ГИДРАВЛИКА. ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ. ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 624.131.7:519.6

В.В. Орехов, С.Н. Хохотва*

*ФГБОУ ВПО «МГСУ», *ЭНЕКС (ОАО)*

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЦЕМЕНТАЦИОННОЙ ЗАВЕСЫ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА КОЛЕБАНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ГРУНТОВЫХ ВОД ЗА ПЛОТИНОЙ

Рассмотрена методика оценки эффективности работы цементационной завесы, основанная на анализе результатов математического прогноза и регулярных замеров температуры воды в водохранилище и скальном массиве за цементационной завесой. Исходными данными для решения задачи теплопереноса являются скорости фильтрации, полученные из решения стационарной фильтрационной задачи и экспериментальный коэффициент, обобщающий теплофизические характеристики скальных пород. В качестве примера приведены результаты расчетных исследований фильтрационного и температурного режимов в скальном основании бетонной плотины при проектном режиме работы цементационной завесы и при наличии в ней проницаемого участка.

Ключевые слова: фильтрационный режим, цементационная завеса, проницаемый участок, численное моделирование, теплофизические характеристики, изменение температуры воды, время фильтрации, гидроузел Коусар.

Важными вопросами обеспечения безопасности плотин являются обеспечение фильтрационного режима системы плотина — основание [1—8] и оценка эффективности работы противифльтрационных элементов в процессе эксплуатации плотины [9—15].

На примере выполненных расчетных исследований фильтрационного режима скального массива территории гидроузла Коусар рассмотрим методику оценки эффективности работы цементационной завесы под бетонной плотинной на основе математического прогноза и регулярных замеров температуры воды в водохранилище и скальном массиве за цементационной завесой.

В общем случае вычислительная модель теплопереноса в грунтовых водах строится на основе решения дифференциальных уравнений конвективного и кондуктивного переноса тепла [16]:

$$C_n \frac{\partial \theta}{\partial t} + V_x C_n \frac{\partial \theta}{\partial x} + V_y C_n \frac{\partial \theta}{\partial y} + V_z C_n \frac{\partial \theta}{\partial z} = \lambda_x \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \lambda_y \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \lambda_z \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2}, \quad (1)$$

где θ — температура; V_x , V_y , V_z — компоненты скорости фильтрационного потока; λ — коэффициент теплопроводности.

Теплоемкость грунта C_n определяется по зависимости

$$C_n = n C_B + \frac{(1-n) C_{ск} \rho_{ск}}{\rho_B}, \quad (2)$$

где $C_{ск}$, C_B — удельная теплоемкость скелета грунта и воды; n — пористость; $\rho_{ск}$, ρ_B — плотность скелета грунта и воды.

Аналогичный подход для оценки температурного режима подземных вод был использован в [17, 18]. Однако, ввиду отсутствия необходимых исходных данных (теплофизических характеристик пород скального массива) для решения поставленной задачи, в настоящей работе была использована упрощенная методика.

Конвективный перенос тепла в фильтрационном потоке предполагает использование схемы «поршневого» вытеснения в порово-трещинном пространстве воды с различной температурой при условии мгновенного установления теплового равновесия между твердой и жидкой фазами. Поскольку конвективный перенос происходит гидравлическим путем вместе с фильтрующейся водой, его основной характеристикой является действительная скорость фильтрации u , связанная со скоростью фильтрации соотношением

$$u = v/n_0, \quad (3)$$

где v — скорости фильтрации в конечных элементах математической модели геофильтрации; n_0 — активная пористость породы.

Для расчетов промежутка времени от изменения температуры воды в водохранилище до изменения температуры воды в контрольной точке скального массива была разработана вычислительная программа (вошедшая в комплекс вычислительных программ «Земля» [19]), позволяющая путем обратного пере-счета по формуле

$$L = -\sum u \cdot dt, \quad (4)$$

определить путь L и время t фильтрации от водохранилища по линиям тока до рассматриваемой точки внутри скального массива. При этом расчет проводился от рассматриваемой точки внутри скального массива до пересечения пути фильтрации с границей ложа водохранилища.

Кондуктивный перенос тепла в горных породах подчиняется общему уравнению теплопередачи. Однако, поскольку на объекте не исследовались теплофизические характеристики пород скального массива, для оценки изменения температуры воды за время фильтрации от водохранилища до контрольной точки с учетом теплофизических характеристик скальных пород использовалась упрощенная зависимость

$$d\theta = ktL, \quad (5)$$

где k — удельное значение интенсивности изменения температуры воды в пьезометре за период времени t .

Коэффициент k обобщает теплофизические характеристики скальных пород. Зависимость коэффициента k от расстояния, пройденного водой до контрольной точки, приведенная на рис. 1, была получена А.В. Количко по результатам опытных измерений температуры воды в пьезометрах и водохранилище.

Для иллюстрации методики об определении участка цементационной завесы, в пределах которого она становится не эффективной, т.е. проницаемой (например, за счет

Рис. 1. График зависимости $k = f(L)$

выщелачивания цемента) были выполнены два варианта расчетов для участка цементационной завесы на правом берегу водохранилища гидроузла Коусар:

1) нормальная работа цементационной завесы с коэффициентом фильтрации, равным 0,03 м/сут (рис. 2);

2) появление в пределах цементационной завесы проницаемого участка («прорана») шириной порядка 50 м на всю ее глубину, с коэффициентом фильтрации, равным коэффициенту фильтрации скального массива.

Рис. 2. Карта гидроизогипс при проектной работе цементационной завесы

Исходными данными для решения задач теплопереноса являются скорости фильтрации, полученные из решения стационарной фильтрационной задачи для разработанной ранее конечно-элементной математической модели геофильтрации скального массива территории гидроузла Коусар [20].

Расчеты проводились с шагом по времени $dt = 2$ сут. На каждом шаге по времени, с учетом продвижения воды по линиям тока через скальный массив, определялось новое положение контрольной точки в пространстве, для которого корректировалось значение вектора скоростей фильтрационного потока.

В первом расчетном варианте движение воды из водохранилища осуществляется в обход существующей цементационной завесы на правом берегу водохранилища. Расчеты выполнялись для трех контрольных точек в плане, расположенных за цементационной завесой на отм. 530 м.

Как показали результаты выполненных расчетов, наименьшее время фильтрации воды из водохранилища, равное 94 сут, наблюдается для контрольной точки № 6, расположенной ближе всего к водохранилищу (рис. 3). Наибольшие путь и время фильтрации (130 сут) прогнозируются расчетом для наиболее удаленной от водохранилища контрольной точки № 8. Линии тока для рассматриваемых точек начинаются от ложа водохранилища на отм. 560 м.

Во втором расчетном варианте движение воды из водохранилища осуществляется через проницаемый участок цементационной завесы (рис. 4). Расчеты выполнялись для пяти контрольных точек в плане, равномерно распределенных по длине «прорана» в цементационной завесе, так же на глубине 530 м.

Рис. 3. Продвижение температурного фронта при движении воды в обход цементационной завесы на отм. 530 м: ... — линии тока

Рис. 4. Продвижение температурного фронта при движении воды через «проран» в цементационной завесе на отм. 530 м: ... — линии тока

Как показали результаты выполненных расчетов, наименьшее время фильтрации составляет 14 сут для контрольной точки № 1, а наибольшее, равное 26 сут, для контрольной точки № 5. При этом линии тока начинаются от ложа водохранилища на отметках 534...541 м.

Для контрольных точек, расположенных в «проране» на более низких отметках, путь и время фильтрации увеличиваются, а на более высоких отметках, соответственно, уменьшаются. Так, минимальное время достижения водой из водохранилища «прорана» для отм. 500 м составляет 20 сут, а для отм. 555 м — 10 сут.

Изменение температуры воды dT за время ее фильтрации из водохранилища через «проран» за счет кондуктивного теплообмена во всех контрольных точках в «проране» составляет $0,5 \dots 1,0$ °С при точности замера температуры воды $0,1$ °С.

Выводы. 1. Проведение постоянного мониторинга температуры подземных вод (измерения и прогнозные расчеты) позволяет, в случае необходимости, оперативно восстановить штатный режим фильтрационных процессов, гарантирующий безопасность работы плотины.

2. Определить положение и размеры возможного «прорана» в цементационной завесе возможно в результате вариантных расчетов с использованием разработанной методики.

Библиографический список

1. Анискин Н.А. Фильтрация в основании и бортах бетонной гравитационной плотины Бурейского гидроузла // Вестник МГСУ. 2006. № 2. С. 87—96.
2. Losleben T.R. Pilot Study of Horizontal Roughing Filtration in Northern Ghana as Pretreatment for Highly Turbid Dugout Water. Master of engineering thesis. USA Massachusetts Institute of Technology, 2008. 149 p.
3. Логинов В.А., Шабанов В.А. Исследование фильтрационных течений в верховом клине грунтовой плотины // Гидротехническое строительство. 2011. № 7. С. 52—55.
4. Анахаев К.Н., Шогенова Ж.Х., Амиоков Б.Х. Расчет фильтрации через земляные плотины на проницаемом основании разной мощности // Гидротехническое строительство. 2011. № 2. С. 29—32.
5. Орехов В.В., Хохотва С.Н. Объемная математическая модель геофильтрации скального массива, вмещающего подземные сооружения ГЭС Яли во Вьетнаме // Гидротехническое строительство. 2004. № 12. С. 46—47.
6. Мархилевич О.К. Применение методов моделирования геофильтрации при проектировании гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. 2009. № 4. С. 61—72.
7. Hayasi C., Tatezhi T., Menjo M. 3-D seepage analyses on limb-grouting design by FEM // Proc. of the 4th int. c. on dam engineering. Nanjing, China, A.A. Balkema. 2004. Pp. 411—420.
8. Zhu Y.M., Kuang F., Semprich S., Baer E. Study on mechanism and effectiveness of measures for control of seepage in foundation of concrete dams // Proc. of the 4th int. conf. on dam engineering. Nanjing, China, A.A. Balkema, 2004. Pp. 273—280.
9. Ильин В.В., Коломийцева Ю.Н., Степаненко И.А., Шевлягин Ю.С., Юдкевич А.И. Опыт моделирования геофильтрации в проектах мероприятий по повышению безопасности гидросооружений // Сб. науч. тр. Гидропроекта. М., 2000. Вып. 159: Юбилейный сб. науч. тр. Гидропроекта (1930—2000). С. 307—326.
10. Зарецкий Ю.К., Иларионов Е.Д., Орехов В.В. Анализ напряженного состояния и трещиностойкости ядер каменно-земляных плотин // Энергетическое строительство. 1978. № 12. С. 60—65.
11. Владимиров В.Б., Зарецкий Ю.К., Орехов В.В. Математическая модель мониторинга каменно-земляной плотины гидроузла Хоабинь // Гидротехническое строительство. 2003. № 6. С. 47—52.
12. Олимпиев Д.Н., Махмудов Л.М. Расчетно-экспериментальные исследования по оценке трещинообразования в плотинах из грунтовых материалов // Сб. науч. тр. Гидропроекта. М., 1986. Вып. 145. С. 146—151.
13. Анискин Н.А., Антонов А.С., Мгалобелов Ю.Б., Дейнеко А.В. Исследование фильтрационного режима оснований высоких плотин на математических моделях // Вестник МГСУ. 2014. № 10. С. 114—131.

14. *Малышев Л.И.* Моделирование пространственной фильтрации в основаниях и береговых примыканиях высоконапорных плотин при оценке эффективности работы противофильтрационных элементов // Тр. координационных совещаний по гидротехнике : Математическое моделирование пространственных задач фильтрации. Л. : Энергия, 1974. Вып. 93. С. 105—108.

15. *Stematiu D., Sarghiuta R., Popescu C., Gaftoi D.* Investigation techniques and remediation works to control seepage through an earthfill dam // Proc. of the int. symp. on dams for a changing world — 80th annual meet. and 24th cong. of ICOLD. Kyoto, Japan, 2012. Pp. (5) 49—52.

16. *Шестаков В.М.* Гидрогеодинамика. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Изд-во МГУ, 1995. 368 с.

17. *Цыбин А.М.* К созданию метода расчета температурного режима бетонной плотины при наличии фильтрационного потока в основании // Тр. координационных совещаний по гидротехнике : Исследование по термике бетонных и железобетонных гидротехнических сооружений. Л. : Энергия, 1975. Вып. 103. С. 241—245.

18. *Анискин Н.А.* Температурно-фильтрационный режим пригребневой зоны грунтовой плотины в суровых климатических условиях // Вестник МГСУ. 2013. № 4. С. 129—137.

19. *Орехов В.В.* Комплекс вычислительных программ «Земля-89» // Исследования и разработки по компьютерному проектированию фундаментов и оснований : Межвузовский сб. Новочеркасск, 1990. С. 14—20.

20. *Орехов В.В., Хохотва С.Н.* Гидрогеологическая модель территории гидроузла Коусар // Вестник МГСУ. 2015. № 3. С. 59—68.

Поступила в редакцию в феврале 2015 г.

Об авторах: **Орехов Вячеслав Валентинович** — доктор технических наук, главный научный сотрудник научно-технического центра «Экспертиза, проектирование, обследование», **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, V.Orehov@rambler.ru;

Хохотва Сергей Николаевич — заместитель начальника центра безопасности гидротехнических сооружений, Московский филиал «ЭНЕКС» **Открытое акционерное общество («ЭНЕКС» (ОАО))**, 105118, г. Москва, ул. Вольная, д. 13, Hohotva@rambler.ru.

Для цитирования: *Орехов В.В., Хохотва С.Н.* Оценка эффективности работы цементационной завесы на основе анализа колебаний температуры грунтовых вод за плотиной // Вестник МГСУ. 2015. № 4. С. 126—133.

V.V. Orekhov, S.N. Khokhotva

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF GROUTING CURTAIN ON THE BASIS OF THE ANALYSIS OF GROUNDWATER TEMPERATURE FLUCTUATIONS BEHIND THE DAM

In the article the authors considered the technique of evaluating the performance of a grouting curtain basing on the analysis of mathematical forecasting and regular measurements of water temperature in the reservoir and in the rock mass behind the dam. The initial data for the solution of heat transfer problem are the rate of filtration, obtained from the solution of the stationary problem of filtration, and the experimental factor, generalizing thermophysical properties of rocks. For calculating the period of time from the change of the water temperature in the reservoir till the change of water temperature at the reference point of the rock mass a computer program was designed, which allows defining the path and time of filtration from the reservoir to the reference point in the rock mass with the help of the reverse conversion on flow lines. The calculation was carried

out from the point in question in the rock mass till the crossing paths of filtration with the bottom boundary of the reservoir.

As an example, we present the results of computational studies of filtration and temperature regimes in the rock foundation of a concrete dam at the design work of the grouting curtain and in case of the presence of pervious area. The calculations were performed with a time step $dt = 2$ days. At each time step, with account of water motion along the lines of the current through the rock mass, the previous position of the reference points in space has been determined, for which the value of the velocity vector of filtration field was corrected. In the first case, the motion of water from the reservoir was carried out in the circumvention of the grouting curtain. In the second case, the motion of water took place from the reservoir through the permeable portion of the grouting curtain. The change of the water temperature during its seepage from the water reservoir through permeable area of grouting curtain because of conductive heat transmission in all the checkpoints in permeable area of grouting curtain is $0.5\text{--}1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ at measurement accuracy of water temperature $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Thereby, by measuring the changes of water temperature in the reservoir and in the rock mass behind the grouting curtain as a result of alternative calculations using the developed method we can calculate the position and size of a possible permeable area.

Key words: filtration mode, grouting curtain, permeable section, numerical simulation, thermal and physical characteristics, changes in water temperature, filtration time, Kowsar HPP.

References

1. Aniskin N.A. Fil'tratsiya v osnovanii i bortakh betonnoy gravitatsionnoy plotiny Bureyskogo gidrouzla [Filtration at the Bottom and Sides of a Concrete Gravity Dam of Bureysky HPP]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2006, no. 2, pp. 87—96. (In Russian)
2. Losleben T.R. Pilot Study of Horizontal Roughing Filtration in Northern Ghana as Pre-treatment for Highly Turbid Dugout Water. Master of Engineering Thesis. USA Massachusetts Institute of Technology, 2008, 149 p.
3. Loginov V.A., Shabanov V.A. Issledovanie fil'tratsionnykh techeniy v verkhovom kline gruntovoy plotiny [The Study of Filtration Flows in the Upper Wedge of Soil Dam]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydraulic Engineering]. 2011, no. 7, pp. 52—55. (In Russian)
4. Anakhaev K.N., Shogenova Zh.Kh., Amshokov B.Kh. Raschet fil'tratsii cherez zemlyanye plotiny na pronitsaemom osnovanii raznoy moshchnosti [Calculation of the Filtration through the Earth Dams on Permeable Foundation of Different Capacity]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydraulic Engineering]. 2011, no. 2, pp. 29—33. (In Russian)
5. Orekhov V.V., Khokhotva S.N. Ob'emnaya matematicheskaya model' geofil'tratsii skal'nogo massiva, vmeshchayushchego podzemnye sooruzheniya GES Yali vo V'etname [Volume Mathematical Model of the Rocky Massif Geofiltration Accommodating Underground Structures of Yali HPP in Vietnam]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydraulic Engineering]. 2004, no. 12, pp. 46—47. (In Russian)
6. Markhilevich O.K. Primenenie metodov modelirovaniya geofil'tratsii pri proektirovanii gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Application of Modeling Techniques of Geofiltration When Designing Hydraulic Structures]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydraulic Engineering]. 2009, no. 4, pp. 61—72. (In Russian)
7. Hayasi C., Tatezhi T., Menjo M. 3-D Seepage Analyses on Limb-Grouting Design by FEM. Proc. of the 4th Int. C. on Dam Engineering. Nanjing, China, A.A. Balkema. 2004, pp. 411—420. DOI: <http://dx.doi.org/10.1201/9780203020678.ch45>.
8. Zhu Y.M., Kuang F., Semprich S., Baer E. Study on Mechanism and Effectiveness of Measures for Control of Seepage in Foundation of Concrete Dams. Proc. of the 4th Int. Conf. on Dam Engineering. Nanjing, China, A.A. Balkema. 2004, pp. 273—280.
9. Il'in V.V., Kolomyitseva Yu.N., Stepanenko I.A., Shevlyagin Yu.S., Yudkevich A.I. Opyt modelirovaniya geofil'tratsii v proektakh meropriyatiy po povysheniyu bezopasnosti gidro-sooruzheniy [Experience of Geofiltration Modeling in the Projects of Measures to Improve the Safety of Hydraulic Structures]. *Sbornik nauchnykh trudov Gidroproekta* [Collection of Scientific Works of Hydroproject]. Moscow, 2000, no. 159, pp. 307—326. (In Russian)
10. Zaretskiy Yu.K., Ilarionov E.D., Orekhov V.V. Analiz napryazhennogo sostoyaniya i treshchinostyokosti yader kamЕННО-zemlyanykh plotin [Analysis of the Stress State and

Crack Resistance of the Cores of Rock-Earth Dams]. *Energeticheskoe stroitel'stvo* [Energy Construction]. 1978, no. 12, pp. 60—65. (In Russian)

11. Vladimirov V.B., Zaretskiy Yu.K., Orekhov V.V. Matematicheskaya model' monitoringa kamennno-zemlyanoy plotiny gidrouzla Khoabin' [Mathematical Monitoring Model for Rock-Earth Dam of the Hoa Binh HPP]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydraulic Engineering]. 2003, no. 6, pp. 47—52. (In Russian)

12. Olimpiev D.N., Makhmudov L.M. Raschetno-eksperimental'nye issledovaniya po otsenke treshchinoobrazovaniya v plotinakh iz gruntovykh materialov [Computational and Experimental Studies to Assess the Crack Resistance in the Dams of Soil Materials]. *Sbornik nauchnykh trudov Gidroproekta* [Collection of Scientific Works of Hydroproject]. Moscow, 1986, no. 145, pp. 146—151. (In Russian)

13. Aniskin N.A., Antonov A.S., Mgalobelo Yu.B., Deyneko A.V. Issledovanie fil'tratsionnogo rezhima osnovaniy vysokikh plotin na matematicheskikh modelyakh [Studying the Filtration Mode of Large Dams' Foundations on Mathematical Models]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2014, no. 10, pp. 114—131. (In Russian)

14. Malyshev L.I. Modelirovanie prostranstvennoy fil'tratsii v osnovaniyakh i beregovykh primykaniyakh vysokonapornykh plotin pri otsenke effektivnosti raboty protivofil'tratsionnykh elementov [Modeling Spatial Filtering in the Bases and Shore Contiguities of High Dams in the Process of Evaluating the Effectiveness of Antifiltration Elements]. *Trudy koordinatsionnykh soveshchaniy po gidrotekhnike. VNIIG im B.E. Vedeneva* [Proceedings of the Coordination Meetings on Hydraulic Engineering. B.E. Vedenev VNIIG]. Leningrad, Energiya Publ., 1974, no. 93, pp. 105—108. (In Russian)

15. Stematiu D., Sarghiuta R., Popescu C., Gaftoi D. Investigation Techniques and Remedial Works to Control Seepage Through an Earthfill Dam. Proc. of the Int. Symp. on Dams for a Changing World — 80th Annual Meet. and 24th Cong. of ICOLD. Kyoto, Japan, 2012, pp. (5) 49—52.

16. Shestakov V.M. *Gidrogeodinamika* [Hydrogeodynamics]. Moscow, MGU Publ., 1995, 368 p. (In Russian)

17. Tsybin A.M. K sozdaniyu metoda rascheta temperaturnogo rezhima betonnoy plotiny pri nalichii fil'tratsionnogo potoka v osnovanii [On Creating the Calculation Method of the Temperature Mode of a Concrete Dam in the Presence of Seepage in the Base]. *Trudy koordinatsionnykh soveshchaniy po gidrotekhnike. VNIIG im B.E. Vedeneva* [Proceedings of the Coordination Meetings on Hydraulic Engineering. B.E. Vedenev VNIIG]. Leningrad, Energiya Publ., 1975, no. 103, pp. 241—245. (In Russian)

18. Aniskin N.A. Temperaturno-fil'tratsionnyy rezhim prigrzebnoy zony gruntovoy plotiny v surovyykh klimaticheskikh usloviyakh [Thermal and Filtration Behaviour of the Earth Dam Crest Area in Severe Climatic Conditions]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2013, no. 4, pp. 129—137. (In Russian)

19. Orekhov V.V. Kompleks vychislitel'nykh programm «Zemlya-89» [Computing Programs Complex “Earth-89”]. *Mezhvuzovskiy sbornik «Issledovaniya i razrabotki po komp'yuternomu proektirovaniyu fundamentov i osnovaniy»* [Interuniversity Collection “Research and Development in Computer Aided Design of Foundations and Bases”]. Novocherkassk, 1990, pp. 14—20. (In Russian)

20. Orekhov V.V., Khokhotva S.N. Gidrogeologicheskaya model' territorii gidrouzla Kousar [Hydrogeological Model of the Territory of Kowsar Hydraulic Project]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2015, no. 3, pp. 59—69. (In Russian)

About the authors: **Orekhov Vyacheslav Valentinovich** — Doctor of Technical Sciences, chief research worker, Scientific and Technical Center “Examination, Design, Inspection”, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; V.Orehov@rambler.ru;

Khokhotva Sergey Nikolaevich — Deputy Head, Centre of Hydraulic Structures Safety Validation, **Moscow branch of ENEX**, 13 Vol'naya str., Moscow, 105118, Russian Federation; Hohotva@rambler.ru.

For citation: Orekhov V.V., Khokhotva S.N. Otsenka effektivnosti raboty tsementatsionnoy zavesy na osnove analiza kolebaniy temperatury gruntovykh vod za plotinoy [Evaluation of the Effectiveness of Grouting Curtain on the Basis of the Analysis of Groundwater Temperature Fluctuations Behind the Dam]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2015, no. 4, pp. 126—133. (In Russian)