

Оценка фильтрационно-деформационных процессов в ограждающей дамбе хвостохранилища на основе 3D-моделирования

Н.А. Калашник ✉

Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук, г. Апатиты, Российская Федерация

✉ n.kalashnik@ksc.ru

Резюме: На примере одного из горнодобывающих предприятий Кольского региона выполнено 3D-моделирование фильтрационно-деформационных процессов в заполняемом хвостохранилище. В качестве исходных были использованы данные инженерно-геологических и гидрологических исследований хвостохранилища. Основные методы и подходы исследований заключались в построении гидрогеомеханической 3D-модели и конечно-элементном моделировании геомеханических и гидравлических условий. При этом основной акцент был направлен на динамическое изменение фильтрации воды сквозь грунты ограждающей дамбы, реализующееся в результатах расчётов посредством пошагового изменения коэффициента поперечной фильтрации. Целью исследования являлось выявление особенностей фильтрационно-деформационных процессов, происходящих в хвостохранилище горнодобывающего предприятия, с использованием 3D их моделирования. Разработана гидрогеомеханическая модель, отражающая геометрию исследуемого объекта, свойства грунтов, геомеханические и гидравлические условия. По результатам моделирования определены модельные параметрические значения перемещений грунтов ограждающей дамбы и объемов фильтрующейся воды из хвостохранилища. Установлены зависимости параметрических значений показателей от коэффициента поперечной фильтрации. Прослежена динамика изменения общих перемещений грунтов ограждающей дамбы и объемов фильтрации воды из хвостохранилища. Полученные результаты служат научно-технической основой для оценки гидрогеомеханического состояния хвостохранилища посредством использования установленных графических и аналитических зависимостей и тем самым имеют несомненное практическое значение.

Ключевые слова: горнодобывающее предприятие, хвостохранилище, фильтрационно-деформационные процессы, 3D-моделирование

Для цитирования: Калашник Н.А. Оценка фильтрационно-деформационных процессов в ограждающей дамбе хвостохранилища на основе 3D-моделирования. *Горная промышленность*. 2024;(1):100–104. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-1-100-104>

Assessment of filtration and deformation processes in the tailings dam on the basis of 3D modeling

N.A. Kalashnik ✉

Mining Institute Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russian Federation

✉ n.kalashnik@ksc.ru

Abstract: 3D modeling of the filtration and deformation processes in the active tailings dump was carried out using the example of one of the mining enterprises in the Kola region. The results of engineering-geological and hydrological studies of the tailing dump were used as the input data. The main research methods and approaches consisted in creating a hydrogeomechanical 3D model and finite element modeling of the geomechanical and hydraulic conditions. At the same time, the main emphasis was placed on the dynamic change in water filtration through the soils of the enclosing dam, which is realized in the results of calculations through step-by-step changes in the transverse filtration coefficient. The purpose of the study was to identify the features of filtration and deformation processes occurring in the tailings storage of the mining enterprise using their 3D modeling. A hydrogeomechanical model has been developed that reflects the geometry of the investigated facility, soil properties, geomechanical and hydraulic conditions. Based on the modeling results, model parametric values of soil movements of the enclosing dam and the volumes of filtered water from the tailings dump were determined. Dependence of parametric values of the indices on the coefficient of transverse filtration is established. The dynamics of changes in the total soil movements of the enclosing dam and the volume of water filtration from the tailing pond were traced. The obtained results serve as a scientific and technical basis for assessing the hydrogeomechanical state of the tailings storage by using established graphic and analytical dependencies, and thus have undoubted practical significance.

Keywords: mining company, tailings dump, filtration and deformation processes, 3D modeling

For citation: Kalashnik N.A. Assessment of filtration and deformation processes in the tailings dam on the basis of 3D modeling. *Russian Mining Industry*. 2024;(1):100–104. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-1-100-104>

Введение

Место складирования жидких минеральных отходов горнодобывающего предприятия, называемое хвостохранилищем, представляет собой сложную открытую гидротехническую систему (ГТС), играющую важную роль в обеспечении функциональности горного производства [1–3]. Для обеспечения хранения отходов и снижения их воздействия на окружающие природные системы возводятся ограждающие дамбы – насыпные конструктивные элементы ГТС хвостохранилища [4–7]. От прочности и фильтрационной устойчивости ограждающей дамбы зависит функциональность ГТС хвостохранилища и тем самым оказывает существенное влияние как на деятельность и существование всего горнорудного предприятия, так и на промышленную и экологическую безопасность региона [8–10]. Вместе с тем, поскольку ограждающие дамбы создаются способом обвалования, то есть насыпки грунтов на намывные отложения, происходит фильтрация воды сквозь тело дамбы. Вследствие этого в теле ограждающей дамбы формируются фильтрационно-деформационные процессы, интенсивность развития которых определяется как механическими и фильтрационными характеристиками грунтов, так и степенью (скоростью) фильтрации воды [11–14]. Поэтому исследования фильтрационно-деформационных процессов, происходящих в ограждающей дамбе хвостохранилища горнодобывающего предприятия и оказывающих приоритетное влияние на прочность и фильтрационную устойчивость ГТС, являются актуальными, а результаты исследований имеют научное и практическое значение [14–17].

Целью исследования являлось выявление особенностей фильтрационно-деформационных процессов, происходящих в ограждающей дамбе хвостохранилища горнодобывающего предприятия, на основе результатов 3D-моделирования.

Материалы и методы

Для исследования фильтрационно-деформационных процессов в ограждающей дамбе хвостохранилища горнодобывающего предприятия, были произведены параметрические расчеты с использованием программного комплекса PLAXIS 3D, который позволяет моделировать как анизотропную фильтрацию грунтов по направлениям анизотропии, совпадающими с главными осями x , y , и z расчетной модели, так и изменения проницаемости грунтов. Проницаемость, или гидравлическая проводимость, грунтов имитировалась в расчетах посредством задания различных значений коэффициентов фильтрации K_x , K_y , K_z (по главным осям расчетной модели).

В расчетах использовались геометрическая схема и гидрогеологические условия, соответствующие фактическим применительно к хвостохранилищу одного из горнодобывающих предприятий Кольского полуострова (рис. 1). При этом были выдержаны основные геометрические (соотношение высоты дамбы H_d к ее ширине $L/3$; $H_d:L/3=1:3$) и гидравлические (соотношение напора воды в верховом H_v и низовом H_n створах и высоты дам-

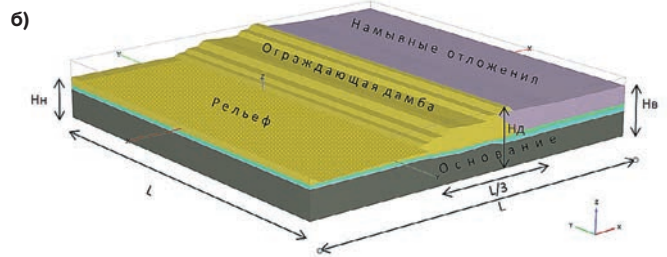


Рис. 1
Исследуемый участок хвостохранилища горнорудного предприятия:
а – фото фактического состояния; б – геометрическая схема компьютерной 3D-модели

Fig. 1
The investigated section of the tailing dump of the mining enterprise:
a – photo of the actual condition; б – geometric diagram of the computer 3D model

бы $H_v=0,9H_d$ и $H_n=0,7H_d$, а также гидравлический уклон $i=(H_v-H_n)/L$ характеристики, определяющие гидрогеомеханические условия функционирования хвостохранилища.

Основные параметры физико-механических характеристик грунтов ГТС хвостохранилища, используемые для расчетов, были приняты на основе данных инженерно-геологических и гидрологических испытаний¹ (см. рис. 1). Значения параметров применительно к заданным в 3D-модели породно-грунтовым слоям приведены в табл. 1.

Геометрическая схема модели разбивалась на конечные элементы, число которых в вариантах расчетов изменялось в зависимости от решаемой задачи. Для данной модели использовалось два режима разбивки сетки конечных

Таблица 1
Параметры физико-механических характеристик грунтов ГТС хвостохранилища, используемые для расчетов

Table 1
Parameters of physical and mechanical characteristics of soils of the tailing dump facilities used for calculations

Параметры	Грунты			
	Намывные отложения	Ограждающая дамба	Основание: пески гравелистые	Основание: гравийно-галечниковые грунты
γ_{unsat} (уд.вес грунта), kN/m ³	17,4	18,7	19,8	22,5
γ_{sat} (уд.вес насыщ. грунта), kN/m ³	20,9	19,2	20,0	23,5
E (модуль деформ.), kN/m ²	56000	25000	30000	30000
ν (коэф. Пуассона)	0,4	0,3	0,3	0,3
C_{ref} (сцепление), kN/m ²	5	2	2	4,4
ϕ (угол внутр. трения), град	38,5	25	30	26
ψ (угол дилатансии), град	8,5	0	0	0

¹ Исходными данными для построения компьютерных моделей, тарировки и интерпретации расчетов являлись данные инженерно-геологических изысканий ООО НИТЭЦ «Промгидротехника», ООО «ГИДРОГЕОИЗ», АО «Мурманская ГРЭС». В качестве опорных данных использовались пьезометрические измерения, выполненные гидрогеологической службой рудника.

Таблица 2
Варианты расчетов по гидравлической проводимости грунтов

Вариант расчета	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Коэффициенты фильтрации, м/сут																
K_x	10	20	40	50	60	80	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
K_y	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
K_z	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Table 2
Calculation options for hydraulic conductivity of soils

элементов *Fine* (Мелкая) и *Veryfine* (Очень мелкая). Режим *Veryfine* был применен для локального измельчения непосредственно для тела дамбы, где можно было ожидать высокую концентрацию или значительные градиенты деформации, в остальных местах геометрической модели был применен режим *Fine*. Основные параметры данной трехмерной сетки: число конечных элементов 115321, количество узлов 162402, средний размер элементов 13,59 м, при варьировании от максимальных (50,65 м) до минимальных (0,377 м) размеров.

В расчетах согласно встроенным в Plaxis 3D-модулям для всех грунтов были приняты тип модели «Mohr Coulomb» и тип дренирования «Drained», что позволило обеспечить получение непрерывной картины фильтрации.

Для учета внешнего давления воды и генерации порового давления в грунтах были заданы гидравлические условия. Для этого был создан и смоделирован уровень воды в хвостохранилище на отметке H_b , в теле дамбы на отметках по данным пьезометрических измерений, и за пределами хвостохранилища, на естественном рельефе, на отметке H_n . Моделируемым объемным кластерам грунтов были присвоены гидравлические условия, определяемые разностью напоров $H_b - H_n$, гидравлическим уклоном и коэффициентами фильтрации по осям координат x, y, z расчетной модели.

Исходные данные изменения гидравлической проводимости грунтов, исчисляемые коэффициентами фильтрации в основной системе координат, приведены в табл. 2 по вариантам компьютерного моделирования. Всего было выполнено 16 вариантов расчетов, в которых задавалось изменение коэффициента поперечной фильтрации K_x от 10 до 1000 м/сут, при постоянных значениях продольного K_y и вертикального K_z коэффициентов.

Результаты

Результаты выполненного компьютерного гидрогеомеханического 3D-моделирования фрагмента «хвостохранилище – ограждающая дамба – геологическое основание» приведены на рис. 2–5. Вначале рассмотрена динамика изменения общих перемещений грунтов, а затем – объемы фильтрации воды сквозь тело ограждающей дамбы.

На рис. 2 приведены палитры общих перемещений ($U_{общ}$) грунтов по наиболее контрастным вариантам расчетов: №1 – фильтрация воды сквозь грунты ограждающей дамбы минимальна, но при этом оказываемое давление на грунты максимально, и максимальные перемещения локализируются в верхней части низового склона, включая гребень дамбы (рис. 2, а); и №16 – фильтрация воды сквозь грунты дамбы максимальна, вследствие чего давление на дамбу существенно снизилось, значения перемещений снизились, но область перемещений грунтов распространилась практически на всю дамбу, захватив и примыкающую часть намывных отложений в хвостохранилище (рис. 2, б).

Из результатов многовариантного моделирования были

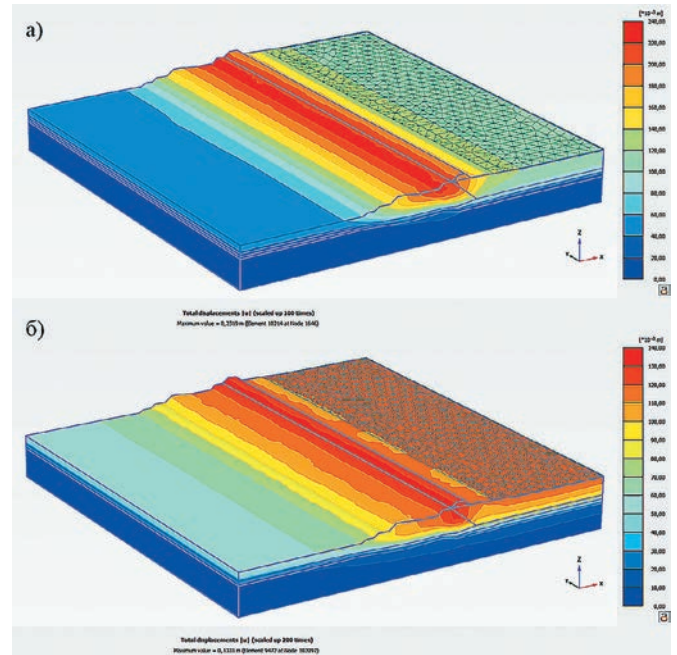


Рис. 2
Палитры общих (полных) перемещений ($U_{общ}$) грунтов по вариантам расчетов: а – №1; б – №16

Fig. 2
Palettes of the general (complete) displacements (U_{tot}) of soils according to the calculation options: а – No.1; б – No.16

выбраны максимальные для каждого варианта значения перемещений грунтов ограждающей дамбы и соответствующих им объемов фильтрующейся воды из хвостохранилища. При минимальной фильтрации (вариант №1, $K_x = 10$ м/сут) перемещения грунтов дамбы вследствие оказываемого давления превысят 24 см, а при максимальной (вариант №16, $K_x = 1000$ м/сут), когда давление воды уменьшится, значения перемещений снизятся до 13 см. Объем фильтрующейся сквозь тело дамбы воды возрастет от 4,7 (для варианта №1) до 660 м³/сут (для варианта №16) соответственно.

Зависимость общих перемещений ($U_{общ}$) грунтов ограждающей дамбы от их проницаемости, полученная по данным расчетов, приведена на рис. 3. Зависимость разделена на два участка: для низкой и средней ($10 \leq K_x \leq 100$ м/сут) (рис. 3, а) и для высокой проницаемости ($100 \leq K_x \leq 1000$ м/сут) (рис. 3, б) грунтов.

Динамика фильтрации воды из хвостохранилища сквозь тело ограждающей дамбы при различных вариантах гидравлической проводимости ее грунтов приведена на рис. 4.

Обсуждение результатов

Как видно из рис. 3, а, при увеличении фильтрации до 100 м/сут значения максимальных перемещений уменьшаются от 0,23 до 0,18 м по логарифмической зависимости $U_{общ} = -0,023 \ln(K_x) + 0,2344$, аппроксимирующей получен-

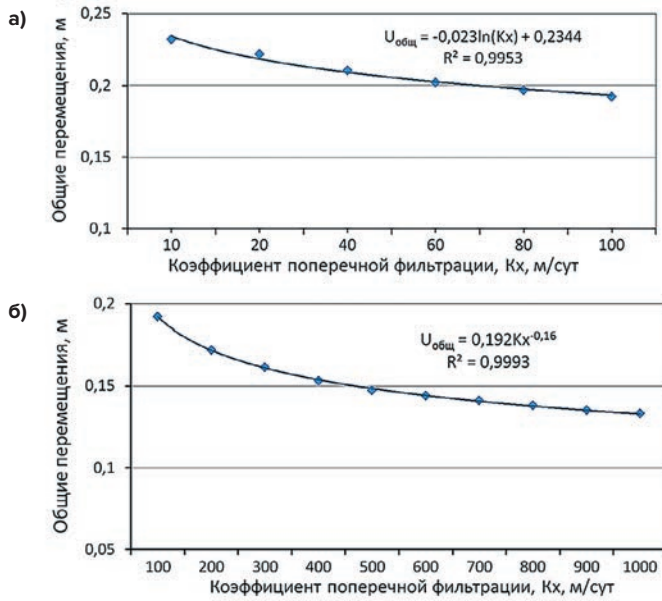


Рис. 3
Зависимость общих перемещений грунтов ограждающей дамбы от их проницаемости:
а – при $10 \leq K_x \leq 100$ м/сут;
б – при $100 \leq K_x \leq 1000$ м/сут

Fig. 3
Dependence of the total soil movements of the barrier dam on their permeability:
а – at $10 \leq K_x \leq 100$ m/day;
б – at $100 \leq K_x \leq 1000$ m/day

ные расчетные значения с высоким коэффициентом схожести $R^2 = 0,9953$.

При резком увеличении значений коэффициента поперечной фильтрации от 100 до 1000 м/сут (повышенная фильтрация) зависимость снижения значений перемещений от 0,18 до 0,13 м приобретает степенной вид $U_{\text{общ}} = 0,192K_x^{-0,16}$ с высоким коэффициентом схожести $R^2 = 0,9993$ (см. рис. 3, б).

Для низкой и средней проницаемости грунтов увеличение объемов фильтрующейся воды от 5 до 44 м³/сут подчиняется с коэффициентом схожести $R^2 = 0,9979$ степенной функции $q = 4,4346K_x^{1,24}$ (см. рис. 4, а). Для высокой проницаемости (см. рис. 4, б) возрастание объемов фильтрации от 44 до 650 м³/сут аппроксимируется логарифмической зависимостью $q = 251,99\ln(K_x) - 1153,4$ с коэффициентом схожести $R^2 = 0,9693$.

Заключение

Анализ полученных результатов исследований позволил выявить зависимости фильтрационно-деформационных процессов в теле ограждающей дамбы от степени проницаемости грунтов. Полные перемещения грунтов дамбы сни-

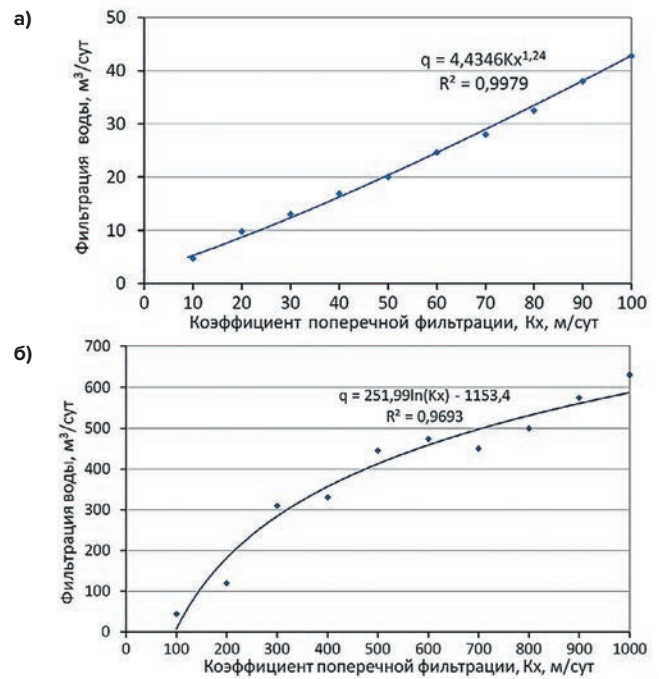


Рис. 4.
Зависимость объемов фильтрации воды из хвостохранилища от проницаемости грунтов ограждающей дамбы:
а – при $10 \leq K_x \leq 100$ м/сут;
б – при $100 \leq K_x \leq 1000$ м/сут

Fig. 4
Dependence of the volume of water filtration from the tailing pond on the permeability of the soils of the enclosing dam:
а – at $10 \leq K_x \leq 100$ m/day;
б – at $100 \leq K_x \leq 1000$ m/day

жаются от 0,23 до 0,18 м по логарифмической зависимости (при постепенном незначительном возрастании коэффициента фильтрации от 10 до 100 м/сут) и от 0,18 до 0,13 м по степенной зависимости (при резком возрастании коэффициента фильтрации от 100 до 1000 м/сут). Соответственно, вначале объем фильтрации через тело дамбы возрастает по степенной зависимости от 5 до 44 м³/сут и при резком возрастании протечки более чем 10-кратно увеличится от 45 до 650 м³/сут – по логарифмической.

Полученные результаты служат научно-технической основой для оценки гидрогеомеханического состояния хвостохранилища посредством использования установленных графических и аналитических зависимостей и тем самым имеют несомненное практическое значение. Рассмотренный подход может быть использован как для хвостохранилищ других горнодобывающих предприятий, так и для водорегулирующих гидротехнических сооружений.

Список литературы / References

1. Калашник А.И., Максимов Д.А., Калашник Н.А., Дьяков А.Ю., Запорожец Д.В., Мелихов М.В. Многоуровневые комплексные исследования и мониторинг хвостохранилищ горнодобывающих предприятий северо-западной части Российского сектора Арктики. Апатиты: ФИЦ КНЦ РАН; 2022. 250 с.
Kalashnik A.I., Maksimov D.A., Kalashnik N.A., Dyakov A.Yu., Zaporozhets D.V., Melikhov M.V. Multilevel complex research and monitoring of tailings dumps of mining enterprises in the north-western part of the Russian sector of the Arctic. Apatity: FIC KSC RAS, 2022, 250 p. (In Russ.).
2. Шипцов В.В., Тишков С.В., Волков А.Д. Современное состояние и перспективы развития хвостохранилища моногорода арктической зоны (на примере АО «Карельский окатыш»). Горный журнал. 2023;(2):68–73. <https://doi.org/10.17580/gzh.2023.02.11>
Shchiptsov V.V., Tishkov S.V., Volkov A.D. Current condition and potential expansion of tailings storage facilities at an Arctic monotown: A case-study of Karelskiy Okatysh. Gornyi Zhurnal. 2023;(2):68–73. (In Russ.) <https://doi.org/10.17580/gzh.2023.02.11>
3. Tao M., Zhang X., Wang S., Cao W., Jiang Y. Life cycle assessment on lead–zinc ore mining and beneficiation in China. Journal of Cleaner Production. 2019;237:117833. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117833>

4. Калашник А.И. Комплексные исследования и мониторинг хвостохранилищ горнопромышленных предприятий Кольского региона. *Горный журнал*. 2020;(9):101–106. (In Russ.) <https://doi.org/10.17580/gzh.2020.09.15>
Kalashnik A.I. Integrated research and monitoring of mine tailings on the Kola Peninsula. *Gornyi Zhurnal*. 2020;(9):101–106. <https://doi.org/10.17580/gzh.2020.09.15>
5. Fortuna J., Waterhouse J., Chapman P., Gowan M. Applying practical hydrogeology to tailings storage facility design and management. *Mine Water and the Environment*. 2021;40:50–62. <https://doi.org/10.1007/s10230-020-00739-x>
6. Lyu Z., Chai J., Xu Z., Qin Y., Cao J. A comprehensive review on reasons for tailings dam failures based on case history. *Advances in Civil Engineering*. 2019;4159306. <https://doi.org/10.1155/2019/4159306>
7. Шарипов Д.Ш. Гидродинамические и гидростатические силы как факторы, влияющие на устойчивость хвостохранилищ. *Науки о Земле и недрапользование*. 2021;44(1):63–72. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2021-44-1-63-72>
Sharipov D.Sh. Hydrodynamic and hydrostatic forces as factors affecting tailing dump stability. *Earth Sciences and Subsoil Use*. 2021;44(1):63–72. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2021-44-1-63-72>
8. Kalashnik N.A. Influence of water filtration rate on the functionality of the mining tailings dam. *Journal of Physics: Conference Series*. 2022;2388:012149. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2388/1/012149>
9. Owen J.R., Kemp D., Lèbre É., Svobodova K., Pérez Murillo G. Catastrophic tailings dam failures and disaster risk disclosure. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2020;42:101361. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101361>
10. Максимов Д.А. Влияние фильтрационных нарушений на уровень фильтрующихся вод и состояние насыпного гидротехнического сооружения. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2021;(5-1):280–291. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2021_51_0_280
Maksimov D.A. Impact of impaired permeability on percolating water level and on condition of rock-fill hydrotechnical facility. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2021;(5-1):280–291. (In Russ.) https://doi.org/10.25018/0236_1493_2021_51_0_280
11. Kalashnik N. Scenario modeling of groundwater filtration in a enclosing tailings dam of a mining enterprise. *E3S Web of Conferences*. 2023;376:03020. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337603020>
12. Muller S., Lassin A., Lai F., Thiéry D., Guignot S. Modelling releases from tailings in life cycle assessments of the mining sector: From generic models to reactive transport modelling. *Minerals Engineering*. 2022;180:107481. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2022.107481>
13. Muniruzzaman M., Karlsson T., Ahmadi N., Rolle M. Multiphase and multicomponent simulation of acid mine drainage in unsaturated mine waste: Modeling approach, benchmarks and application examples. *Applied Geochemistry*. 2020;120:104677. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2020.104677>
14. Аргал Э.С. Борьба с фильтрацией в основании западной дамбы хвостохранилища Удоканского ГМК. *Гидротехническое строительство*. 2023;(10):16–21. Режим доступа: <http://www.gts.energy-journals.ru/index.php/GTS/article/view/1267/0> (дата обращения: 09.12.2023).
Argal E.S. Control of filtration at the base of the western dam of the tailings dump of the Udokan MMC. *Gidrotekhnicheskoe Stroitelstvo*. 2023;(10):16–21. (In Russ.) Available at: <http://www.gts.energy-journals.ru/index.php/GTS/article/view/1267/0> (accessed: 09.12.2023).
15. Сайидкосимов С.С., Раимжанов Б.Р., Умаров Ф.Я., Рахимова М.Х. Прогнозная оценка напряженнодеформированного состояния дамб хвостохранилищ на базе пространственной конечно-элементной модели. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2023;(9):38–55. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2023_9_0_38
Sajjidkosimov S.S., Raimdzhanov B.R., Umarov F.Ya., Rahimova M.H. Predictive stress-strain analysis of tailings dams from 3d fem-based model. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2023;(9):38–55. (In Russ.) https://doi.org/10.25018/0236_1493_2023_9_0_38
16. Храпов С.С. Численное моделирование гидродинамических аварий: размыв дамб и затопление территорий. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Математика. Механика. Астрономия*. 2023;10(2):357–373. <https://doi.org/10.21638/spbu01.2023.215>
Khrapov S.S. Numerical modeling of hydrodynamic accidents: Erosion of dams and flooding of territories. *Vestnik of Saint Petersburg University. Mathematics. Mechanics. Astronomy*. 2023;10(2):357–373. (In Russ.) <https://doi.org/10.21638/spbu01.2023.215>
17. Шерхов А.Х., Гергокова З.Ж. Оценка актуального состояния некоторых компонентов комплекса гидротехнических сооружений хвостохранилища Тырныаузского горно-обогатительного комбината. *Природообустройство*. 2022;(4):100–106. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2022-4-100-106>
Sherhov A.Kh., Gerkova Z.Zh. Assessment of the current state of some components of the complex of hydraulic structures of the tailings pond of the Tyrnyauz mining and processing plant. *Prirodoobustrojstvo*. 2022;(4):100–106. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2022-4-100-106>

Информация об авторе

Калашник Надежда Анатольевна – научный сотрудник лаборатории Геофлюидомеханики, Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук, г. Апатиты, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0001-7651-6562>, e-mail: n.kalashnik@ksc.ru

Information about the author

Nadezhda A. Kalashnik – Researcher of Laboratory of Fluid Geomechanics, Mining Institute Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0001-7651-6562>, e-mail: n.kalashnik@ksc.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 09.01.2024
Поступила после рецензирования: 06.02.2024
Принята к публикации: 06.02.2024

Article info

Received: 09.01.2024
Revised: 06.02.2024
Accepted: 06.02.2024