKOVA, *post-graduate student, perevoshikova-n@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg
D.Yu.VLASOV, *Dr. biolog. sc., associate professor, Dmitry.Vlasov@mail.ru*
Saint-Petersburg State University

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБОСНОВАНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ БЕТОННЫХ СООРУЖЕНИЙ ЧЕБОКСАРСКОЙ ГЭС

Выявлены особенности инженерно-геологических и гидрологических условий основания бетонных сооружений. Проанализированы факторы формирования экологической обстановки в придонной зоне водохранилища Чебоксарской ГЭС. Рассмотрено изменение активности и численности микроорганизмов в воде и донных отложениях водохранилища. Изложены результаты специализированной съемки в сухой потерне о состоянии бетонов здания ГЭС и водосливной плотины в 2010-2011 годах, проведена сравнительная оценка микробиологической деятельности, которая способствует развитию активной биокоррозии бетонов и металлов.

***Ключевые слова*:** Чебоксарская ГЭС, бетонные сооружения, водохранилище, тектонические нарушения, глины татарского отдела пермской системы, донные отложения, микромицеты, бактерии, сухая потерна, фильтрация, подземные воды, формы разрушения бетонов, биокоррозия.

ENGINEERING-GEOLOGICAL AND GEOECOLOGICAL ASPECTS OF A SUBSTANTIATION OF LONG STABILITY OF CONCRETE CONSTRUCTIONS OF CHEBOKSARY HYDROELECTRIC POWER PLANT

Features of engineering-geological and hydrological conditions of the basis of concrete constructions are analyzed. Factors of formation of ecological conditions in a bottom zone of a water basin of Cheboksary hydroelectric power plant are analyzed. The maintenance and change of activity and number of microorganisms in water and ground adjournment of a water basin is considered. Results of specialized shooting in dry gallery about a condition of concrete of a building of hydroelectric power plant and an spillway dike in 2010-2011 are stated, the comparative estimation of microbiological activity which promotes development of active biocorrosion of concrete and metals is spent.

***Key words*:** Cheboksary hydroelectric power plant, concrete constructions, a water basin, tectonic infringements, Tatar's clay of the Perm system, ground adjournment, microfunges, bacteria, dry gallery, a filtration, underground waters, forms of destruction of concrete, biocorrosion.

Чебоксарская ГЭС расположена в среднем течении р. Волги на территории Республики Чувашия и является пятой ступенью Волжско-Камского каскада ГЭС. Низконапорная гидроэлектростанция руслового типа в Чебоксарах состоит из двухниточного шлюза, здания ГЭС (девять секций) с монтажной площадкой, водосливной плотины (две секции), пойменной земляной плотины и дамбы аванпоста. Особое внимание уделяется анализу устойчивости бетонных сооружений: зданию ГЭС и водосливной плотине – ВСП [3].

В настоящее время Чебоксарская ГЭС эксплуатируется на отметках, не соответствующих проектным (уровень верхнего бьефа с момента строительства варьирует от 61,0 до 63,0 м, вместо запланированных 68,0 м). Решение проблемы поднятия уровня воды в водохранилище связано с неготовностью инженерной защиты территории от затопления, а также разногласиями между Республиками Чувашия и Марий Эл.

Участок Чебоксарского гидроузла находится в сложных инженерно-геологических, гидрогеологических и геоэкологических условиях. Основание ГЭС оконтурено крупными тектоническими разломами, имеющими региональное простирание в сторону верхнего бьефа, а в зоне сопряжения здания ГЭС (9-я секция) и водосливной плотины (1-я секция) установлено наличие разрывного нарушения в виде сброса (рис.1). Самым заглубленным является здание ГЭС, в основании которого прослеживаются отложения серии Д сарминской свиты татарского отдела пермской системы, представленные толщей переслаивания известняков с мергелями и маломощными, но выдержанными по простиранию прослоями глин (0,03-0,30 м). Контур подошвы ВСП находится на более высоких отметках (понур на отметке 35,4 м и водослив 33,8 м) по сравнению со зданием ГЭС (отметка подошвы 23,4 м) и подстилается отложениями серии Е (слои 28-29), в разрезе которой преобладают глины сарминской свиты татарского отдела верхней перми с различным содержанием карбонатов, с линзами и прослоями алеврита [2].

Суммарное содержание карбонатов в глинистых породах варьирует обычно от 1-5 до 25 %, реже составляет 40-65 % и в этом случае порода уже классифицируется как мергель.

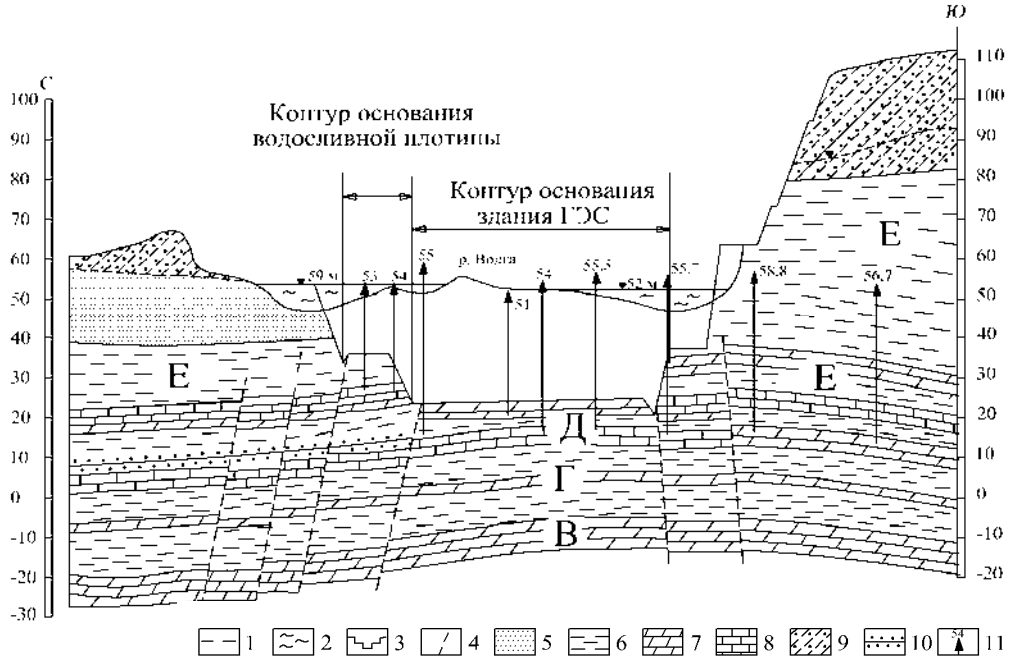


Рис.1. Схематический геолого-литологический разрез основания водосливной плотины и здания Чебоксарской ГЭС
1 – уровень подземных вод; 2 – речная вода; 3 – контур основания ГЭС; 4 – тектоническое нарушение; 5 – пески; 6 – аргиллиты; 7 – мергели; 8 – известняки; 9 – суглинки;10 – алевролиты; 11 – пьезометрический уровень (до начала строительства)

Минеральный состав татарских глин определялся на стадии изысканий электронномикроскопическим методом и с помощью рентгеновского анализа. По результатам экспериментов в тонкой фракции глин серии Е преобладающим минералом является гидрослюда, а у глин серии Д – монтмориллонит и гидрослюда, а также присутствует активный минерал палыгорскит. При этом для верхней и средней части серии Д, т.е. для пачек Д-1 и Д-2, содержание гидрослюды в тонкой фракции глин несколько превышает содержание монтмориллонита. В глинах же нижней части серии Д (пачка Д-3) и слое Г-1 серии Г, залегающих непосредственно в основании, наоборот, превалирующую роль играет монтмориллонит. В глинах пачки Д-3 тонкая фракция, согласно электронномикроскопическому анализу, представлена только монтмориллонитом (емкость обменных катионов составляет 47-67 мг-экв/100 г), что согласуется с минеральным составом. В серии Г преобладает высокоактивная гидрослюда с емкостью поглощения 31-37 мг-экв/100 г. Глины с указанным минеральным составом тонкой фракции должны обладать высокой гидрофильностью и способностью к набуханию, особенно глины серий Д и Г. Высокая степень литификации глин, а также значительное содержание в них карбонатов определяют наличие цементационных связей, что служит важнейшим фактором формирования прочности и деформационных особенностей этих отложений.

При исследовании гранулометрического состава глин серии Е (рис.1) было выявлено влияние сильного коагулирующего эффекта щелочно-земельных элементов – кальция и магния. При определении гранулометрического состава ареометрическим методом глинистая фракция не выделяется (табл.1). Эксперименты по определению гранулометрического состава, проведенные в феврале 2012 г. на кафедре гидрогеологии и инженерной геологии Горного университета с использованием метода лазерной дифракции на приборе Mastersizer, показали, что даже при применении диспергатора (раствора аммиака) агрегированность тонкодисперсных частиц оставалась высокой, хотя глинистая фракция была выделена и варьировала в пределах 4,6-7,4 %. Согласно полученным данным, эти отложения классифицируются как супесь (табл.1). Определение числа пластичности, которое в современной практике инженерно-геологических исследований используется как критерий оценки гранулометрического типа глинистых отложений, показало, что породы относятся к типичным глинам с достаточно высокой физико-химической активностью на счет присутствия минерала палыгорскита, в то время

Таблица 1

Результаты определения гранулометрического состава различными методами и числа пластичности татарских глинистых отложений серии Е

Номер пробы	Гранулометрический состав по фракциям, %			Название согласно гранулометрическому составу	Число пластичности J_d	Название согласно числу пластичности
	Песчаная (0,25-0,05 мм)	Пылеватая (0,05-0,002 мм)	Глинистая (<0,002 мм)			
1*	12,0	88,0	–	Алеврит	25	Глина
1-п	39,98	55,6	4,60	Супесь пылеватая	22,0	
1-с	39,66	53,6	6,72			
1-с/д	15,6	78,2	6,21			
2-п	16,03	79,1	4,90		31,5	
2-с	2,5	91,0	6,46			
2-с/д	19,49	73,6	6,88			
3-п	14,49	81,2	4,27		36,2	
3-с	7,59	86,5	5,91			
3-с/д	13,21	79,4	7,35			

Примечание. Гранулометрический анализ пробы 1* выполнен ареометрическим методом. Гранулометрический состав остальных проб изучался при помощи метода лазерной дифракции на установке «Mastersizer»: пробы 1-с, 2-с, 3-с изучались в суспензии; пробы 1-п, 2-п, 3-п – в пасте; пробы 1-с/д, 2-с/д, 3-с/д – в суспензии с использованием диспергатора.

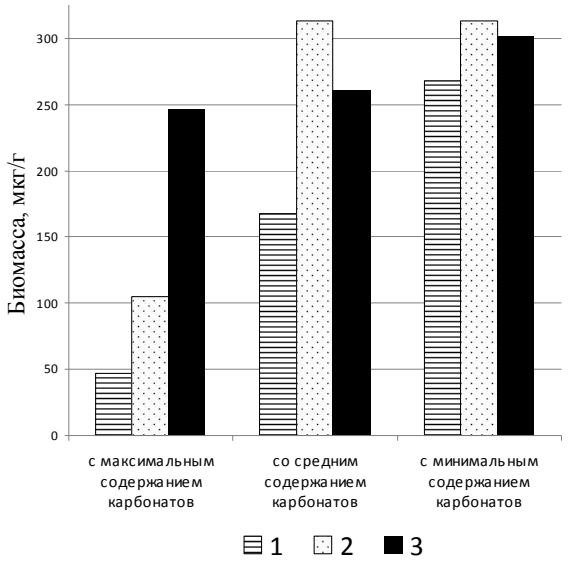


Рис.2. Изменение содержания биомассы (микробного белка) в глинах серии Е с различным содержанием карбонатов в зависимости от условий эксперимента:
1 – при поддержании температуры 25 °С;
2 – при поддержании температуры 30-35 °С;
3 – при добавлении питательного и энергетического субстрата

как основной глинистый минерал серии Е – гидрослюда. Отмечается несоответствие определенного гранулометрического состава числу пластичности.

Оценка показателей сопротивления сдвигу глинистых отложений серии Е и Д на стадии изысканий проводилась некорректно, без учета влияния микро- и макротрещиноватости, хотя неоднократно подчеркивалось, что эти отложения за счет макро- и микротрещиноватости не могут служить надежным водоупором. Кроме того, для испытаний на прочность пород применялись одноплоскостные сдвижные приборы, в которых при наличии жестких стенок негативное влияние микротрещиноватости на прочность пород не проявляется. Следует также учитывать, что плотные глины должны исследоваться при нормальных значениях давлений $\sigma > R_{сж}/2$ ($R_{сж}$ – прочность породы на одноосное сжатие), в противном случае, при $\sigma < R_{сж}/2$, образцы в срезном приборе работают на отрыв и значение сопротивления сдвигу снижается. Соответственно, возрастает величина угла внутреннего трения φ. С учетом вещественного состава глин, значение φ не может иметь высоких значений ($\varphi \leq 10^{o}$). Неравномерное содержание карбонатов определяет различную сцементированность глин, и параметры их естественной прочности варьируют от средних значений (c = 0,082 МПа, tgφ = 0,62) до минимальных (c = 0,025 МПа, tgφ = 0,3). Минимальные параметры получены для разуплотненных глинистых отложений.

Для учета микро- и макротрещиноватости необходимо ввести в параметр сцепления коэффициент структурного ослабления, который для литифицированных глинистых отложений, согласно исследованиям, выполненным во ВНИМИ и Горном университете, составляет 0,3-0,4. Прогнозирование изменения параметров сопротивления сдвигу в период эксплуатации сооружений должно базироваться на изучении процессов растворения и выщелачивания карбонатов в условиях отсутствия набухания пород и роста их микробной пораженности за счет фильтрации контаминированных вод водохранилища и восходящего перетекания подземных вод как источников поступления микроорганизмов и питательных субстратов в толщу трещиноватых глин.

Исследования, выполненные в феврале 2012 г., показали, что татарские глины относятся к микробно пораженным грунтам (рис.2). Величина биомассы, определяемая по количеству микробного белка, зависела от увлажнения и температуры, а также поступления питательного и энергетического компонентов. В первом опыте проба увлажнялась дистиллированной водой при T = 25 °С, во втором – образец нагревали и поддерживали температуру 30-35 °С без возможности испарения воды из образца. В третьем эксперименте с татарскими глинистыми отложениями происходила дополнительная подача питательной жидкой среды, содержащей биогенные элементы (нитрат калия, однозамещенный фосфат калия, двузамещенный фосфат натрия, сульфат магния). Увеличение содержания биомассы исследовалось в зависимости от количества карбонатов в глинах. Рост содержания карбонатов способствует увеличению щелочности водной среды, что подавляет развитие микробиоты и, соответственно, рост биомассы. Кроме того, сорбционная способ-

ность карбонатов имеет более низкие значения по сравнению с глинистыми породами. Наибольшая величина биомассы была получена в глинах с минимальным содержанием карбонатов. Вместе с тем развитие микроорганизмов в толще трещиноватых глин будет способствовать снижению показателей прочности и росту деформируемости глин за счет пластической составляющей. В ходе эксперимента в высокоактивных глинах отмечалось развитие микробиоты при подаче питательных элементов.

Как известно, микроорганизмы способны развиваться в различных условиях среды обитания при широком варьировании температур, кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий. Необходимым условием для развития и активной деятельности микроорганизмов является наличие воды, в том числе и в сорбированной форме, характерной для жидкой фазы дисперсных отложений, поскольку микробиота способна усваивать только растворенные в воде питательные субстраты, среди которых важнейшее значение имеют соединения, содержащие такие элементы, как C, O, H, N, P, S, K, Ca, Mg, Fe, в меньшей степени Na [1].

Часть микроорганизмов в подземном пространстве может быть привнесенной за счет восходящего перетекания подземных вод и (или) газовых флюидов через поры и трещины в толще пород, а также нисходящего движения поверхностных и подземных вод, инфильтрации и утечек загрязненных вод [1]. Два цикла исследований, проведенных в 2010-2011 годах и включающих отбор проб воды со стороны верхнего и нижнего бьефа и дальнейший микробиологический анализ видового состава и численности колониеобразующих единиц (КОЕ), подтверждают, что донные отложения Чебоксарского водохранилища имеют высокую степень микробной пораженности (табл.2). Общее число бактерий в придонной воде верхнего бьефа достигало $1{,}6 \cdot 10^5$ КОЕ/мл, что составляет приблизительно 10 % от количества микроорганизмов, сорбированных и закрепленных на минеральной (твердой) фазе илов.

Высокое содержание микроорганизмов в донных отложениях и водной среде спровоцировано экологическим состоянием водохранилища. Затопленные пашни, усадьбы на площади 7,7 тыс.га, сенокосы и выгоны скота – 46,5 тыс.га, бывшие лесные угодья – 97,8 тыс.га, незавершенное строительство систем инженерной защиты, а также отсутствие водоохранных зон создают благоприятные условия для активизации, увеличения численности и видового разнообразия микроорганизмов.

Обогащение микроорганизмами происходит также за счет затопленных болот и торфов на низкой и верхней поймах р. Волги, а также свалок и захороненных кладбищ, способствуя увеличению численности гетеротрофных микроорганизмов, в том числе анаэробных и факультативных. Дополнительный привнос микроорганизмов обеспечивается за счет разгрузки подземных мине-

Таблица 2

Численность микромицетов и бактерий в донных отложениях верхнего и нижнего бьефа Чебоксарской ГЭС

Место отбора пробы донных отложений	Дата отбора пробы	Виды микромицетов	Численность микромицетов (КОЕ в 1 г материала)	Общее число бактерий (ОМЧ) КОЕ в 1 г материала
Верхний бьеф	Июль 2010 г.	*Gliocladium catenulatum*, *Mucor hiemalis*, *Penicillium citreo-nigrum*, *Trichoderma viride*	1400	$3{,}8 \cdot 10^8$
	Июль 2011 г.	*Humicola grisea*, *Scytalidium lignicola*, *Mucor racemosus*, *Trichoderma viride*, *Fusarium chlamydosporum*, бактериальные колонии обильны	6000	$3{,}0 \cdot 10^7$
Нижний бьеф	Июль 2010 г.	*Fusarium sporotrichioides*, *Mucor hiemalis*, *Myceliophthora sp.*, *Penicillium brevicompactum*, *Rhizopus stolonifer*, *Trichoderma viride*	1200	$3{,}6 \cdot 10^6$
	Июль 2011 г.	*Trichoderma aurantiogriseum*, *Mucor racemosus*, *Trichoderma koningii*, бактериальные колонии обильны	1000	$1{,}4 \cdot 10^8$

рализованных вод глубоких горизонтов в процессе их восходящей фильтрации из водоносных горизонтов татарского отдела. И, как следствие, происходит увеличение питательных субстратов в водной среде. В результате исследований 2010 г. по гидрохимическим створам в пределах верхнего бьефа водохранилища было определено содержание органики в воде по величине химического потребления кислорода – ХПК (от 23,1 до 28,4 мг O_2/дм^3) и перманганатной окисляемости – 9,9-10,8 мг O_2/дм^3. Замеры величины окислительно-восстановительного потенциала Eh (in situ) зафиксировали анаэробные условия в придонной части водохранилища (от –8 до –35 мВ).

За состоянием бетонных сооружений Чебоксарской ГЭС ведется постоянное наблюдение диагностической службой Чебоксарской ГЭС, однако анализ причин разрушения бетонных сооружений не проводится. Наибольшая степень трещиноватости отмечается в бетонах водосливной плотины. В 1-й секции водосливной плотины общая протяженность всех трещин составила 125 м, а во 2-й – почти 143 м. Большинство трещин поперечные, что свидетельствует о действии растягивающих напряжений в продольном направлении. В ходе обследования состояния бетонных сооружений Чебоксарской ГЭС, выполненного сотрудниками Горного университета, в выявленных дезинтегрированных зонах было зафиксировано выщелачивание бетона, вынос компонента материала, используемого при ремонтных работах, формирование натечных форм (сталактитов и высолов), образование течей и капежа воды на стенах и потолочине потерны.

В пределах сухой потерны были отобраны пробы разрушенных конструкционных материалов и натечных форм для последующего микробиологического анализа и установления значимости биокоррозии бетонных и металлических конструкций Чебоксарской ГЭС (табл.3). Численность колониеобразующих единиц микромицетов в некоторых пробах разрушенного материала достигало 15000 КОЕ/г (высолы, отобранные в 3-й секции здания ГЭС), что указывает на непосредственное участие грибов в деструктивных процессах, а также в накоплении общей микробной биомассы в зоне протекания коррозионных процессов и на формирование различных натечных образо-

Таблица 3

Результаты микробиологических исследований натечных форм и разрушенных конструкционных материалов в сухой потерне здания ГЭС и водосливной плотины

Номер секции	Общее количество трещин в секции, шт	Общая протяженность трещин в секции, м	Описание пробы	Общее число бактерий (КОЕ в 1 г материала)	Численность микромицетов (КОЕ в 1 г материала)	Год исследований
ЗДАНИЕ ГЭС						
с-1	38	57,9	Высолы	$2{,}1\cdot10^5$	2250	2010
с-2	27	34,7	Сталактиты	$2{,}8\cdot10^6$	12500	2011
			Разрушенное железо (окантовка блоков)	$2{,}5\cdot10^6$	5000	2010
с-3	34	53,4	Высолы	$8{,}5\cdot10^5$	15000	2011
с-4	30	49,8	Сталактиты	$2{,}9\cdot10^7$	11000	2011
с-5	42	71,2	Высолы	$2{,}4\cdot10^7$	Нет роста грибов	–
с-6	54	114,1	Сталактиты	$6{,}3\cdot10^7$	4500	2011
с-7	55	104,2	Высолы	$8{,}8\cdot10^6$	500	2011
с-8	48	99,1	«	–	5000	2011
с-9	39	79,6	Сталактиты	$5{,}6\cdot10^7$	10000	2011
ВОДОСЛИВНАЯ ПЛОТИНА						
с-1	56	125,3	Материал, применяемый при ремонтных работах	$1{,}4\cdot10^6$	15000	2011
с-2	60	142,8	То же	$1{,}0\cdot10^4$	12000	2011

ваний. Высокий уровень микологического поражения зафиксирован в пробах материала, используемого для залечивания трещин, стыков и других дефектов в 1-й и во 2-й секции водосливной плотины. Численность микроорганизмов в них достигало 15000 и 12000 КОЕ/г соответственно.

Стоит также отметить, что высокая численность микромицетов и бактерий была обнаружена в пробах, отобранных во 2-, 3-, 4- и 9-й секциях здания ГЭС, что свидетельствует об активных процессах биокоррозии в данных секциях. Преобладание в видовом отношении плесневых грибов из рода *Penicillium* (*Penicillium brevicompactum*, *Penicillium citrinum*, *Penicillium decumbens*), известных как активные агенты биологической коррозии бетонных и металлических конструкций, зафиксировано в местах повышенной влажности материалов, хотя данные микромицеты способны развиваться внутри помещений даже при невысокой влажности.

Выполненные работы позволяют оценить роль биокоррозионных процессов в разрушении бетонов водосливной плотины и здания. Скорость и активность разрушения материалов в результате деятельности микроорганизмов значительно превышает скорость физико-химических и химических процессов коррозии. Данные табл.3 свидетельствуют, что в материалах, используемых для ремонтных работ, на основе органических соединений – сольвент (смесь ароматических углеводородов с невысоким содержанием нафтенов, парафинов и циклических непредельных углеводородов) активно развивается микрофлора, причем заметна нарастающая динамика развития за короткий промежуток времени. Такой материал должен рассматриваться как катализатор микробной деятельности за счет поступления питательного и энергетического субстрата и запрещен для проведения ремонтных работ на рассматриваемом объекте.

Таблица 4

Видовой состав и характеристики микромицетов, выявленных в ходе микологического анализа разрушенных материалов в бетонных сооружениях в 2011 г.

№ п/п	Виды микромицетов	Встречаемость в пробах, %	Степень агрессивности по отношению к строительным материалам	№ п/п	Виды микромицетов	Встречаемость в пробах, %	Степень агрессивности по отношению к строительным материалам
1	*Acremonium roseo-griseum*	4,5	+	12	*Penicillium brevicompactum*	18,2	++
2	*Alternaria alternata*	4,5	++	13	*Penicillium citrinum*	22,7	++
3	*Chrysosporium pannorum*	9	+	14	*Penicillium decumbens*	36,4	+
4	*Cladosporium cladosporioides*	13,6	++	15	*Penicillium frequentans*	4,5	+
5	*Cladosporium sphaerospermum*	59	++	16	*Penicillium roqueforti*	4,5	+
6	*Fusarium solani*	4,5	+	17	*Phialophora sp.*	4,5	+
7	*Fusarium chlamydosporum*	9	+	18	*Scytalidium lignicola*	4,5	+
8	*Fusarium semitectum*	4,5	+	19	*Trichoderma aurantiogriseum*	4,5%	+
9	*Humicola grisea*	4,5	+	20	*Trichoderma koningii*	4,5%	+
10	*Mucor hiemalis*	4,5	+	21	Trichoderma viride	13,6%	++
11	*Mucor racemosus*	9	+	22	Неспороносящий светлоокрашенный гриб	9%	+–

Примечание. (++) – активные биодеструкторы материалов и изделий; (+) – деструкторы материалов и изделий; (+–) – деструктивные свойства мало изучены.

По результатам микробиологических исследований, выполненных в 2011 г., выявлено 22 вида микромицетов, обладающих различной степенью агрессивности по отношению к строительным материалам, в данном случае к бетонам. Весьма высокой коррозионной способностью обладают только шесть видов микромицетов, однако их содержание в исследованных пробах достигает высоких значений. Так, например, вид *Cladosporium sphaerospermum* встречен в 59 % пробах, *Penicillium citrinum* – в 22,7 %. В 18,2 % пробах был обнаружен вид *Penicillium brevicompactum*. Реже (13,6 % проб) был встречен *Cladosporium cladosporioides u Trichoderma viride* (табл.4).

Выполненные исследования показывают, что необходимо обратить особое внимание на причины развития трещиноватости в теле бетонных сооружений. За счет дезинтеграции бетона формируется фильтрационный поток поверхностных вод из верхнего бьефа водохранилища с достаточно высоким содержанием микроорганизмов через тело сооружений. Следует также отметить поступление микробиоты при разгрузке напорных минерализованных вод из глубоких водоносных горизонтов, что повсеместно отмечается по результатам обследования состава воды в пьезометрах. Прогрессирующее разрушение бетонных сооружений должно быть проанализировано с позиций влияния развития неравномерных осадок основания сооружений за счет изменения прочности и деформационной способности глинистых и карбонатных отложений при неустойчивом гидродинамическом режиме и агрессивном воздействии поверхностных и подземных вод. Кроме того, необходима организация специализированного биохимического мониторинга за коррозионными процессами в теле бетонных сооружений, на основе которого должен быть разработан регламент подбора биоустойчивых материалов для проведения работ.

Авторы статьи благодарят руководителя отдела диагностики Чебоксарской ГЭС Н.А.Шабалина за помощь, оказанную при проведении съемки в сухой потерне и исследовательских работ на водохранилище, а также за предоставление материалов по состоянию бетонных сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дашко Р.Э.* Микробиота в геологической среде: ее роль и последствия // Сергеевские чтения: Матер. годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. М.: ГЕОС, 2000. С.72-78.

2. *Ларионов А.Д.* Чебоксарская плотина на р. Волге / А.Д.Ларионов, С.П.Егоров, Н.П.Ларионова // Геология и плотины. 1962. Т.8. С.78-104.

3. *Макаров В.Б.* Чебоксарская гидроэлектростанция / В.Б.Макаров, Л.Т.Фридлянов // Труды Гидропроекта. 2002. № 7. С.28-40.

REFERENCES

1. *Dashko R.E.* Sergeevskie chtenija: Mater. annual session of the Scientific Council on Problems of Geoecology, engineering geology and hydrogeology. Moscow: GEOS, 2000. P.72-78.

2. *Larionov A.D.*, *Egor S.P.*, *Larionova N.P.* A Cheboksary dam on the river to Volga // Geology and dams. 1962. V.8. P.78-104.

3. *Makarov V.B.*, *Fridljanov L.T.* Cheboksary hydroelectric power station // Works of the Hydroproject. 2002. № 7. P.28-40.