

УДК 550.836.21

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ДИНАМИКОЙ ОПОЛЗНЕВОГО МАССИВА В РАЙОНЕ ЧИРКЕЙСКОЙ ГЭС

Р. А. Магомедов

Институт геологии ДНЦ РАН

Рассматривается применение гидрогеологических наблюдений и геодезических измерений для оценки деформационных процессов на оползневом массиве в связи с эксплуатационным режимом Чиркейского водохранилища. Установлено, что основным фактором, приводящим к разрушению горных пород оползневого массива, является циклическое воздействие на породы гидростатических и гидродинамических сил, а также интенсивные фильтрационные процессы в период эксплуатации водохранилища.

The application of hydrological observations and geodetic measurements to assess the landslide deformation at the array due to the operational mode of the Chirkei reservoir is considered. It is found that the main factor resulting in destruction of the rock massif landslide is the cyclical impact of hydrostatic and hydrodynamic forces on the rocks, as well as the intense filtration processes during the operation of the reservoir.

Ключевые слова: оползневый массив; деформационные процессы; фильтрация; циклы нивелирования; эксплуатационный режим водохранилища.

Keywords: landslide array; deformation processes; filtration; leveling cycles; operational regime of the reservoir.

Исследование оползневых процессов является актуальным как при строительстве новых объектов, так и при эксплуатации уже возведенных. Изучение оползневых процессов позволяет не допустить угрозы аварийных ситуаций в окрестностях крупных гидротехнических и других ответственных сооружений и избежать человеческих жертв [1–13 и др.].

На водохранилищах с переменным уровнем режимом, где сезонные колебания уровня достигают десятков метров, положение зеркала грунтовых вод также испытывает периодические колебания в широких пределах. Повышение уровня грунтовых вод при заполнении водохранилища происходит вследствие фильтрации на затопленных участках, т.е. насыщения грунтовой водой новых объемов горной породы. Для водохранилищ, расположенных в горных районах, возможно сохранение фильтрации воды из водохранилища в борта долины [9, 14]. Все это неблагоприятно влияет на устойчивость склонов и откосов, сложенных трещиноватыми скальными и полускальными породами.

Подземные воды оказывают существенное и многоплановое силовое воздействие на горные породы. При подъеме уровня воды в водохранилище горные породы в склоновой части оказываются под действием гидростатических сил во взвешенном состоянии, и в них уменьшаются нормальные эффективные напряжения на существующих или потенциальных поверхностях скольжения, вследствие чего уменьшается сопротивление сдвигу. Когда происходит сработка уровня воды в водохранилище, обратная фильтрация воды обуславливает возникновение гидродинамических сил, которые вызывают развитие фильтрационных деформаций горных пород. Кроме того, обводнение массива горных пород приводит к снижению их прочности и возрастанию деформируемости, увеличивает скорость прохождения сейсмических волн, вес массива и т.д. Попеременное увлажнение и обезвоживание пород массива, связанное с уровнем режимом водохранилища, способствует непрерывному снижению прочности пород, оказывает разрушающее воздействие на их структурные связи, сформировавшиеся при длительном литогенезе.

Оползневые процессы по берегам водохранилища Чиркейской ГЭС наблюдаются после его заполнения и эксплуатации, что показали визуальные, гидрогеологические и геодезические наблюдения. Образование и активизация оползней начались в результате нарушения гидрогеологического режима в бортах водохранилища.

Оползневый массив в районе исследований сложен отложениями верхнемелового и палеоцен-эоценового возрастов. Породы представлены мергелями с прослоями известняка и аргиллита. В верхней части встречаются прослойки гипса мощностью 4–10 см. Падение пластов – на северо-восток, азимут падения изменяется от 12° в тыловой части массива до 15° у уреза воды водохранилища.

Анализ результатов наблюдений по трем скважинам за несколько лет показал, что в пределах исследуемого оползневого массива существенно нарушен гидрогеологический режим. Одновременные замеры уровней воды в скважинах и в водохранилище показали, что уровень грунтовых вод в скважине, расположенной на оползневом массиве, почти всегда совпадает с уровнем воды в водохранилище, лишь во время подъема воды в водохранилище (июнь – июль) происходит некоторый отток воды в оползневой массив. Режим уровня воды в скважине, находящейся вне оползневого массива, совершенно иной и не зависит от уровня воды в водохранилище.

На рис. 1 представлены графики изменения уровня воды в водохранилище и в скважинах, расположенных в пределах оползневого массива.

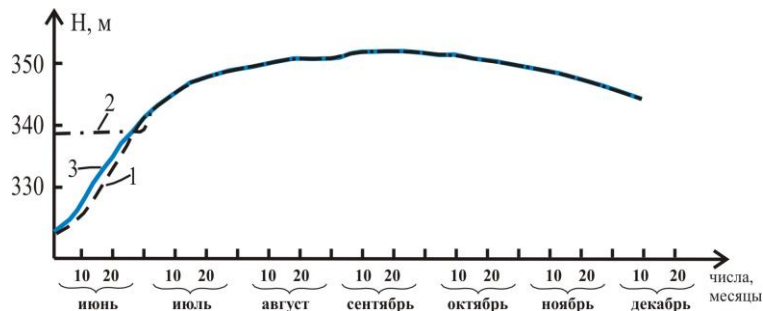


Рис. 1. Изменение уровня воды в: 1 – в скв. № 1; 2 – в скв. № 2; 3 – в водохранилище

В период интенсивного заполнения водохранилища наблюдается отставание уровня в скважине 1 от уровня воды в водохранилище, т.е. фильтрация воды в оползневой массив становится возможной.

Массив разбит на блоки системой поперечных трещин (рис. 2). На относительно крупных блоках установлены опорные пикеты, по которым контролируется относительное вертикальное и горизонтальное перемещения блоков.

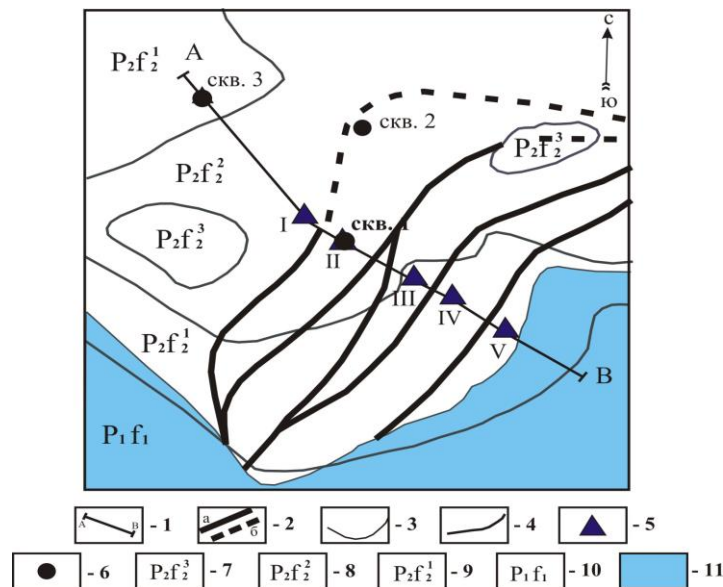


Рис. 2. Схема участка исследования: 1 – линия нивелирного хода; 2 – трещины (а – достоверные, б – предполагаемые); 3 – береговая линия; 4 – границы разновозрастных пород; 5 – опорные пикеты; 6 – скважины; 7 – эоцен, белоглинская свита: глины мергелистые; 8 – эоцен, кумская свита: аргиллиты, глинистые сланцы; 9 – эоцен, зеленая свита: глинистые сланцы, мергели, известняки; 10 – палеоцен, пестроцветная свита: мергели; 11 – водохранилище

Пикеты заглублены в грунт на глубину 1 м и пронумерованы. Одним из опорных пикетов является скважина 1 на втором блоке оползня (рис. 3).

Первый пикет установлен на неподвижном блоке, за пределами оползневого участка. Все измерения проведены относительно первого пикета. В течение семи лет было проведено 9 циклов повторного нивелирования (см. таблицу). Разница прямого и обратного ходов составила 1–1.5 мм.

Наибольшие **вертикальные перемещения** произошли между циклами нивелирования 1988–1989 гг. (1-м и 3-м циклами: перемещение вниз III блока составило 106.8 см, IV блока – 90.8 см, V – 59.8 см, а II блока – всего 6 см). Между циклами нивелирования 1989–1990 гг. (3-м и 5-м циклами) относительные вертикальные перемещение происходили более спокойно: III блок сместился на 17.7 см, IV блок – на 13.6 см, V – на 20.9 см, а II блок остался почти неподвижным. Наиболее подвижным оказался III блок, у которого отмечаются и наибольшие вертикальные перемещения, что подтверждается и визуальным осмотром местности. Максимальные перемещения, отмеченные в 1988–1989 гг., вероятно, связаны с местными сейсмическими событиями этого периода.

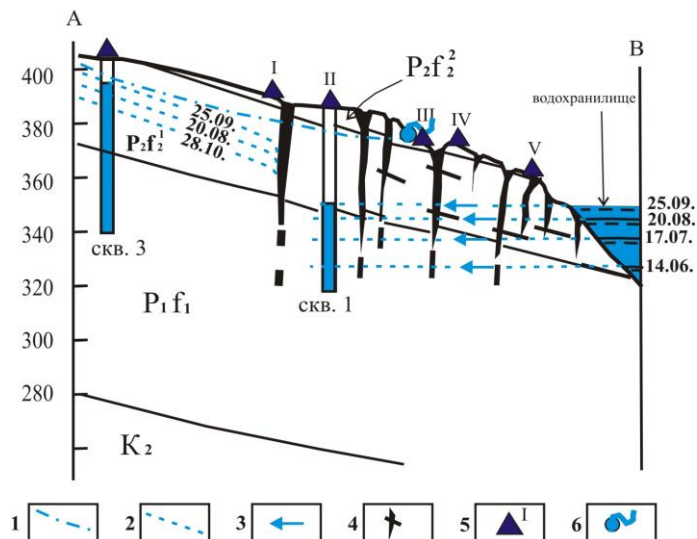


Рис. 3. Профиль по оползневому участку (линия А-В): 1 – уровень подземных вод до устройства водохранилища; 2 – уровни подземных вод после образования оползня; 3 – направление фильтрации воды в периоды подъема уровня водохранилища; 4 – трещины; 5 – опорные пикеты на оползневых блоках и их номера; 6 – источник подземных вод до устройства водохранилища

Результаты повторных нивелировок

Циклы нивелирования	Абсолютные отметки опорных пикетов, м					
	Пикеты Дата	I	II (скв. 1)	III	IV	V
1	07.07.1988 г.	391.420	388.400	374.418	375.308	366.148
2	09.06.1989 г.	391.420	388.340	373.910	374.960	366.120
3	05.07.1989 г.	391.420	388.340	373.350	374.400	365.550
4	22.09.1989 г.	391.420	388.340	373.330	374.390	365.540
5	24.05.1990 г.	391.420	388.335	373.173	374.264	365.341
6	19.11.1992 г.	391.420	388.326			
7	19.07.1994 г.	391.420	388.318			
8	08.07.1995 г.	391.420	388.315			
9	14.08.1996 г.	391.420	388.313			

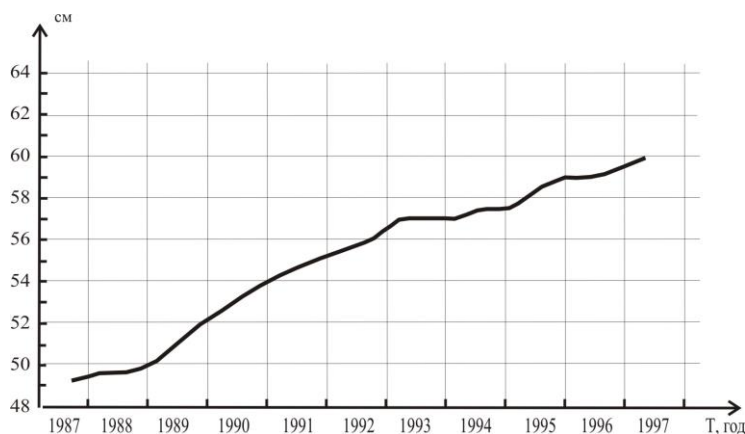


Рис. 4. Изменение горизонтального расстояния между пикетами I и II

Для регистрации **горизонтальных перемещений** в течение 10 лет (1987–1997 гг.) проводились замеры расстояния между пикетами I (неподвижный) и II (скв. 1 – подвижный). Замеры производились 2–3 раза в год, примерно в одно и то же время. Суммарное значение горизонтального перемещения за все время наблюдений составило 108 мм (рис. 4), что составляет среднюю скорость горизонтальных перемещений в 10.8 мм/год.

Выводы. Анализ результатов измерений позволяет судить как о динамике оползневого массива в целом, так и его блоков в отдельности. Несмотря на перемещения, происходящие внутри оползневого массива, установившийся гидрогеологический режим сохраняется, и он тесно связан с эксплуатационным режимом водохранилища. Интенсивные фильтрационные процессы при подъеме уровня воды в водохранилище приводят к разрушению структурных связей в массиве горных пород и тем самым способствуют уменьшению устойчивости оползневого массива. В период активного спада уровня воды в водохранилище обратная фильтрация воды продолжает разрушение структурных связей, сформировавшихся при длительном литогенезе, что вызывает еще большие деформационные процессы в массиве горных пород.

Разрушение потенциально неустойчивых массивов горных пород на правом берегу Чиркейского водохранилища происходит в результате циклического воздействия на породы гидростатических и гидродинамических сил в связи с эксплуатационным режимом водохранилища.

Динамика оползневого массива контролируется интенсивностью фильтрационных процессов в периоды подъема и сброски уровня воды в водохранилище и местными сейсмическими событиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев Н.А.* Стихийные явления в природе: проявление, эффективность защиты. М.: Мысль, 1988. 254 с.
2. *Дранников А.М.* Оползни Украины и опыт борьбы с ними // Тр. первого Укр. гидрогеол. совещ. Киев, 1961. Т. 2. С. 17–28.
3. *Евсеева Н.С., Окишев П.А.* Экзогенные процессы рельефообразования и четвертичные отложения. Томск: Изд-во НТЛ, 2007. Ч. I. 300 с.
4. Геоморфология, геологическое строение и экзогенные процессы в прибрежной полосе района Ачи-Су (Дагестан) / *В.М. Кондаков, С.А. Мамаев, Р.А. Магомедов, И.А. Идрисов, Ж.Г. Ибаев, Р.Ю. Никуев* // Региональная геология и нефтегазоносность Кавказа: тр. ИГ ДНЦ РАН. Вып. 58. Махачкала, 2012. С. 178–184.
5. *Кюнтцель В.В.* Закономерности оползневого процесса на Европейской территории СССР и их региональный прогноз. М.: Недра, 1980. 253 с.
6. *Кюнтцель В.В.* Изучение режима оползневых процессов. М.: Недра, 1982. 240 с.
7. Геодинамический эффект создания крупных водохранилищ в сейсмоактивных областях / *Р.А. Левкович, Г.И. Дейнега, С.А. Каспаров, Ш.Г. Идармачев, Г.С. Казарьянц, А.Г. Дейнега, Г.Н. Омаров.* М.: Наука, 1982. 75 с.
8. *Ломтадзе В.Д.* Инженерная геология. Специальная инженерная геология. Л.: Недра, 1978. 496 с.
9. *Магомедов Р.А.* Оценка подземного стока и фильтрационных потерь на участке Чиркейского водохранилища // Тр. Ин-та геологии ДНЦ РАН. Вып. 45. Махачкала, 1995. С. 62–66.
10. Наблюдения за микросейсмической эмиссией на территории Дагестана / *С.А. Мамаев, Д.Г. Таймазов, Р.А. Магомедов, Ю.М. Магомедов, А.Г. Магомедов, Р.Ю. Никуев* // Ресурсы подземных вод Юга России и меры по их рациональному использованию, охране и воспроизводству: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию М.К. Курбанова. Махачкала, 2009. С. 19–22.
11. *Назимко И.В.* Исследование особенностей образования и развития оползня // Проблемы гірського тиску: зб. наук. праць ДонНТУ. 2008. № 16. С. 161–174.
12. *Черкашин В.И., Мамаев С.А., Магомедов Р.А.* Сейсмомониторинг и оценка сейсмического риска территории Дагестана // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Южного федерального округа: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию ИГ ДНЦ РАН. 13–15 сентября 2006 г. Вып. 50. Махачкала, 2006. 334 с.
13. *Cundall P.A., Strack O.D.L.* A Discrete Numerical Model for Granular Assemblies // Geotechnique. 1979. N 1. P. 47–65.
14. *Киссин И.Г.* Землетрясения и подземные воды. М.: Наука, 1982. 176 с.

Поступила в редакцию 27.09.2013 г.
Принята к печати 24.12.2014 г.