

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПЛОТИНЫ ШЕРУБАЙ-НУРИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Андрей Аркадьевич Шоломицкий

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-39-37, e-mail: sholomitskij@mail.ru

Елена Николаевна Хмырова

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, пр. Нурсултана Назарбаева, 56, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)56-26-27, e-mail: hmyrova@mail.ru

Рустем Рашитович Ханнанов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (7212)56-26-27, e-mail: khannanov_rustem@mail.ru

Для предотвращения чрезвычайных ситуаций во время паводкового периода был проведен комплекс мероприятий по мониторингу состояния плотины Шерубай-Нуринского водохранилища. Обследование включало в себя тахеометрическую съемку контура поперечных сечений через 100 м по характерным точкам плотины. Также применялся метод георадарного сканирования. По полученным данным был произведен расчет устойчивости плотины в программном обеспечении Slide 7.0. Выбор участков для проведения расчетов на статическую и фильтрационную устойчивость проводился на основании имеющейся геодезической съемки фактического состояния плотины водохранилища. Анализ результатов расчета устойчивости откосов плотины показал, что сооружение находится в устойчивом состоянии, так как полученные коэффициенты запаса устойчивости изменяются от 1,874 до 2,729, что значительно выше нормативного, который равен значению 1,26 для II класса сооружения.

Ключевые слова: геодезический мониторинг, плотина, георадарное сканирование, расчет устойчивости, обводненность.

MONITORING OF THE SHERUBAI-NURIN RESERVOIR'S DAM

Andrey A. Sholomitsky

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, D. Sc., Professor, Head of Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, phone: (383)343-39-37, e-mail: sholomitskij@mail.ru

Elena N. Khmyrova

Karaganda State Technical University, 56, Prospect Nursultan Nazarbayev St., Karaganda, 100027, Kazakhstan Republic, Ph. D., Associate Professor, Head of Department of Mine Survey and Geodesy, phone: (7212)56-26-27, e-mail: hmyrova@mail.ru

Rustem R. Khannanov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D. Student, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, phone: (7212)56-26-27, e-mail: khannanov_rustem@mail.ru

To prevent emergency situations during the flood period, a set of measures to monitor the dam status of the Sherubay-Nurinsk reservoir was carried out. The investigation included a total station survey of the cross-section contour at 100 meters along the characteristic points of the dam. The method of georadar scanning was also used. According to the data obtained, the dam stability was calculated in the software Slider 7.0. The selection of sites for static and filtration stability calculations was carried out on the basis of the available geodetic survey of the actual state of the reservoir dam. Analysis of the results of the calculation of the stability of the dam slopes showed that the structure is in a stable state, as the resulting safety factors vary from 1.874 to 2.729, which is much higher than the standard level, which is equal to the value of 1.26 for the II class of construction.

Key words: geodetic monitoring, dam, georadar scanning, stability calculation, water cut.

С каждым годом весной, при обильном таянии снегов, паводковый период создает опасную ситуацию в регионах и влечет за собой разрушительные последствия. Так, в 2014 г. прорвало плотину на Кокпектинском водохранилище в Карагандинской области (Республика Казахстан). Последствия были ужасающие: множество пострадавших среди жителей поселка Кокпекты, уничтоженные жилые и административные здания, были размыты дороги, повреждены линии связи и электропередач, затоплены техника и транспорт, были огромные потери голов скота. Но самое страшное и непоправимое – погибли люди. И это не единственный случай прорыва гидротехнических сооружений. 11 марта 2010 г. прорвало плотину Кызылагашского водохранилища в Алматинской области (Республика Казахстан). 27 декабря 2018 г. стихийное бедствие вызвал прорыв дамбы на реке Сырдарья в Казалинском районе Кызылординской области (Республика Казахстан).

Для решения данной проблемы и предотвращения чрезвычайных ситуаций 31 марта 2015 г. министром сельского хозяйства Республики Казахстан был подписан приказ «Об утверждении критериев безопасности водохозяйственных систем и сооружений». Настоящие критерии безопасности водохозяйственных систем и сооружений устанавливают основные наблюдаемые и контролируемые в процессе мониторинга технические показатели состояния водоподпорных гидротехнических сооружений водохозяйственных систем и сооружений в Республике Казахстан. Количественные и качественные значения критериев разрабатываются в составе проекта строительства с учетом их характеристик, условий эксплуатации, в соответствии со строительными нормами и правилами Республики Казахстан 3.04-01-2008 «Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования» [1, 2].

Плотина Шерубай-Нуринского водохранилища (рис. 1), которая находится близ поселка Топар Карагандинской области (Республика Казахстан), также является объектом исследований для определения критериев безопасности.

Специалистами Карагандинского государственного технического университета был проведен ряд мероприятий по геодезическому мониторингу и инженерно-геологическому анализу тела плотины.



Рис. 1. Плотина Шерубай-Нуринаского водохранилища

Для учета геометрических параметров и размеров плотины Шерубай-Нуринаского водохранилища выполнена геодезическая съемка с использованием автоматизированного электронного тахеометра Leica TC 1201+, MS 50 и лазерного сканера HDS 8800, с привязкой к пунктам государственной геодезической сети, которая включала следующие виды работ:

- рекогносцировка территории золоотвала Топарской ГРЭС с целью отыскания пунктов геодезической опорной сети для создания съемочного обоснования земляной плотины гидроузла;
- отыскание реперов существующей геодезической сети на прилегающей территории плотины Шерубай-Нуринаского водохранилища;
- привязка реперов к пунктам с помощью ГНСС технологий;
- создание планово-высотной геодезической основы проложением тахеометрических ходов с помощью автоматизированного электронного тахеометра Leica TC 1201+, с привязкой к пунктам существующей геодезической сети, для выполнения топографической съемки в масштабе 1 : 2 000 протяженностью 3 200 м (рис. 2);

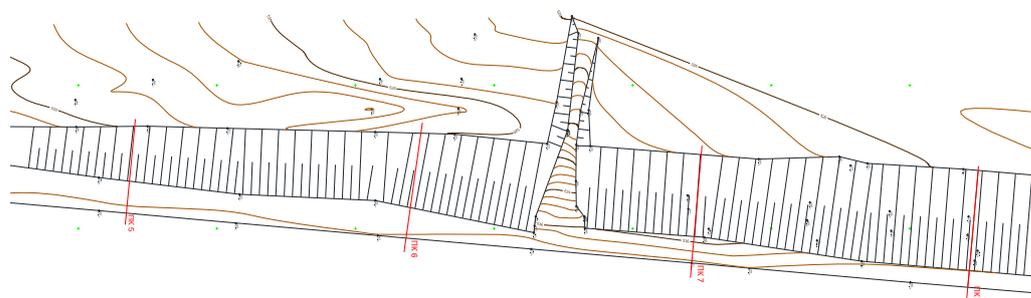


Рис. 2. Топографический план участка плотины Шерубай-Нуринаского водохранилища

- закрепление пунктов созданной планово-высотной геодезической основы съёмочной сети;
- съёмка контура поперечных сечений пикетажа через 100 м по характерным точкам плотины Шерубай-Нуринского водохранилища;
- полевое инструментальное обследование, включая детальную геодезическую съёмку контуров земляной плотины, с определением фактических отметок верхних и нижних бровок откосов, углов откоса, отметок уреза воды (рис. 3) [3–5].

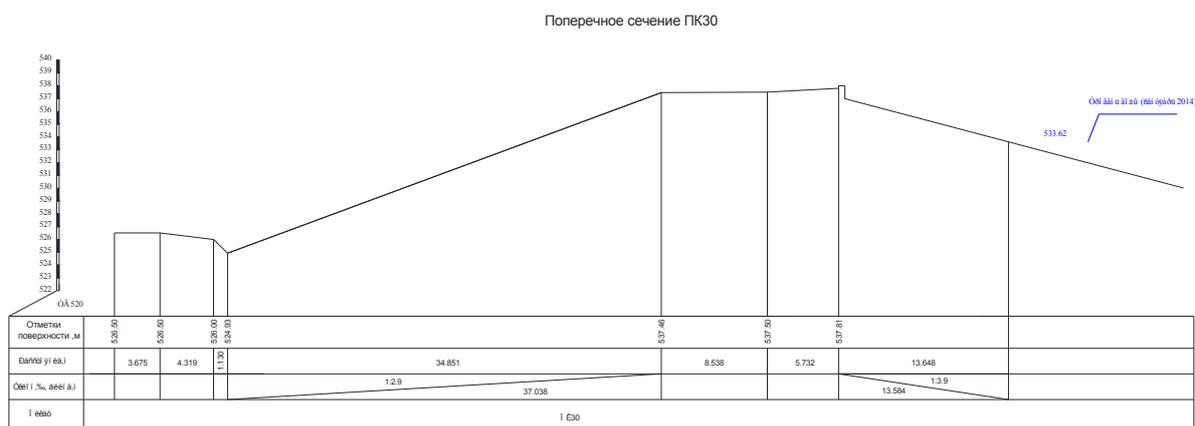


Рис. 3. Поперечный профиль плотины Шерубай-Нуринского водохранилища на пикете № 30

Для исследования структурной нерешенности насыпного сооружения применялся метод георадарного сканирования. На этапе обработки применялась процедура полосовой фильтрации высокочастотных компонентов. При этом полученные томограммы (рис. 4) отражают распределение мелкодисперсных неоднородностей в теле плотины, которыми могут быть как трещины, так и мелкие включения. При этом полученные данные говорят о том, что соотношение таких неоднородностей в нижнем слое дамбы выше, чем в верхнем.

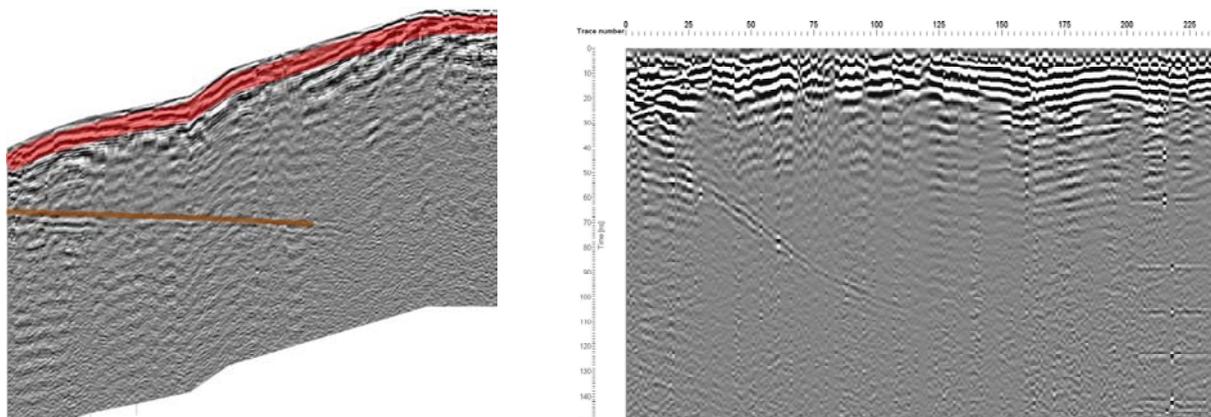


Рис. 4. Анализ георадарного профиля с привязкой к рельефу на пикете № 8+20

Результатом обработки данных является геофизические профили по пикетам с характерными осями. При этом с учетом рельефа на глубине эффективно зондирования выделены субгоризонтальные отражающие границы геологических разностей [6–9].

Исследуя комплексные результаты инженерно-геологических и геотомографических исследований, с учетом данных прошлых лет, построены геологические профили (рис. 5), которые были использованы при расчетах на устойчивость насыпного тела плотины.

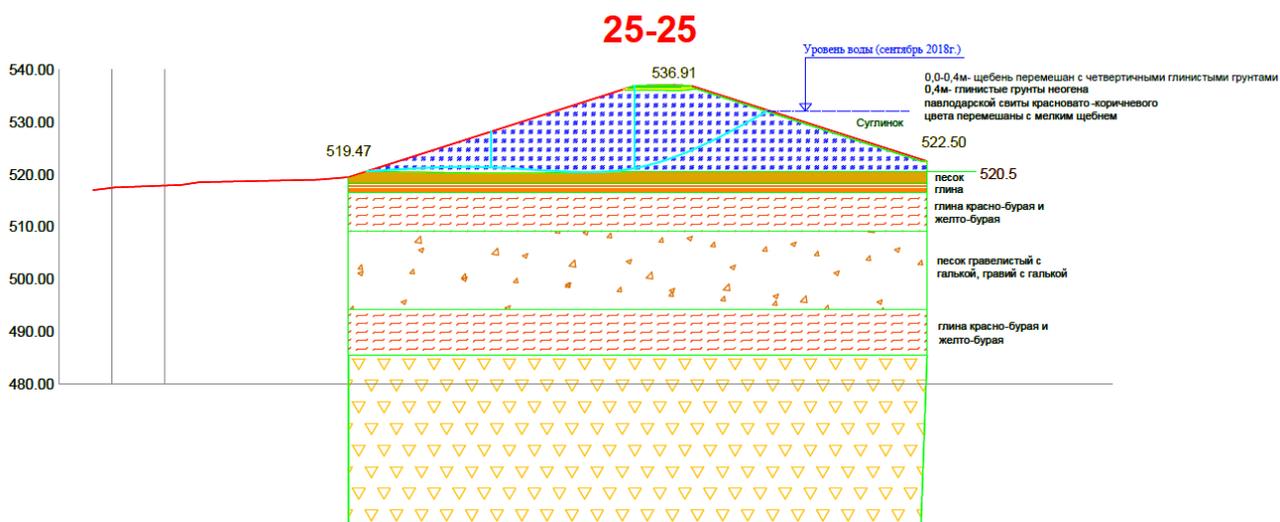


Рис. 5. Геологический профиль с результатами замеров депрессионной кривой с привязкой на пикете № 25

Устойчивость ограждающих плотин определяется комплексом инженерно-геологических, гидрогеологических и техногенных факторов, из которых наибольшее влияние оказывают следующие: физико-механические характеристики грунтов и хвостов; технология возведения и эксплуатации сооружения; характер основания; гидродинамические, гидростатические, сейсмические и динамические силы.

При расчетах устойчивости откосов ограждающих плотин [7, 18] необходимо учитывать, что физико-механические характеристики тела дамбы претерпевают существенные изменения в процессе строительства и эксплуатации сооружения за счет: изменения пьезометрического уровня воды, фильтрации и выноса глинистых частиц из тела дамбы, температурного режима, наращивания высоты дамбы, влияния транспортных средств и т. п. [10–13].

На устойчивость насыпной дамбы сильное влияние оказывает обводненность основания, связанная с повышением уровня воды в водохранилище. Это приводит к ослаблению прочностных характеристик пород основания и снижению их прочности. Для обоснования устойчивости откосов ограждающих дамб требуется детальное изучение всех факторов, влияющих на процесс сдвижения пород насыпного сооружения, при этом решающее значение приобретает выбор

способа расчета, который отвечал бы конкретным гидрогеологическим условиям и физико-механическим свойствам пород, слагающих тело дамб и их оснований.

Расчеты выполнены в программном комплексе Slide 7.0 (рис. 6), который позволяет выполнять расчеты, согласно основным методикам расчета устойчивости гидротехнических сооружений.

Выбор участков для проведения расчетов на статическую и фильтрационную устойчивость проводился на основании имеющейся геодезической съемки фактического состояния плотины водохранилища, данных устойчивости гидротехнического сооружения [14–17].

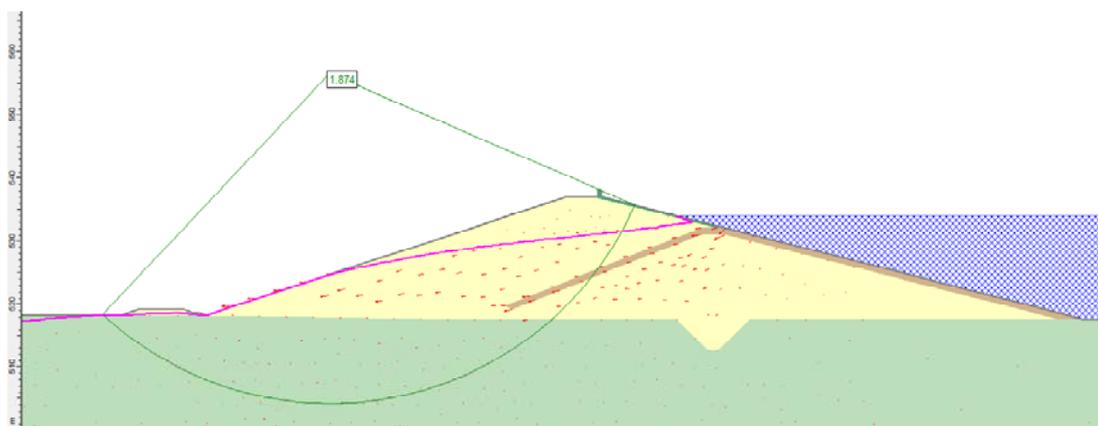


Рис. 6. Расчетная схема коэффициента запаса устойчивости дамбы с помощью лицензионного программного обеспечения «Slide 7.0»

По результатам инженерно-геодезических и инженерно-геологических изысканий выполнен поверочный расчет земляной плотины на статическую и фильтрационную устойчивость.

Результаты расчетов показали, что при определении параметров целостности плотины пустот не выявлено, что плотность грунтов тела гидротехнического сооружения соответствует нормативным значениям [19].

Анализ результатов расчета устойчивости откосов плотины показал, что сооружение находится в устойчивом состоянии, так как полученные коэффициенты запаса устойчивости изменяются от 1,874 до 2,729, что значительно выше нормативного, который равен значению 1,26 для II класса сооружения [20].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП РК 1.04-101-2012. Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений. – А., 2015. – 93 с.
2. СНиП РК 3.04-01-2008 «Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования».
3. Чугаев Р. Р. Гидротехнические сооружения : учеб. пособие. – М., 1985. – 320 с.
4. Недрига В. П. Справочник проектировщика. Гидротехнические сооружения. – М. : Стройиздат, 1983. – 543 с.

5. Гольдин А. Л., Рассказов Л. Н. Проектирование грунтовых плотин : учеб. пособие. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Изд-во АСВ, 2001. – 384 с.
6. ВСН 04-71. Указания по расчету устойчивости земляных откосов. – Изд. 2-е. – Л. : Энергия, 1971. – 104 с.
7. Чугаев Р. Р. Земляные гидротехнические сооружения (теоретические основы расчета). – Л. : Энергия, 1967. – 460 с.
8. Большая советская энциклопедия. – М. : Советская энциклопедия, 1969.
9. Болгов И. Ф. Геодезические работы при строительстве и испытании крупных сооружений. – М. : Недра, 1984. – 145 с.
10. Инструментальные наблюдения за состоянием насыпных ограждающих дамб / Ф. К. Низаметдинов, О. Г. Бесимбаева, С. Г. Ожигин, Е. Н. Родина // Тр. Университета. КарГТУ. – 2002. – № 4. – С. 36–41.
11. Бесимбаева О. Г., Низаметдинов Н. Ф. Создание системы геомониторинга для условий золоотвала ГРЭС // Тр. Университета. КарГТУ. – 2007. – № 4. – С. 12–15.
12. Расчет устойчивости шлакоотвалов и ограждающих дамб / О. Г. Бесимбаева, Ф. К. Низаметдинов, В. Н. Долгоносов, Е. В. Долгоносова // Мат. VI Междунар. науч.-прак. конф. «Dynamika naukowych badac-2010» Volume 10. Techniczne nauki. Nowoczesne informacyjne technologie. Matematyka. Fizyczna kultura I sport. – Przemysł : Nauka i studia, 2010. – С. 46–49.
13. Мониторинг состояния дамбы хвостохранилища намывного типа / О. Г. Бесимбаева, Е. Н. Хмырова, А. В. Логинов, Е. А. Олейникова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 17–21 апреля 2017 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. Т. 1. – С. 125–129.
14. Технический отчет КарГТУ «Комплексное обследование Машинного канала Шардаринского водохранилища». – Караганда, 2013. – 126 с.
15. Технический отчет КарГТУ «Комплексное обследование земляных дамб Арнасайской плотины». – Караганда, 2014. – 208 с.
16. Технический отчет КарГТУ «Техническое обследование гидроузла Топарской плотины Шерубай Нуринского водохранилища». – Караганда, 2014. – 82 с.
17. Ляпичев Ю. П. Гидротехнические сооружения : учеб. пособие. – М. : РУДН, 2008. – 302 с.
18. Основы проектирования гидротехнических сооружений, лесных бирж и рейдов приплава / Д. Н. Седрисев, А. В. Рубинская, Н. В. Аксенов, А. К. Кожевников. – М. : Академия Естествознания, 2013. – 119 с.
19. СНиП РК 3.04-02-2008 «Плотины из грунтовых материалов».
20. СНиП РК 2.02.02-2006 «Основания гидротехнических сооружений».

© А. А. Шоломицкий, Е. Н. Хмырова, Р. Р. Ханнанов, 2019