

**Вывод.** Распознавание и классификация данных признаков осуществляется в совокупности с нейросетевыми методами. ИНС, применяемая в современном программном обеспечении (ПО), представляет собой математическую модель параллельных вычислений, содержащую взаимодействующие между собой простые процессорные элементы – искусственные нейроны. Преимуществом нейронных сетей перед традиционными алгоритмами является возможность их обучения.

Благодаря совместному использованию рассмотренных методов можно вовремя зарегистрировать отклонения в ходе взращивания сельскохозяйственных культур, что позволит минимизировать потери.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Булавицкий В.Ф. Фотограмметрия и дистанционное зондирование территории: учеб. пособие / В.Ф. Булавицкий, Н. В. Жукова. - Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2016. - 113 с.
2. Манухов В. Ф., Кислякова Н. А., Варфоломеев А. Ф. Информационные технологии в аэрокосмической подготовке выпускников географов-картографов // Педагогическая информатика. – 2013. – № 2. – С. 27–33.
3. Росяйкина Е. А., Ивлиева Н. Г. Управление данными дистанционного зондирования Земли в среде ГИС-пакета ArcGIS // Картография и геодезия в современном мире: мат-лы 2-й Всерос. науч.-практ. конф., Саранск, 8 апр. 2014 г. / редкол.: В. Ф. Манухов (отв. ред.) и др. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – С. 150–154.

УДК 622.271.63:627.514:004

## ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ НАСЫПНОЙ ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ ВОДОХРАНИЛИЩА СЕЛИАККА-ЯРВИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Н.А. Калашник**

научный сотрудник лаборатории Геофлюидомеханики, Горный институт КНЦ РАН, Аптиты, Россия, e-mail: [kanad2805@mail.ru](mailto:kanad2805@mail.ru)

**Аннотация.** Выполнена оценка устойчивости насыпной грунтовой плотины водохранилища Селиакка-Ярви, являющегося основным и важным источником производственного водоснабжения г. Заполярный и промышленных объектов АО «Кольская ГМК». Исследования выполнены на основе компьютерного 3D моделирования и натуральных гидрогеологических и визуальных определений. Выявлены значения и размеры зон полных смещений грунтов плотины и подстилающего геологического основания. Определены значения коэффициента устойчивости (безопасности) плотины, на основании чего сделан вывод о ее состоянии для рассматриваемых условий.

*Ключевые слова: водохранилище, плотина, моделирование, перемещения грунтов, устойчивость.*

## ASSESSMENT OF STABILITY OF A BULK SOIL DAM OF THE SELIAKKA-YARVI RESERVOIR BY RESULTS OF 3D MODELING

**Nadezhda Kalashnik**

Research Associate of Geoflyuidomechanikal Laboratory, Mining institute KNC RAS, Apatity, Russia, e-mail: [kanad2805@mail.ru](mailto:kanad2805@mail.ru)

**Abstract.** Assessment of stability of a bulk soil dam of the Seliakka-Yarvi reservoir which is the main and important source of production water supply of is executed for sity Zapolyarnyi and industrial facilities of JSC Kola MMC. Researches are executed on the basis of computer 3D modeling and natural hydrogeological and visual definitions. Values and the sizes of zones of full shifts of soil of a dam and the spreading geological basis are revealed. Values of coefficient of stability (safety) of a dam are defined on the basis of what the conclusion is drawn on its state for the considered conditions.

*Keywords: reservoir, dam, modeling, movements of soil, stability.*

**Введение.** Необходимость и актуальность данного исследования определяются тем, что водохранилище Селиакка-Ярви является основным и важным источником производственного водоснабжения. Забор водных ресурсов из водохранилища осуществляется для технических нужд и нужд горячего водоснабжения г. Заполярный, а также для расположенных здесь промышленных объектов АО «Кольская ГМК» [1].

Водоохранилище Селиакка-Ярви сформировано в пределах расширения реки Селиакка-Ярви (Быстрая) в ее среднем течении. Сооруженная насыпная грунтовая плотина перегораживает суженную часть долины, сложенную перемежающимися аллювиальными и водно-ледниковыми образованиями. Кристаллические породы геологического основания интенсивно трещиноваты, на отдельных участках раздроблены.

Плотина водохранилища Селиакка-Ярви характеризуется следующими основными параметрами: высота плотины - 18,0 м; длина плотины по гребню - 510,0 м; ширина плотины по гребню - 20,0-50,0 м; ширина плотины по подошве - 120,0 м; отметка гребня - 201,2 м. Водоохранилище имеет полный объем 3,2 млн. м<sup>3</sup>, площадь зеркала при около 0,6 км<sup>2</sup>; при этом отметка нормального подпорного уровня на верхнем бьефе плотины составляет 198,4 м.

Гребень плотины, отсыпанный песчано-глыбовым материалом, представляет собой уплощенную волнистую поверхность с небольшим (0,5-0,7 м) перепадом высот. Водоприемная часть (верхний бьеф) плотины представляет собой склон под углом около 45°, сложенный крупноглыбовым и

валунным материалом местных пород. Упорная часть (нижний бьеф) плотины представляет собой склон под углом от  $55^\circ$  до  $75^\circ$ , сверху отсыпанный крупноглыбовым и валунным материалом практически до нижнего бьефа плотины. Вдоль бьефа, в песчано-гравийных отложениях, прослеживается небольшое понижение, к которому приурочены несколько водотоков и водоемов, сформировавшихся вследствие инфильтрационного просачивания воды водохранилища через тело плотины.

**Цель исследований.** Целью данной работы являлась оценка устойчивости насыпной грунтовой плотины озера водохранилища озера Селиакка-Ярви. Для достижения поставленной цели была построена 3D модель системы «водохранилище-плотина-геологическое основание» и выполнено компьютерное исследование фильтрационно-деформационных условий ее работы. По результатам 3D компьютерного моделирования определены расчетные значения смещений грунтов плотины и геологического основания и выполнена оценка устойчивости плотины в целом.

**3D модель.** Для выполнения исследований была построена 3D модель системы «водохранилище-плотина-геологическое основание». Вначале была создана геометрически подобная схема, с выделением основных слоев грунтов в геологическом основании и в теле плотины, для которых, на основании данных натуральных инженерно-геологических условий, были заданы соответствующие параметры физико-механических свойств [2, 3] (рис. 1).

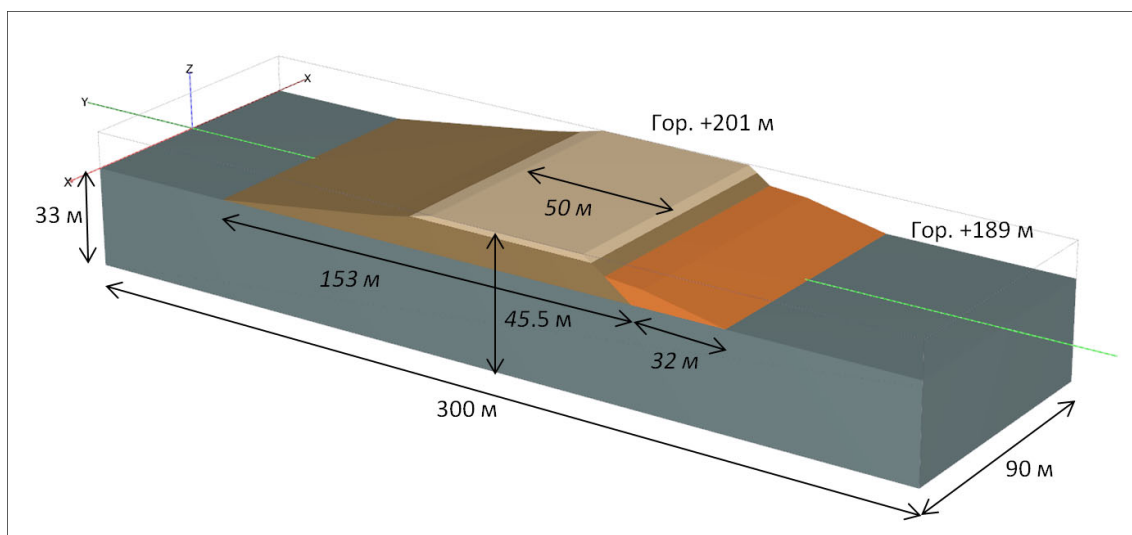


Рисунок 1 – Геометрическая схема компьютерной 3D модели «плотина-геологическое основание»

Затем, для проведения расчетов, геометрическая модель была разбита на отдельные элементы. Основными элементами в трехмерной сетке конечных элементов являются десятиузловые элементы-тетраэдры. Автором

сетка конечных элементов была построена в автоматическом режиме с использованием опции *Element distribution* как *very fine* (очень мелкая), включала: конечных элементов – 48082; узлов – 70653. При этом средний размер элемента был подобен 5,318 м; максимальный размер элемента в основании - 14,66 м; минимальный размер элемента в теле плотины - 0,286 м, что свидетельствует о достаточной детализации исследований.

Далее задавался уровень воды в водохранилище на отметке +198,9 м, и строилась, по гидрогеологическим данным, депрессионная поверхность в теле плотины.

**Результаты 3D моделирования.** На основе созданной 3D модели «водохранилище-плотина-геологическое основание» были выполнены многовариантные параметрические расчеты, по результатам которых были построены цветные картины смещений грунтов плотины и геологического основания. На рис.2 приведена объемная картина общих (полных) расчетных перемещений грунтов для рассматриваемых исходных условий, а на рис.3 – геометрические размеры зон одинаковых значений смещений как вкрест простираения плотины, так и по глубине, от гребня в глубь геологического основания.

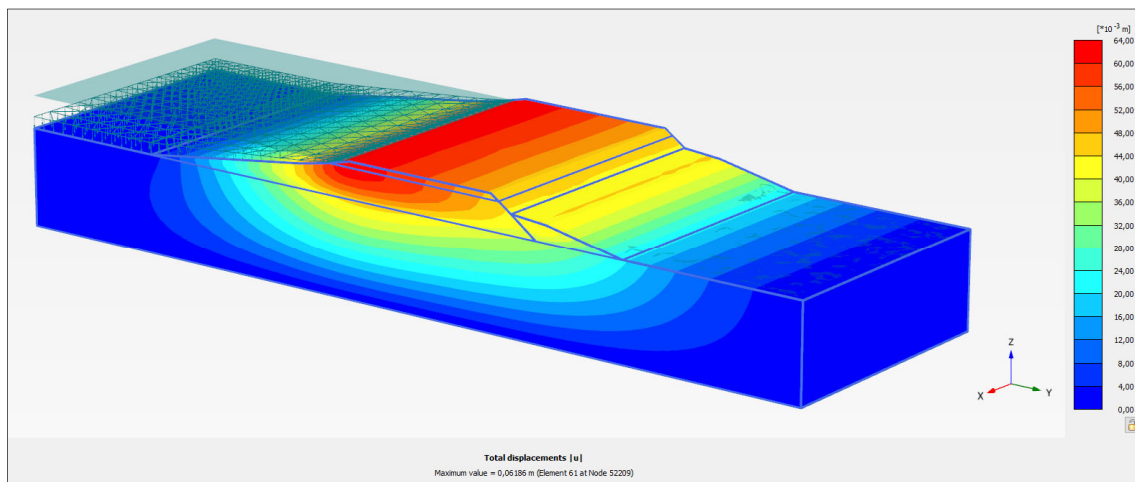


Рисунок 2 – Объемная картина общих (полных) расчетных перемещений грунтов плотины и геологического основания

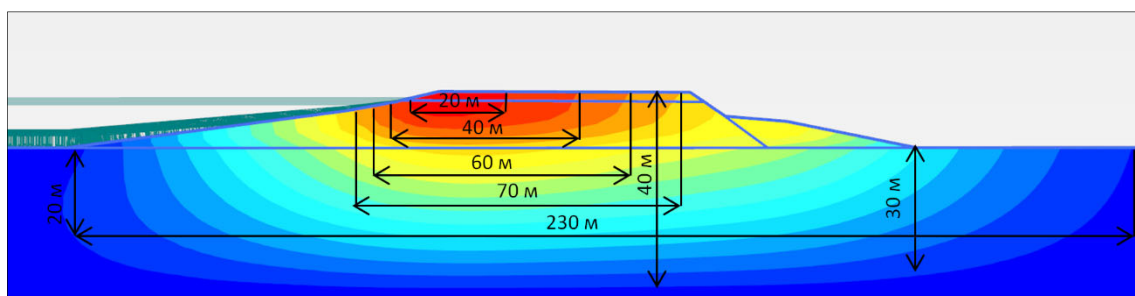


Рисунок 3 – Геометрические размеры зон по изогипсам перемещений

Анализ рисунков показывает, что максимальные смещения (до 0,065 м) локализуются на сопряжении гребня плотины и верхнего. Размеры этой зоны могут достигать 20 м в плане и 5-6 м по глубине. Следует заметить, что гребень плотины в целом подвержен относительно большим смещениям (до 0,05 м) на глубину до 10-12 м. В целом, смещениям подвержены не только грунты плотины, но и геологического основания: горизонтальный размер зоны смещений достигает 230 м, а вертикальный - 40 м (что более чем в 2 раза превышает высоту непосредственно плотины).

По результатам компьютерного моделирования и выполненных многовариантных параметрических расчетов была выполнена оценка устойчивости (безопасности), базирующаяся на отношении полученных значений сдвиговой прочности к минимальной сдвиговой прочности, необходимой для равновесия [2, 4, 5]. Было определено, что для рассматриваемых условий работы системы «водохранилище-плотина-геологическое основание», при отметке гребня плотины +201 м и при уровне воды в водохранилище +198,9 м, устойчивость плотины обеспечивается для всех рассмотренных вариантов со значениями коэффициента устойчивости (безопасности)  $K_{без}$ , большими нормативного коэффициента  $K_{безн}$  (согласно нормативным требованиям [6]  $K_{безн}$  должен быть не менее 1.5). Вместе с тем, локально, на сопряжении нижнего бьефа плотины и подстилающего основания, значения коэффициента устойчивости могут быть ниже [7], что и подтверждается выявленными здесь визуальными наблюдениями зонами повышенной фильтрации воды (происходит высачивание фильтрационного потока и локальное понижение устойчивости на нижней кромке).

**Выводы.** Выполненные расчётные исследования устойчивости плотины комплекса гидротехнических сооружений водохранилища оз. Селиакка-Ярви при отметке гребня плотины +201 м и уровне воды в озере +198,9 м, показали, что устойчивость плотины обеспечивается для всех рассмотренных параметрических вариантов с большим нормативного коэффициентом ( $K_{без} > 1.5$ ). Вместе с тем, локально, на сопряжении нижнего бьефа плотины и подстилающего основания, значения коэффициента устойчивости могут быть ниже, что и подтверждается выявленными здесь визуальными наблюдениями зонами повышенной фильтрации воды (происходит высачивание фильтрационного потока и локальное понижение устойчивости на нижней кромке).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Научно-технический прогресс на горнорудных предприятиях Заполярья / Н.Н. Мельников, П.А. Усачев, Ю.В. Демидов и др. - Л.: Наука: Ленингр. отд-ние, 1988. – 239с.
2. Калашник Н.А. Компьютерное моделирование механической прочности и противотрибационной функциональности ограждающей дамбы хвостохранилища / Н.А. Калашник // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта. – Днепропетровск, 2016. - № 3. - С. 304-308.
3. Калашник А.И. Исследования ограждающего насыпного гидротехнического сооружения как прототипа дамбы хвостохранилища горно-обогатительного предприятия / А.И. Калашник, Н.А. Калашник // Вестник Кольского научного центра РАН. - 2013. - № 1 (12). - С. 27-30.
4. Данилкин А.А. Мониторинг состояния ограждающей дамбы в зоне отработки техногенного месторождения Ковдорского ГОКа / А.А. Данилкин, А.И. Калашник, Д.В. Запорожец, Д.А. Максимов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2014. - № 7. - С. 344-351.
5. Калашник А.И. Компьютерное 3D моделирование фильтрационно-деформационного состояния ограждающей дамбы хвостохранилища Ковдорского ГОКа / А.И. Калашник, Н.А. Калашник, О.В. Смирнова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2017. - Спецвыпуск 23. - С. 292-298.
6. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. – Утв. МинрегионРоссии 29.12.2011.
7. Калашник А.И. Идентификация фильтрационно-деформационных процессов в теле ограждающей дамбы хвостохранилища / А.И. Калашник, Д.В. Запорожец, Н.А. Калашник // Вестник Кольского научного центра РАН. - 2013. - № 2 (13). - С. 13-16.

УДК 747.012

## МОРФОЛОГІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ЯК ЗАСІБ ДИЗАЙНУ

А.О. Логінова<sup>1</sup>, І.В. Вернер<sup>2</sup>, Т.Л. Кожушкіна<sup>3</sup>

<sup>1</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри основ конструювання механізмів і машин, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: [An.O.Loginova@gmail.com](mailto:An.O.Loginova@gmail.com)

<sup>2</sup>асистент кафедри основ конструювання механізмів і машин, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: [ill3@mail.ru](mailto:ill3@mail.ru)

<sup>3</sup>директор Дніпровського державного коледжу технологій та дизайну, м. Дніпро, Україна

**Анотація.** В роботі наведені основні принципи та приклади, що обумовлюють перспективність розвитку творчого використання принципу морфологічної трансформації в практиці формоутворення та при вирішенні завдань сучасного дизайну. Показано переваги методу морфологічної трансформації, як засобу функціональної трансформації та надання функціональної багатозначності речі або предметному середовищу.