

## МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

**ОРЛОВА Светлана Сергеевна**, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова  
**ПАНКОВА Татьяна Анатольевна**, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова  
**МИХЕЕВА Ольга Валентиновна**, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова  
**МИРКИНА Елена Николаевна**, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

*Мониторинг состояния гидротехнических сооружений проводится для обеспечения управления рациональной и безопасной эксплуатацией гидроузла. По результатам регулярных взаимосвязанных контрольных наблюдений за состоянием ГТС составляется база данных наблюдений. На ее основе проводятся анализ и оценка прогноза развития негативных процессов на объекте и разработка рекомендаций по их преодолению и устранению выявленных нарушений; предотвращение возникновения аварийных ситуаций; создание условий для безопасной эксплуатации. Мониторинг безопасности ГТС проведен на примере гидротехнических сооружений перегораживающего регулирующего сооружения Александровогоайского водохранилища Саратовской области. Приведены основные количественные и качественные показатели и их критериальные значения. Рекомендуется в процессе эксплуатации визуальные наблюдения проводить ежедневно, инструментальные – не реже 1 раза в 3 года, кроме этого не реже одного раза в две недели проводить осмотр ГТС с занесением результатов в соответствующий журнал. Систематические визуальные наблюдения должны дополняться предпаводковыми и послепаводковыми осмотрами сооружений, а также внеплановыми обследованиями, выполняемыми после экстремальных событий, сопровождающихся повреждением сооружений. Особое внимание следует уделять наблюдениям за фильтрационным режимом в теле и основании плотины, состоянием крепления входных и выходных оголовков, затворов и трубопроводов водовыпускного сооружения.*

98

9  
2021

**Введение.** В соответствии с ГОСТ Р 22.1.11-2002 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг состояния водоподпорных гидротехнических сооружений (плотин) и прогнозирование возможных последствий гидродинамических аварий на них. Общие требования», мониторинг состояния водоподпорных гидротехнических сооружений (ГТС) включает: регулярные взаимосвязанные контрольные наблюдения за состоянием ГТС; сбор, накопление и хранение данных наблюдений; создание и ведение базы данных наблюдений; сопоставление измеренных (наблюденных) значений диагностируемых показателей состояния ГТС с их критериальными значениями (критериями безопасности); оперативную оценку состояния ГТС, их оснований и береговых сопряжений; информирование органов, ответственных за безаварийное состояние ГТС на местном и региональном уровнях.

Основной целью мониторинга является обеспечение управления рациональной и безопасной эксплуатацией гидротехнических сооружений (ГТС) путем определения соответствия фактических параметров состояния и условий эксплуатации предельно допустимым параметрам (критериям безопасности), а также оценка надежности сооружений и их влияния на окружающую среду [1].

Основные задачи мониторинга: обеспечение постоянного контроля состояния гидротехнических сооружений и их воздействия на окружающую среду; анализ и оценка прогноза развития негативных процессов на объекте и разработка рекомендаций по их преодолению и устранению выявленных нарушений; предотвращение возникновения аварийных ситуаций; создание условий для безопасной эксплуатации [9].

**Методика исследований.** Мониторинг безопасности ГТС проведен на примере гидротехнических сооружений перегораживающего регулирующего сооружения Александровогоайского водохранилища (рис. 1). Александровогоайское водохранилище на реке Большой Узень у с. Александров Гай, расположено в 1,5 км юго-восточнее с. Новоалександровка. Назначение водохранилища – аккумуляция воды с целью обеспечения гарантированно-

го водозабора для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения с. Александров Гай и прилегающих сёл. Водохранилище сезонного регулирования.

Объект эксплуатируется 15 лет. За время эксплуатации аварийных ситуаций не наблюдалось. Класс капитальности ГТС – IV. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 2 ноября 2013 г. № 986 «О классификации гидротехнических сооружений», класс ГТС – III. По степени опасности ГТС относится к III классу, уровень безопасности нормальный.

В состав гидроузла входят (в настоящее время): плотина – русловая, переливная, длина – 145 м, ширина по гребню – 8 м, максимальная ширина по основанию – 125,05 м, максимальная высота – 6 м, отметка гребня – 15 м, заложение верхового откоса – 3, низового – 3,5; водовыпускное сооружение трубчатого типа устроено в центральной части тела переливной плотины шириной 22,84 м; количество ниток водоводов для пропуска воды – 12 шт., количество основных затворов – 12 шт., трубы – стальные, длиной – 10,82 м, диаметром – 1,22 м., пропускная способность – 30 м<sup>3</sup>/с., перепад сооружения – 4 м, отметка порога сооружения – 13 м (рис. 2); ограждающий вал отсыпан из суглинистого грунта и предназначен для ограждения пониженной части русла реки Большой Узень в левом плече перегораживающего регулирующего сооружения (рис. 3, 4), длина вала по гребню – 283,5 м, ширина по гребню – 8,0 м, максимальная высота – 5,2 м, отметка гребня – 20,7 м, макси-



Рис. 1. Перегораживающее регулирующее сооружение Александровогоайского водохранилища

мальная ширина по основанию – 39,2 м, коэффициент откосов – 3.

Натурные наблюдения включают в себя: гидрометеорологические наблюдения; визуальные наблюдения за состоянием ГТС; геодезический контроль; обработку результатов натуральных наблюдений. Информация об изменении гидрометеорологических параметров в течение всего периода наблюдений за состоянием ГТС, полученная от соответствующих региональных служб Гидрометцентра, должна включать сведения об изменениях температуры и влажности воздуха, скорости ветра, атмосферных осадках, толщине льда и снежного покрова, характеристиках ожидаемого паводка.

При визуальных наблюдениях контролируют: состояние откосов и покрытия гребня плотины; наличие трещин в бетонной облицовке, их характер, форма, протяженность (стабилизировавшиеся или нет, продольные или поперечные, поверхностные или глубинные, формирующие тело обрушения или нет, сквозные или тупиковые и т.д.) [1, 6, 10]; наличие и развитие трещин в зонах сопряжения элементов сооружений и оснований с различными физико-механическими (в том числе фильтрационными) характеристиками; наличие осадок, просадок, смещений грунта в теле и основании ГТС; наличие осадок, размывов, оползания откосов [4, 7]; состояние водовыпускных труб (наличие заилиения, просадок, промерзания и пр.); санитарное состояние. Необходимо результаты каждого визуального осмотра ГТС вносить в журнал. Если при осмотре не обнаружено никаких заметных изменений в состоянии сооружений, то в журнале делается отметка «замечаний нет». Все текущие изменения состояния сооружений, обнаруженные во время обходов, фиксируются на месте, а также на планах сооружений с описанием, зарисовками и обмерами с указанием времени и возможной причины их появления в журнале визуальных наблюдений; обслуживающий персонал незамедлительно ставит об этом в известность лицо, ответственное за эксплуатацию ГТС [8]. В местах выявленных отклонений организуются наблюдения, производится фотографирование и



Рис. 2. Водовыпускное сооружение трубчатого типа



Рис. 3. Левое плечо перегораживающего регулирующего сооружения



Рис. 4. Ограждающий вал

описание дефектных мест, а фотографии вклеиваются в журнал визуальных наблюдений [2]. При выявлении или развитии ранее обнаруженных дефектов наблюдения за ними, вплоть до их ликвидации, проводятся каждые 3 дня, а при необходимости – ежедневно.

В процессе эксплуатации лицо, ответственное за состояние (эксплуатацию) ГТС, не реже одного раза в неделю производит осмотр ГТС и проверяет журнал визуальных наблюдений. В случае обнаружения при осмотрах какого-либо дефекта состояния сооружений составляется акт с указанием дефектов, перечень ремонтных работ (в том числе с привлечением специализированной организации) и устанавливается порядок дополнительных наблюдений и измерений в опасной зоне [3, 5]. Кроме ежедневных обходов, 2 раза в год, перед зимним сезоном и весенним паводком, проводятся комиссионные обследования общего состояния ГТС с составлением акта.

Подробно методики визуальных наблюдений за состоянием ГТС составлены на основании П 72-2000 «Рекомендации по проведению визуальных наблюдений и обследований на грунтовых плотинах» и П 87-2001 «Рекомендации по проведению натуральных наблюдений за осадками грунтовых плотин». Геодезический контроль включает в себя: периодические измерения вертикальных осадок и горизонтальных смещений сооружений; периодические топографические съемки гидротехнических сооружений. Контрольные промеры геометрических размеров сооружений проводятся при изменении контура сооружения, но не реже 1 раза в 3 года. В журнале визуальных наблюдений отражаются результаты наблюдений и контроля по всем объектам мониторинга.

В годовом отчете о состоянии ГТС оформляется раздел «Результаты натуральных наблюдений». В нём приводится краткая информация о проведенных наблюдениях, замеченных дефектах, отступлениях от технических условий эксплуатации и мерах по их устранению. Годовой отчет о состоянии сооружений, составляемый службой эксплуатации, утверждается техническим руководителем организации. В годовом отчете в обязательном порядке в разделе «Анализ состояния и уровня эксплуатации ГТС», в табличной форме дается сравнение фактических контрольных показателей с критериями безопасности [8].

Критерии состояния ГТС:  $K_1$  – первый (предупреждающий) уровень значений диагностических показателей, при достижении которого устойчивость, механическая и фильтрационная прочность ГТС и его основания, а также пропускная способность водосбросных и водопропускных сооружений еще соответствуют условиям нормальной эксплуатации;  $K_2$  – второй (предельный) уровень значений диагностических показателей, при повышении которых эксплуатация ГТС в проектных режимах недопустима. Расчет значений критериев безопасности проводится в соответствии с РД 153-34.2-21.342-00 Методика определения критериев безопасности гидротехнических сооружений.

Обоснование прочности и устойчивости ГТС и их оснований выполнено из условий недопущения предельных состояний по СП 58.13330.2019 «Гидротехнические сооружения. Основные положения»:

$$\gamma_{lc} \cdot F \leq \frac{\gamma_c \cdot R}{\gamma_n}, \quad (1)$$

где  $\gamma_{lc}$  – коэффициент сочетания нагрузок;  $F$  – расчетное значение обобщенного силового воздействия;



$R$  – расчетное значение обобщенной несущей способности;  $\gamma_n$  – коэффициент надежности (для IV класса  $\gamma_n = 1,10$ ).

Критерий устойчивости сооружения по критерию состояния  $K_1$ :  $\gamma_{lc} F_I \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} R_I$ ; по критерию состояния  $K_2$ :  $\gamma_{lc} F_{II} > \frac{\gamma_c}{\gamma_n} R_{II}$ .

Коэффициент устойчивости по критерию состояния  $K_1$ :  $k_c > 1,2 \frac{\gamma_n \gamma_{fc}}{\gamma_c}$ ; по критерию состояния  $K_2$ :  $k_s \leq 1,2 \frac{\gamma_n \gamma_{fc}}{\gamma_c}$ .

Износ поверхности бетона в т.ч. коррозия по критерию состояния  $K_1$ : по площади 40%; по глубине  $\delta_c$  (толщина защитного слоя). Износ поверхности бетона в т.ч. коррозия по критерию состояния  $K_2$ : по площади 5 %; по глубине  $0,5\delta_c$ .

При назначении критериев осадки плотины используется основная закономерность геомеханики по уплотнению грунтов под действием нагрузки. Как показывает практика, получение достоверных знаний расчетных осадок плотин, учитывающих множество факторов строительного и пускового периодов и отвечающих данным натурных наблюдений, является сложной задачей. В этой связи более рациональным следует считать использование для назначения критериев осадки прогнозные модели, основанные на статистической обработке данных натурных наблюдений:

$$\gamma_{lc} \cdot F \leq \frac{\gamma_c \cdot R}{\gamma_n}, \quad (2)$$

где  $S_{\text{пор}(t)}$  – прогнозируемая осадка на момент времени  $t$ . В этих случаях за  $K_1$  и  $K_2$  принимаются:

$$\gamma_{lc} \cdot F \leq \frac{\gamma_c \cdot R}{\gamma_n}. \quad (3)$$

$$K_2(t) = S_{\text{пор}(t)} + \Delta S, \quad (4)$$

где  $S$  – проектная отметка гребня плотины,  $\Delta S = 0,05$  м – погрешность (нормативный допуск);  $K_1$  – проектное значение,  $K_2 = K_1 - 0,05$ .

Критерии допустимого отклонения ширины гребня и заложения откосов плотины от проектных значений не должны превышать: ширина гребня  $\pm 5$  %; крутизна откосов + 15 %.

Условие общей фильтрационной прочности экрана (критерий состояния  $K_1$ ) проверяется по формуле:

$$I_{\text{ср.нат}} \leq \frac{1}{\gamma_n} \cdot I_{\text{ср.м}}, \quad (5)$$

где  $I_{\text{ср.нат}}$  – действующий градиент напора в расчетной области;  $I_{\text{ср.м}}$  – критический градиент напора, зависящий от физико-механических свойств грунта (для суглинистого экрана  $I_{\text{ср.м}} = 12$ );  $\gamma_n = 1,1$  – коэффициент надежности (для сооружений IV класса).

Действующий градиент напора в расчетной области определяется по формуле:

$$I_{\text{ср.нат}} = \frac{z}{\delta}, \quad (6)$$

где  $z$  – потери напора в противофильтрационном элементе (экране);  $\delta$  – средняя толщина экрана.

За критерий  $K_1$  фильтрационной прочности тела и основания принимаются значения нормативных допустимых для этих грунтов градиентов напора.

По условию исключения достижения действующим в сооружении градиентами напора их критических значений в качестве критерия состояния  $K_2$  с некоторым допущением рекомендуется принимать величины, равные  $0,95 I_{\text{ср.м}}$  (для IV класса).

Вся документация по мониторингу должна храниться в специально отведенном месте и предъявляться по первому требованию органам надзора.

**Результаты исследований.** В соответствии с РД 03-417-01 «Методические рекомендации по составлению проекта мониторинга безопасности гидротехнических сооружений на поднадзорных Госгортехнадзору России производствах, объектах и организациях», объектами мониторинга безопасности ГТС перегораживающего регулирующего сооружения на р. Большой Узень у с. Александров Гай являются следующие гидротехнические сооружения и объекты: плотина протяженностью 145 м; водовыпускное сооружение трубчатого типа; ограждающий вал; окружающая среда на территории, прилегающей к ГТС; охранные зоны; природно-климатические процессы; служба эксплуатации и ведения мониторинга безопасности ГТС; проектная и эксплуатационная документация.

Фактические значения критериев безопасности определялись при проведении преддекларационного обследования сотрудниками ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ» в 2019 году при помощи: тахеометра, линейки мерной, лазерного дальномера, GPS-навигатора. Была выполнена исполнительная съемка ГТС. На железобетонных конструкциях произведен тщательный осмотр поверхностей и фиксация деформаций, отслоения бе-



Рис. 5. Трещины и отслоения в железобетонных конструкциях облицовки низового откоса



Рис. 6. Отслоение бетона, трещины в бетоне и коррозия трубопроводной части водовыпускного сооружения



## Основные качественные показатели и их критериальные значения

Контролируемый показатель	Критерии безопасности	
	$K_1$	$K_2$
Плотина		
Состояние гребня, низового и верхового откосов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Локальная просадка гребня.</li> <li>2. Локальные оползни (обрушения) откосов.</li> <li>3. Образование локальных разрозненных трещин.</li> <li>4. Отсутствие промоин на откосах плотины.</li> <li>5. Отсутствие выноса грунта из тела сооружения, образование ходов фильтрации.</li> <li>6. Локальные взаимные смещения плит крепления.</li> <li>7. Признаки незначительного выноса составляющих фильтра и грунта основания крепления</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обширная просадка гребня, снижение величины нормативного запаса возвышения гребня.</li> <li>2. Обширные оползней (обрушения) откосов.</li> <li>3. Образование системы трещин до сквозных.</li> <li>4. Наличие промоин на откосах плотины.</li> <li>5. Вынос грунта из тела сооружения, образование ходов фильтрации</li> <li>6. Разрушение межплитных швов с раскрытием трещин.</li> <li>7. Вынос грунта из-под основания плит с обрушением фрагментов разрушенной плиты или бетона омоноличивания в яму размыва.</li> <li>8. Образование сквозных трещин и обширные с охватом двух и более плит разрушения швов до тела плотины.</li> <li>9. Наличие нор землеройных животных.</li> <li>10. Наличие кустарниковых и древесных растений на гребне плотины и «мокром» откосе</li> </ol>
Водовыпускное сооружение		
Состояние входных и выходных оголовков	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Образование поверхностных трещин.</li> <li>2. Трещинообразование носит затухающий характер.</li> <li>3. Локальные разрушение поверхности бетона без признаков отслаивания и коррозии арматуры.</li> <li>4. Признаки размыва межплитных швов.</li> <li>5. Количество наносов не превышает 10% от площади дна.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Смещение отдельных участков плит.</li> <li>2. Образование глубинных трещин до сквозных.</li> <li>3. Образование глубинных трещин с последующим развитием во времени.</li> <li>4. Рыхлая поверхность бетона со следами отслаивания.</li> <li>5. Образование сколов, раковин, зон истирания, выбоин с оголением и коррозией арматуры.</li> <li>6. Разрушение межплитных швов с раскрытием трещин.</li> <li>7. Вынос грунта из-под основания плит с обрушением фрагментов разрушенной плиты или бетона омоноличивания в водобойный колодец.</li> <li>8. Наличие посторонних предметов (дерева, строительный мусор, элементы конструкций и т.п.) в оголовке.</li> <li>9. Наличие прорастания растительности.</li> </ol>
Состояние затворов и трубопроводов	<p>Затруднительная работа приводов затворов.</p> <p>Видимость через водосброс составляет 75 % от сечения.</p> <p>Наличи незначительных 5-10% от сечения) донных отложений.</p> <p>Шероховатая поверхность стенок водосброса.</p>	<p>Техническая неисправность приводов затворов.</p> <p>Видимость через водосброс составляет 50 % от сечения.</p> <p>Наличие донных отложений, мусора, бревен, камней.</p> <p>Фильтрация по контакту труб.</p> <p>Суффозия грунта внутри трубопровода</p>
Состояние запорной арматуры	Отсутствие коррозии, следов фильтрации, наружных повреждений	Отсутствие коррозии, следов фильтрации, наружных повреждений
Документация по ГТС		
Состояние документации	Наличие проектной и исполнительной документации надлежащего качества, предусмотренной «Правилами безопасности...» (ПБ 03-438-02, раздел III)	Проектная и исполнительная документация ненадлежащего качества, отсутствие значительной части обязательного материала
Порядок хранения	Назначение ответственного за ведение документации и места её хранения	Отсутствие ответственного за ведение документации и места её хранения
Служба эксплуатации и мониторинга безопасности		
Материально-финансовое обеспечение	Обеспечение достаточными финансовыми и материальными ресурсами, позволяющими осуществлять безопасное обслуживание объекта	Недостаточные финансовые и материальные ресурсы, позволяющие осуществлять безопасное обслуживание объекта
Персонал	Соответствие квалификации персонала для обеспечения обслуживания и проведения мониторинга безопасности ГТС водохранилища	Несоответствие квалификации персонала для обеспечения обслуживания и проведения мониторинга безопасности ГТС водохранилища
Эксплуатационная техника	Организация обслуживающая ГТС водохранилища должна иметь технику для: а) ремонта насыпных сооружений; б) расчистки автодорог; в) ликвидации аварийных ситуаций	Отсутствие у обслуживающей организации материально-технической базы, средств, в пределах необходимых для быстрого реагирования при возникновении ЧС
Отчетность	Ежегодное составление отчетов о техническом состоянии ГТС водохранилища	Отсутствие ежегодных отчетов о техническом состоянии ГТС водохранилища





тона, обнажения арматуры, коррозии трубопроводной части водовыпускного сооружения (рис. 5, 6).

К основным функциям системы мониторинга на ГТС перегораживающего регулирующего сооружения на р. Большой Узень у с. Александров Гай относятся:

1) наблюдения за: состоянием сооружения; фильтрационным режимом в теле и основании плотины; деформациями, состоянием железобетонных частей крепления откосов; состоянием и работой труб водовыпуска; состоянием задвижек; уровневый режим водохранилища, режимом пропуска паводка; состоянием окружающей среды в зоне защищаемой территории;

2) контроль: уровня воды в верхнем и нижнем бьефе; проходящих расходов воды; соответствия регламента эксплуатации сооружений правилам эксплуатации; обучения и подготовки эксплуатационного персонала и службы мониторинга; организации и эффективности работы службы эксплуатации;

3) учет: фактов нарушения условий нормальной эксплуатации ГТС, аварийных ситуаций; принятых мер; несчастных случаев и фактов нарушения требований по технике безопасности; проведения ремонтно-восстановительных работ, реконструкций; выполнения предписаний органов надзора за безопасностью ГТС; хранения проектной и эксплуатационной документации.

Для разработки критериев безопасности ГТС использовался экспертный метод (п.3.20.2 РД 03-443-02). Основные качественные и количественные показатели и их критериальные значения представлены в табл. 1, 2.

**Заключение.** В процессе эксплуатации визуальные наблюдения рекомендуется проводить ежедневно, кроме этого не реже одного раза в две недели проводить осмотр ГТС с занесением результатов в соответствующий журнал. При обнаружении каких-либо дефектов состояния сооружений составляется акт с указанием дефектов, и перечень ремонтных работ. Систематические визуальные наблюдения должны дополняться предпаводковыми и послепаводковыми осмотрами сооружений, а также внеплановыми обследованиями, выполняемыми после экстремальных событий, сопровождающихся повреждениями сооружений. Инструментальные наблюдения следует проводить не реже 1 раза в 3 года. Перед зимним сезоном и весенним паводком должны проводиться комиссионные обследования общего состояния ГТС с составлением акта.

Особое внимание следует уделять наблюдениям за фильтрационным режимом в теле и основании плотины, состоянием крепления входных и выходных

Таблица 2

Критерии безопасности контролируемых количественных показателей

Объект контроля	Диагностические показатели, критериальные значения			Оценка эксплуатационного состояния
	Проектные		Фактические	
	$K_1$	$K_2$	$K$	
Отметка гребня плотины	15,0	14,95	15,0	Нормативное техническое состояние
Ширина гребня плотины	8,0	7,6	8,0	Нормативное техническое состояние
Заложение откосов: верховой откос низовой откос	1:3 1:3,5	1:2 1:3,04	1:3 1:3,5	Нормативное техническое состояние
Фильтрационная прочность экрана	10,91	11,4	10,91	Нормативное техническое состояние
Фильтрационная прочность тела плотины	1,13	1,188	1,13	Нормативное техническое состояние
Фильтрационная прочность грунта основания	0,54	0,57	0,54	Нормативное техническое состояние
Коэффициент устойчивости низового откоса	1,1	1,05	2,597	Нормативное техническое состояние
Пропускная способность водосброса, м <sup>3</sup> /с	$P=1\%$ 20,3	$P=5\%$ 19,5	20,3	Нормативное техническое состояние
Износ бетонных и железобетонных конструкций				
Износ поверхности бетона: - по площади - по глубине	5 % 0,5 $\delta_c$	40 % $\delta_c$	2 % до 5 мм	Нормативное техническое состояние
Дефекты и повреждения бетона (сколы, оголение арматуры): - по площади - с обнажением арматуры	5 % единичные	40 % 5%	2 % отсутствуют	Нормативное техническое состояние

Примечание:  $\delta_c$  – толщина защитного слоя.

оголовков, затворов и трубопроводов водовыпускного сооружения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдразаков Ф.К., Панкова Т.А., Орлова С.С. Оценка степени риска аварии на гидроузле // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2018. – № 7. – С. 34–41.
2. Волинов М.А., Жезмер В.Б., Сидорова С.А. Методы анализа и обработки данных мониторинга гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса // Природообустройство. – 2017. – № 1. – С. 79–87.
3. Калач А.В., Чудаков А.А., Метелкин И.И. Мониторинг состояния малых гидротехнических сооружений на территории центрально-черноземного региона // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2015. – № 1. – С. 7–10.
4. Кроник Я.А. Анализ данных мониторинга безопасности гидротехнических сооружений в криолитозоне // Гидротехническое строительство. – 2019. – № 2. – С. 44–54.
5. Малаханов В.В., Кузнецов Д.В. Совершенствование мониторинга состояния и декларирования безопасности гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. – 2016. – № 1. – С. 41–53.
6. Мониторинг технического состояния подводной части гидротехнических и транспортных сооружений гидроакустическими средствами / А.П. Волощенко [и др.] // Гидротехническое строительство. – 2017. – № 12. – С. 2–10.
7. Abdrazakov F.K., Orlova S.S., Pankova T.A., Mirkina E.N., Mikheeva O.V. Risk assessment and the prediction of breakthrough wave during a dam accident // AD ALTA: Journal of

Interdisciplinary Research, 2018, T. 8, P. 154–161.

8. Abdrazakov F.K., Orlova S.S., Pankova T.A., Mirkina E.N., Fedyunina T.V. The monitoring of condition of hydraulic structures // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems, 2018, T. 10, Vol. 13, P. 1952–1958.

9. Bandurin M.A., Yurchenko I.F., Volosukhin V.A. Remote Monitoring of Reliability for Water Conveyance Hydraulic Structures // Materials Science Forum, 2018, Vol. 931, P. 209–213.

10. Kolesnikov Y.M., Glazov A.I. Analysis of the system monitoring the operating condition of navigation hydraulic structures // Power Technology and Engineering, 2019, T. 53, Vol. 1, P. 2–6.

**Орлова Светлана Сергеевна**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Природообустройство, строительство и теплоэнергетика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

**Панкова Татьяна Анатольевна**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Природообустройство, строительство и теплоэнергетика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

**Михеева Ольга Валентиновна**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Природообустройство, строительство и теплоэнергетика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

**Миркина Елена Николаевна**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Природообустройство, строительство и теплоэнергетика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.

Тел.: (8452) 74-96-63.

**Ключевые слова:** мониторинг; гидротехнические сооружения; эксплуатация; наблюдения; критерии безопасности.

#### MONITORING CONDITION OF HYDROTECHNICAL STRUCTURES

**Orlova Svetlana Sergeevna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair “Environmental Engineering, Construction and Heat Power Engineering”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Pankova Tatiana Anatolievna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair “Environmental Engineering, Construction and Heat Power Engineering”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Mikheeva Olga Valentinovna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair “Environmental Engineering, Construction and Heat Power Engineering”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Mirkina Elena Nikolaevna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair “Environmental Engineering, Construction and Heat Power Engineering”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Keywords:** monitoring; hydraulic structures; operation; observations; safety criteria

**Monitoring condition of hydrotechnical structures conducted to ensure the management of the rational and safe operation of the**

**waterworks. Based on the results of regular interconnected control observations of the state of the GTS, a database of observations is compiled. On its basis, analysis and evaluation of the forecast of the development of negative processes at the facility and development of recommendations for their overcoming and elimination of identified violations are carried out; prevention of emergency situations; creation of conditions for safe operation. Monitoring safety GTS carried out on the example of hydrotechnical structures of the blocking regulatory structure of the Aleksandrovogai reservoir in the Saratov region. The main quantitative and qualitative indicators and their criteria values are given. It is recommended that during operation, visual observations be carried out daily, instrumental observations - at least 1 time in 3 years, in addition to this, at least once every two weeks to inspect the hydraulic structures with the results recorded in the appropriate journal. Systematic visual observations should be supplemented by pre-flood and post-flood inspections of structures, as well as unscheduled inspections carried out after extreme events accompanied by damage to structures. Particular attention should be paid to observing the filtration regime in the body and base of the dam, the state of fastening of the inlet and outlet heads, closures and pipelines of the outlet structure.**

