Записки Санкт-Петербургского горного института им.Г.В.Плеханова.
Т. 133. СПб, 1992

УДК 624.131.43

Ю.Г.ВИШНЕВСКАЯ

О ТРАНСФОРМАЦИИ СОСТАВА И СВОЙСТВ ОЗЕРНО-ЛЕДНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СООРУЖЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ГИДРОТЕХНИКИ (ПО "ФОСФОРИТ")

Необходимость изучения изменения состава и свойств пород в районе размещения хвостохранилищ ПО "Фосфорит" связана с проблемой временного прогноза устойчивости основания и откосов этих сооружений, эксплуатация которых осуществляется с 1963 г.

В основании хвостохранилищ залегает комплекс четвертичных отложений, среди которых наиболее слабыми и определяющими условия устойчивости намывных дамб и основания накопителей отходов являются озерно-ледниковые глинистые отложения. В результате длительных наблюдений, начатых в 1976 г., было выяснено, что при оценке изменения свойств пород процесс фильтрационной консолидации не имеет принципиального значения [3]. С 1986 г. проводилось исследование влияния физико-химических процессов, а с 1988 г. влияния биотической компоненты на изменение состояния и свойств пород.

Развитие комплекса физико-химических и микробиологических процессов связано с изменением гидродинамической и гидрохимической обстановки в контурной и законтурной зонах хвостохранилища. Внутри контура накопителя происходил быстрый подъем уровня подземных вод, сопровождающийся процессом формирования единого водоносного комплекса, который условно может быть разделен на два водоносных горизонта. Верхний из них приурочен к техногенным породам (пескам), нижний - к озерно-ледниковым отложениям, водоупором для которых служат моренные суглинки. Вне контура хвостохранилища уровень подземных вод в озерно-ледниковых отложениях определяется режимом работы дренажной канавы и количеством атмосферных осадков. Особую роль играет формирование нового состава подземных вод за счет существования прудковой зоны и дренажных канав хвостохранилища. При фильтрации техногенных вод через толщу пород происходит ряд физико-химических процессов между компонентом жидкой фазы отходов обогащения и минеральной составляющей глинистых пород: ионный обмен, сорбция, преобразование минерального компонента породы, окислительно-восстановительные процессы. Интенсивность таких процессов зависит от активности породы, механизма массопереноса и окислительно-восстановительных условий в системе вода - порода.

Промышленные стоки хвостохранилища ПО "Фосфорит" содержат органические и неорганические компоненты. Основными загрязняющими веществами являются органические: соляровое масло и керосин, используемые в процессе флотации, среди неорганических следует выделить фториды и фосфаты. В связи с слабощелочным характером техногенных вод значительного химического преобразования минералов глинистых пород не происходит. Установлено, что основными процессами, протекающими на поверхности минералов, являются ионный обмен адсорбция компонентов из раствора, причем ионный обмен не влияет существенно на изменение свойств пород [2].

Известно, что накопление углеводородных соединений в песчано-глинистых породах привело бы к значительной гидрофобизации поверхности минеральных зерен, что, в свою очередь, способствовало бы интенсивному агрегированию породы и, соответственно, повышению угла внутреннего трения. Наши исследования показали, что при внесении солярового масла в глинистую породу угол внутреннего трения увеличивается с 8 до 37°. Подобного изменения свойств глинистых пород в процессе длительных наблюдений и проведения полевых экспериментов в толще озерно-ледниковых отложений не обнаружено, напротив, наблюдается уменьшение параметров сопротивления сдвигу, в том числе и угла внутреннего трения.

По данным гидрохимического опробования установлено снижение концентрации органических соединений в подземных водах по мере удаления от источника загрязнения. Такое снижение содержания этих компонентов происходит за счет их разложения путем химического и микробиологического окисления. Химическое окисление органического вещества способствует изменению окислительно-восстановительной обстановки в подземных водах, а также переходу трехвалентного железа в двухвалентную форму (рис.1). Микробиологическое окисление предопределяет дальнейшую деградацию окисленного органического

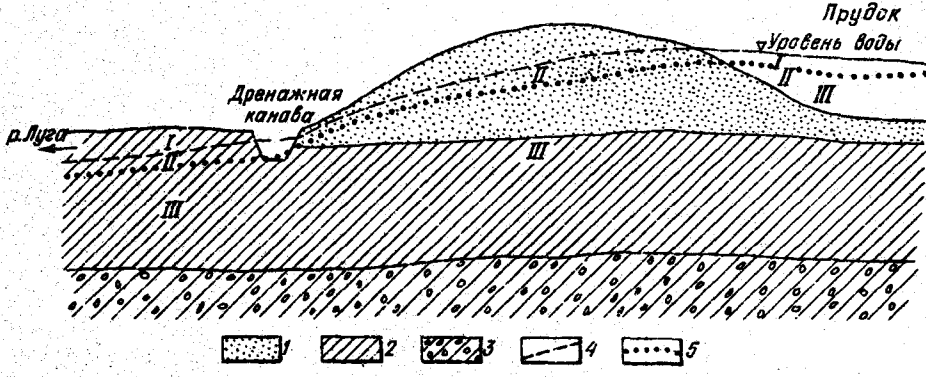


Рис.1. Схематизация окислительно-восстановительных условий в районе размещения хвостохранилищ ПО "Фосфорит"

1 – техногенные отложения; 2 и 3 – озерно-ледниковые и моренные отложения; 4 – уровень грунтовых вод; 5 – граница зон с различными окислительно-восстановительными условиями; I – зона с окислительными условиями; II – переходная зона; III – зона с восстановительными условиями

продукта. Активизация жизнедеятельности различных физиологических групп микроорганизмов сопровождается накоплением белковых соединений. В результате биохимических реакций возникает вероятность изменения вещественного состава минеральной части и свойств пород, а также состава поровой воды.

При рассмотрении законтурной области хвостохранилищ необходимо отметить наличие зоны аэрации в озерно-ледниковых отложениях, сменяющуюся ниже уровня грунтовых вод восстановительной зоной (см. рис.I), где происходит переход окисных форм железа в закисные. Такая трансформация соединений железа, перевод его из нерастворимых форм в растворимые вызывает разрушение цементирующих глинистую породу соединений. В связи с этим в зоне колебания уровня грунтовых вод наиболее активно происходит изменение состава и свойств пород за счет физико-химических и микробиологических процессов.

С точки зрения обеспечения устойчивости сооружения принципиальное значение имеет изменение состава и свойств пород основания хвостохранилищ и как следствие изменение их прочности. В законтурной зоне основную роль играет изменение фильтрационных и физико-химических свойств глинистых пород, а в зоне возможного выпора - снижение их прочности.

Для изучения влияния физико-химических и микробиологических процессов, протекающих в глинистых породах, на их свойства был проведен цикл лабораторных и полевых экспериментов.

Интенсивность утилизации солярового масла биоценозами, формирующимися в зоне влияния хвостохранилищ ПО "Фосфорит", и их влияние на преобразование состава глинистых пород исследовалось в условиях лабораторного эксперимента. Для этого было поставлено шесть модельных опытов. Исходной породой для всех опытов служили озерно-ледниковые глинистые отложения, отобранные вне зоны загрязнения хвостохранилищ. Ранее проведенными исследованиями было установлено, что глинистая составляющая озерно-ледниковых отложений, не подвергшаяся техногенным воздействиям, в основном представлена гидрослюдой, каолинит встречается крайне редко [4].

Приготовление образцов осуществлялось следующим образом. Навеска сухой породы замешивалась с определенным количеством дистиллированной воды, эмульсии солярового масла и чистым соляровым маслом. Понятно, что дистиллированная вода или соляровое масло в поровом растворе глинистых пород в реальных условиях не встречаются, и эти образцы должны были характеризовать предельные условия. Затем приготовленные образцы были прикрыты почвенным слоем из законтурной зоны хвостохранилищ и помещены в растворы различного состава: дистиллированную воду, прудковую воду, эмульсию солярового масла различной концентрации, соляровое масло. Опыты проводились в течение семи месяцев в статических условиях при температуре 18 °С в темном помещении. Через семь месяцев из всех образцов была отмучена глинистая фракция диаметром менее 0,002 мм, на которой и проводились исследования минерального состава рентгеновским методом. Одновременно определялось содержание суммарного белка (СБ), образовавшегося в процессе активизации микробиологической деятельности.

Анализ полученных рентгенограмм свидетельствует о том, что все образцы имеют сходный минеральный состав: гидрослюда, плагиоклаз, кварц, хлорит. Для оценки интенсивности деградации гидрослюды использовался коэффициент η, равный отношению площади пика данного глинистого минерала к площади пика кварца как самого устойчивого минерала. Следует отметить, что наблюдается четкая закономерность изменения η (табл.I) по мере увеличения содержания солярового масла и использования прудковой воды как основных компонентов, содержащих энергетический и питательный субстрат (углеводородные соединения) и определенный биоценоз (прудковая вода). Соответственно возникает вопрос о тесной связи микробиологических процессов и степени деградации глинистой составляющей. Поскольку в процессе опыта проводилось определение величины суммарного белка (СБ), то можно установить зависимость между коэффициентом η и содержанием СБ (рис.2). Анализ этой зависимости показывает, что существует четкая закономерность между трансформацией минеральной составляющей и биохимическими процессами, протекающими в глинистых породах, что соответствует ферментативной теории деградации минералов [I].

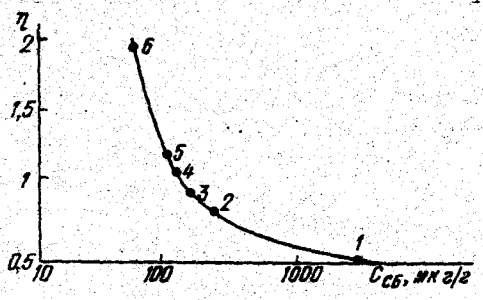


Рис.2. Изменение относительного содержания гидрослюды η в образцах глинистых пород в зависимости от накопления СБ
1-6 – номера опытов (см. табл.1)

Таким образом, наличие прудковой воды, имеющей более сложный химический состав, а также активно работающие микроорганизмы, способствует более интенсивному протеканию физико-химических и микробиологических процессов. Следовательно, в глинистых породах основания хвостохранилищ идут сходные изменения минерального состава. Понятно, что, несмотря на более длительный срок взаимодействия промстоков с породами основания, эти процессы могут протекать и менее интенсивно, чем в лабораторных условиях, за счет разбавления техногенных вод при их смешении с подземными водами и более низких температур, при которых идут процессы в естественных условиях.

Особенно большое значение для оценки устойчивости хвостохранилищ имеет анализ тенденции изменения прочности пород основания. При выполнении исследований на хвостохранилищах в 1986-1987 гг. было установлено, что прочность глинистых пород основания по сравнению с 1976-1977 гг. снизилась [2], причем особенно существенно в более прочных породах, залегающих в верхней части разреза озерно-ледниковых отложений в зоне колебания уровня грунтовых вод и непосредственно под намытыми песками.

Тенденции снижения прочности озерно-ледниковых отложений оценивались сопоставлением результатов полевых исследований, реализованных в 1990 г. и 1977-1978 гг. Эти работы проводились на северных участках, примыкающих непосредственно к хвостохранилищу, где изменение химического состава подземных вод произошло уже в первые годы эксплуатации на-

Таблица 1

Изменение минерального состава исследуемых образцов

Номер опыта	Поровый заполнитель (32 % по массе)	Среда взаимодействия с образцами породы	η
1	Соляровое масло	Прудковая вода	0,46
2	Дистиллированная вода	Прудковая вода	0,73
3	Соляровое масло	Соляровое масло	0,80
4	Эмульсия солярового масла (100 мг/л)	Эмульсия солярового масла (100 мг/л)	1,10
5	Дистиллированная вода	Эмульсия солярового масла (50 мг/л)	1,20
6	Дистиллированная вода	Дистиллированная вода	1,90

Таблица 2

Изменение прочности озерно-ледниковых отложений северного участка хвостохранилищ ПО "Фосфорит" (1978-1990 гг.)

Зона водного режима	Порода	Сопротивление вращательному срезу, МПа	
		Год исследований	
		1978	1990
Переменного	Глина	0,028-0,049 / 0,042(35)	0,028-0,042 / 0,034(25)
	Суглинок	0,034-0,057 / 0,043(13)	0,023-0,048 / 0,036(25)
Постоянного	Глина	0,026-0,048 / 0,037(45)	0,025-0,042 / 0,031(38)
	Суглинок	0,026-0,055 / 0,038(50)	0,025-0,039 / 0,031(20)

Примечание. В числителе - диапазон изменения сопротивления вращательному срезу, в знаменателе - среднее арифметическое значение этого же показателя и в скобках число определений.

копителей. Возможность оценки изменения прочности глинистых пород основания хвостохранилища по результатам исследований за его контуром предопределена тем, что в этой зоне протекают аналогичные физико-химические и микробиологические процессы. Таким образом, изучая характер изменения свойств пород на этом участке, мы можем выявить тенденцию изменения прочности пород, залегающих непосредственно в основании накопителей.

Исследования прочности глинистых пород выполнялись с помощью прибора вращательного среза в скважинах, пройденных ручным буром, и сопровождались отбором проб нарушенного сложения для определения влажности и числа пластич-

ности. Результаты исследований сведены в табл.2. Анализ табл.2 показывает, что за 12 лет прочность пород снизилась, о чем свидетельствует сопоставление средних значений показателей сопротивления вращательному срезу. Наибольшее изменение прочности в относительных величинах зафиксировано для наиболее прочных типов озерно-ледниковых отложений верхней части разреза.

Уменьшение прочности образцов глинистых пород связано с трансформацией форм железа в условиях восстановительной обстановки. Следует отметить, что снижение прочности получено во всех анализируемых случаях. Таким образом, под влиянием физико-химических и микробиологических процессов прочность глинистых пород снижается. Как долго будет уменьшаться прочность глинистых пород, на настоящем этапе исследований сказать нельзя. Этот процесс требует дальнейшего тщательного изучения с использованием комплекса различных методов и постановкой специальных полевых экспериментов.

Проблема прогноза изменения свойств, в том числе и прочности глинистых пород, под действием комплекса физико-химических и микробиологических процессов, возникающих при техногенном воздействии, в инженерной геологии мало исследована. Установить закономерности изменения можно только при постановке циклов специальных полевых и лабораторных работ по количественной оценке содержания СБ и сопоставления его с показателями прочности пород, а также с другими параметрами их физико-механических свойств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аристовская Т.В. Микробиология процессов почвообразования. Л.: Наука, 1980. 107 с.

2. Вишневская Ю.Г. Исследования изменения свойств глинистых пород в основании действующих хвостохранилищ ПО "Фосфорит" / Записки Ленинградского горного ин-та. Л., 1989. Т. 118. С. 85-91.

3. Дашко Р.Э. Инженерно-геологический анализ процесса консолидации водонасыщенных глинистых пород // Инженерная геология. 1981. № 2. С. 71-75.

4. Кагнер М.Н. К вопросу о влиянии минерального состава, текстуры и структуры глинистых пород на их прочность // Вопросы инженерной геологии и грунтоведения. М.: Изд-во Московского ун-та, 1963. 364 с.