

РЕГЛАМЕНТАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИПЛОТИННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КРУПНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Н.Н. Митина¹, Е.М. Шумакова², М.О. Ващенко¹

E-mail: natalia_mitina@mail.ru

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва, Россия

² ФГБУН «Институт водных проблем Российской академии наук», Москва, Россия

АННОТАЦИЯ: Представлен анализ международного опыта обеспечения безопасности крупных гидротехнических сооружений; показано далеко выходящее за пределы ответственности гидроэнергетиков влияние строительства и эксплуатации крупной плотины на окружающие территории, невозможность обеспечить безопасность этих территорий в рамках безопасности самой плотины, отсутствие регламентов и подходов к обеспечению безопасности этих территорий не только в Российской Федерации, но и в других странах. Предлагается ввести объект государственной регламентации «приплотинная территория» в границах установленного экспериментально наиболее интенсивного влияния крупного ГТС на окружающую, в первую очередь, геологическую среду, установленного в рамках различных научных исследований, в том числе, авторского изучения временных и пространственных особенностей динамического воздействия работающего ГТС на селитебные территории вблизи Жигулевской ГЭС.

Проведено сравнение различных возможных подходов к регламентации эксплуатации приплотинных территорий в рамках существующего законодательства с целью их эффективного использования: ведомственный, территориальный, бассейновый, экологический подходы. Предложен комплексный подход к регламентации эксплуатации приплотинных территорий, учитывающий все параметры воздействия плотины на окружающие территории.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: плотина, приплотинная территория, гидротехническое сооружение, гидроэлектростанция, вибрации плотины, вибрации грунтов, регламент эксплуатации.

Плотины и водохранилища относятся к прочным и долговечным гидротехническим сооружениям. Так, в Египте сохранились остатки построенной около 5 тыс. лет назад плотины. В Таиланде эксплуатируется

© Митина Н.Н., Шумакова Е.М., Ващенко М.О., 2020

плотина, которой более 2500 лет. Более 1000 лет работают плотины в Индии, Сирии, Японии. По мнению гидростроителей, современные плотины, возведенные с использованием последних достижений науки и техники, эксплуатируемые с постоянным контролем их состояния, могут прослужить гораздо дольше. Тем не менее, нельзя исключать возможность их повреждений и разрушений, о чем свидетельствует российская и международная статистика аварий на крупных гидротехнических сооружениях (ГТС).

Разрушение плотины и неконтролируемое опорожнение водохранилищ представляют для населения и окружающей среды чрезвычайную опасность. Крупные аварии происходили в США, Индии, Италии, Южной Корее, Франции, Бразилии, Китае и ряде других стран. Причины аварий самые разнообразные – природная и наведенная сейсмичность, конструктивные особенности плотин, влияние режимов эксплуатации на инженерно-геологические и гидрологические изменения и т. д.

Многие стадии создания и эксплуатации водохранилищ систематизированы Международной Комиссией по большим плотинам (МКБМ–ICOLD – International Commission on Large Dams), среди них – активизация геодинамических процессов при создании плотины и водохранилища и их последующей эксплуатации. Данные процессы в зависимости от геологических условий территории и характеристик сооружения проявляются с различной вероятностью, при этом вполне безопасными нельзя считать даже платформенные территории, где зоны риска приурочены к тектоническим разломам, к которым, в свою очередь, привязаны русла рек. Например, район Ангарских водохранилищ в южной части Сибирской платформы [1], район Жигулевской ГЭС, расположенной в центре Восточно-Европейской платформы [2].

В настоящее время на территории Российской Федерации эксплуатируются 330 крупных водохранилищ (объемом более 10 млн м³) с общей емкостью более 800 км³, в т. ч. 6 из 18 крупных мировых водохранилищ, а также 14 гидроэлектростанций мощностью свыше 1000 МВт. Большинство крупных плотин в России построено во второй половине XX в. с использованием передовых технологий.

Безопасность крупных плотин в мире и в России обеспечивается на всех этапах их создания и эксплуатации. Практика показывает, что высотные плотины переносят без значительных повреждений землетрясения, сила которых значительно превышает расчетные параметры. Во время разрушительного Сычуаньского землетрясения в Китае в 2008 г., каменно-набросная с железобетонным экраном плотина Зипингпу высотой 156 м дала лишь максимальную осадку на 70 см, сместилась в

нижний бьеф на 18 см, были отмечены повреждения экрана и парапета на гребне. При этом плотина находилась всего в 17 км от эпицентра землетрясения [3].

Значительно меньше внимания уделяется безопасности окружающих гидроузлы территорий, они ощутимо страдают от геодинамических процессов, связанных со строительством и эксплуатацией гидроузлов [4]. Так, возведение плотины Койна (высотой 103 м) в Индии в местности, считавшейся спокойной в сейсмическом отношении, по данным исследования МКБМ, привело в 1967 г. к землетрясению с магнитудой 6,5 баллов по шкале Рихтера, эпицентр которого располагался недалеко от плотины. Этот толчок вызвал существенное повреждение расположенных поблизости зданий, при этом дамба выдержала землетрясение. В настоящее время после каждого периода заполнения и сработки водохранилища происходит рост числа толчков, усугубляющий геодинамическую дестабилизацию окружающей среды [5]. Еще один пример – вибрационное воздействие работающей Жигулевской ГЭС на окружающие территории. В сочетании с природной геодинамической ситуацией вибрации способны вызывать усиление гравитационных процессов на прибрежных склонах, ускоренное разрушение зданий и сооружений. Схожие процессы зафиксированы в районе Волжской ГЭС, Загорской ГАЭС [6]. В водной среде при попусках через ГТС плотины возникают длинные волны, которые обладают большой энергией и размывающей способностью. Так, в нижнем бьефе Рыбинского гидроузла на рубеже XX и XI вв. под угрозой разрушения оказались жилые и промышленные объекты, коммуникации, хотя, согласно стандартным методикам и рекомендациям, размывов дна и берегов здесь не должно быть [7]. Таким образом, сооружения и здания на прилегающих к ГТС территориях эксплуатируются не в тех условиях, на которые они были рассчитаны, за счет чего значительно ускоряется их технический износ.

Сложно сказать, какой именно из аспектов воздействия ГТС на приплотинных территориях наиболее значим: влияние вибраций на комфортность проживания населения и проблема ускоренного разрушения зданий, увеличение потребности в финансировании ремонтных работ или потеря ценных прибрежных земель в результате размыва берегов и активизации склоновых процессов. Опыт работ муниципалитетов городов Рыбинска, Тольятти, территории которых расположены вблизи Жигулевской ГЭС, показывает, что данная проблема не может быть решена на муниципальном или ведомственном уровне. Очевидна необходимость рассмотрения вопросов государственного регулирования эксплуатации приплотинных территорий крупных ГТС.

ОБЪЕКТЫ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Опыт работы муниципалитетов в районе Жигулевской ГЭС

Вследствие того, что вибрационное воздействие ГТС на территории наиболее изучено на примере Жигулевской ГЭС, представляет интерес анализ мероприятий, проведенных муниципалитетом г. Тольятти в этом направлении. Решение проблемы вибрационного воздействия Жигулевской ГЭС на приплотинную территорию проводилось в рамках существующего в РФ подхода (процедуры). Жители подверженных вибрациям зданий обратились к депутату городской Думы, который представил в органы законодательной и исполнительной власти депутатский запрос по теме. Работы, выполненные профильным институтом РАН, показали объективное существование проблемы вибраций зданий и грунтов и необходимость мониторинга.

В 1999 г. вблизи плотины была установлена и действовала до 2015 г. сейсмостанция, эксплуатация которой осуществлялась отделом ГО и ЧС администрации города, затем департаментом ЖКХ. В 2002 г. при корректировке Генплана развития г. Тольятти в раздел «Инженерно-технические мероприятия (ИТМ) ГО и ЧС» были включены рекомендации по учету вибрационного воздействия при строительстве на приплотинной территории. С 2004 г. действует соглашение муниципалитета Тольятти и ОАО «Жигулевская ГЭС» по безаварийному пропуску половодья через плотину ГЭС, предусматривающее оперативное оповещение и обмен информацией. Важным результатом сотрудничества стало снижение пусков через водосливную плотину практически до установленных проектом величин, которые ранее постоянно превышались. Организован мониторинг жилых зданий приплотинной зоны, включающий визуальный и инструментальный контроль.

Попытки вынести рассмотрение проблемы на уровень субъекта Федерации или на федеральный уровень были менее эффективны: не дало результата обращение в 2001 г. к Полномочному представителю Президента России по Приволжскому федеральному округу «О проблеме сейсмической опасности, возникающей в результате техногенного воздействия ВоГЭС на прилегающие территории г. Тольятти и Самарской области» с обоснованием необходимости придания данной проблеме общегосударственного статуса, ее решения в рамках ФЦП. Не принесло результата и обращение в 2003 г. в Госстрой РФ о необходимости обсуждения на МВК Госстроя РФ вопроса «Инженерная защита территории г. Тольятти от влияния ВоГЭС им. В.И. Ленина. Ликвидация аварийно-опасной ситуации, город Тольятти-ВоГЭС им. В.И. Ленина». Со стороны субъекта Федерации (Самарская область) выделялись средства на укрепление нескольких участков берега в пределах жилой застройки, средства на ремонт особо пострадавших от динамиче-

ских нагрузок зданий, но интереса к общему решению проблемы в районе ГЭС не было проявлено. Не принесло результата обращение в Правительство РФ о необходимости создания службы мониторинга береговых процессов в районе ГЭС, включающего не только сейсмические наблюдения, но и мониторинг состояния береговой зоны.

Проявили внимание к этой проблеме гидроэнергетики и МЧС Российской Федерации. В 2005 г. после предоставления в МЧС полного пакета документов, характеризующих проблемы приплотинной территории, данная тематика была включена в план работы МЧС РФ. В 2006 г. гидроэнергетиками был проведен контроль вибраций плотины Жигулевской ГЭС в половодье (предыдущие работы выполнялись в 1979 г. во время пропуска экстремального половодья). Результатом стало признание факта, что вибрации жилых зданий связаны с работой водосливной плотины ГЭС, применявшиеся ранее мероприятия неэффективны, при любых режимах работы гидроузла будут здания, резонирующие с колебаниями плотины, превышающими действующие санитарные нормы. Фактически муниципальные и ведомственные ресурсы на этом были исчерпаны. Возможность разработки режимов работы ГЭС, снижающих динамические нагрузки на левобережье, находится на стадии научной дискуссии. Контроль за вибрациями грунтов и жилых зданий муниципалитетом прекращен в 2007 г. в связи с реформой ЖКХ, также прекращен мониторинг геодинамических процессов в зоне Жигулевского разлома, который финансировался с 2001–2007 гг. из средств областной администрации (после сильного проявления в районе Жигулевской ГЭС отзывного землетрясения в декабре 2000 г.). При этом результаты проведенных ранее работ показывают, что процессы развиваются в негативную сторону – растет интенсивность вибраций грунтов в пределах жилой застройки, проявляются признаки активности Жигулевского разлома [8].

Муниципалитет не может ввести на своей территории собственные регламенты строительства. Пожелания заказчика легко обойти при строительной экспертизе, т. к. действующие нормы не предусматривают необходимости учета вибраций ГЭС и иных гидродинамических эффектов. Именно такая ситуация сложилась при реконструкции берегоукреплений в районе плотины.

Геодинамический мониторинг на территории других крупных энергетических сооружений и особо важных объектов ранее проводился на государственном уровне силами специализированных организаций. В настоящее время он повсеместно прекращен. Не ведется мониторинг деформаций берегов Куйбышевского и Саратовского водохранилищ. Данные виды наблюдений не регламентированы и не являются обязательными

ми для территории Жигулевской ГЭС. Все проводимые в настоящее время мероприятия (в частности, в районе Жигулевской ГЭС) направлены на ликвидацию последствий, а не на предупреждение негативных воздействий [9].

Вышеназванные вопросы кардинально можно решить только введением нормативных актов, регламентирующих эксплуатацию крупных гидроузлов. Результаты работ по изучению динамического воздействия Рыбинского и Жигулевского гидроузлов неоднократно обсуждались на научно-практических конференциях, опубликованы в рецензируемых журналах. По экспертным оценкам, они достаточны для дальнейшего практического использования.

НАПРАВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ РЕГЛАМЕНТИРОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ СООРУЖЕНИЙ ГТС И ВОДОХРАНИЛИЩ

Основным направлением государственной политики в области регламентирования эксплуатации ГТС и водохранилищ является обеспечение их работоспособного состояния, безопасной эксплуатации, требований по охране окружающей среды и создание условий для бесперебойной и экономичной работы [10].

Осуществляет деятельность по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере эксплуатации ГТС Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 05.05.2012 № 455 на гидротехнических сооружениях 1 класса опасности установлен режим постоянного государственного надзора [11], на ГТС 2 и 3 классов опасности предусмотрено проведение плановых проверок. Для реализации государственной политики в сфере эксплуатации ГТС разработаны национальные стандарты и стандарты организации по обеспечению безопасности ГТС [12].

Вопросы безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений являются актуальным для всех стран мира в связи с потенциальной опасностью возникновения крупных аварий и техногенных чрезвычайных ситуаций [13]. Безопасность плотин – это развивающаяся концепция, эволюция которой связана с углублением понимания технических, социальных, экономических и экологических аспектов эксплуатации ГТС. Сравнительный обзор нормативно-правовой базы обеспечения безопасности плотин 22 стран мира, выполненный Всемирным банком, показывает, что практически во всех рассматриваемых странах, в т. ч. и в России, нормативно-правовые акты регулируют вопросы строительства, эксплуатации, обслуживания объектов и надзора за их состоянием. Анализ представлен по следующим

направлениям: правовая и организационная формы регулирования отношений в законодательной сфере; полномочия регламентирующего органа; содержание нормативно-правовых актов, обеспечивающих безопасность плотин [14]. В большинстве стран – Канаде, Китае, Финляндии, Франции, Индии, Ирландии, Мексике, Норвегии, ЮАР, Испании, Швейцарии, Великобритании, США, России – основные обязанности в области безопасности плотин и проведения инспекций возлагаются государством на собственника плотины, при этом в Австрии, Канаде, Финляндии, Латвии, Норвегии, Румынии, США собственники плотин несут основную ответственность за безопасность объектов, т. е. ответственность прописана жестче.

Возможные подходы к решению проблемы вибрационного воздействия ГТС

Для того чтобы устранить уже существующие последствия проблемы вибрационного воздействия ГТС на окружающие территории, а также выработать стратегию действий на будущее, необходимо определить юридическое (законодательное) обоснование регулирования, ответственных, источники финансирования, порядок надзора и контролирующей орган. В данной статье рассмотрены вопросы наиболее полного использования уже имеющихся в России подходов к решению этой проблемы.

Территориальный подход. Поскольку государственные органы РФ на своей территории осуществляют контроль любой деятельности, то определенной территории может быть присвоен особый статус, в данном случае – статус приплотинной территории. Речь идет о не входящей в производственную зону гидросооружения территории, которая используется для постоянного или сезонного пребывания населения, хорошо освоена, но при этом подвержена вибрационному воздействию гидросооружения с различными негативными последствиями и выраженной деградацией. При этом вибрационное воздействие – не только действующий фактор, его интенсивность является индикатором нестабильности геологической среды и активности геодинамических процессов, и, возможно, процессов в теле плотины. Выделение приплотинной территории как территории с особым статусом в настоящее время научно обосновано и возможно в границах системы, которую образует ГТС при взаимодействии с окружающей средой, где взаимодействие и взаимовлияние дестабилизирующих факторов проявляется особенно значительно, и вибрационные, сейсмические (геодинамические) и другие процессы протекают иным образом, отлично от сопредельных удаленных от плотины территорий. Объективно (на примере Жигулевской ГЭС) это территория в радиусе до 12–15 км от плотины, при этом в каждом конкретном случае площадь приплотинных территорий может изменяться в зависимости от типов ландшафта

(геолого-геоморфологического строения, грунтов, подземных и поверхностных вод, климатических характеристик и др.), технических характеристик плотины.

Введение понятия приплотинной территории защищает не только интересы населения, но и интересы гидроэнергетиков и государства, обеспечивая сохранность крупного ГТС. Например, крайним проявлением правовой неурегулированности является проведение взрывных работ в непосредственной близости от крупных ГТС в зоне предлагаемой приплотинной территории. Взрывы, осуществляемые при разработке полезных ископаемых в непосредственной близости от плотин, в сочетании с естественной и наведенной сейсмичностью, создают непредсказуемую ситуацию, а гидроэнергетики не имеют правовой базы для урегулирования данного вопроса [1].

В непосредственной близости от плотины разрушение, социальный и экономический ущерб больше, чем на расстоянии в крайних границах влияния. Поэтому целесообразно зонировать приплотинную территорию и в соответствии с зонированием осуществлять регулирование. Первая зона – непосредственно прилегающая к ГТС территория в радиусе до 3 км, где резонансным колебаниям подвержены все здания, где концентрируются различные разрушения зданий и прибрежных склонов. Вторая зона располагается в 3–7 км от плотины, резонансные колебания зданий здесь проявляются на отдельных участках и для некоторых типов зданий, размывы ослабевают. Третья зона – территория в крайних границах влияния ГТС на расстоянии от 7 до 15 км, где вибрации грунтов и колебания зданий проявляются слабее, без развития резонансных явлений. Выделение таких зон позволяет разрабатывать и применять дифференцированные комплексы мер, снижающих негативное влияние ГТС.

Для каждой выделенной зоны возможно предложить свои мероприятия. Ближайшую к плотине зону радиусом до 3 км целесообразно расселить в силу наличия сильного вибрационного воздействия. Подобное предложение высказывали представители МЧС при знакомстве с результатами изучения вибрационного воздействия Жигулевской ГЭС. Освободившиеся территории можно использовать для строительства предприятий, не имеющих высокоэтажных резонирующих зданий, в условиях производства вибрации будут действовать на человека не на постоянной основе. Эту зону можно использовать и как рекреационную: горожане стремятся провести выходные на природе, по возможности – на берегу водоема. Возможно также проектирование системы виброзащиты конкретных зданий, возводимых на территории, как предлагают китайские коллеги [15, 16]. Аналогичные предложения периодически разрабатываются и для территории

Жигулевской ГЭС, но сложная интерференционная картина вибрационного поля, его постоянное изменение в связи с режимом работы водосливной плотины, динамика во времени (многолетняя) затрудняют практическое решение задачи.

Во второй зоне, в радиусе 3–7 км от плотины, представляется целесообразным проводить мониторинг технического состояния и поддерживающий ремонт зданий и домов, устанавливать нормативный срок эксплуатации зданий с учетом их реального технического износа, информировать население и, возможно, предоставлять компенсации за некомфортные условия проживания. Аналогичный подход применим и относительно жителей отдельных территорий третьей зоны (7–15 км от плотины).

В случае обоснования непригодности территории (вероятно, первой зоны) для постоянного проживания, возможно расселение по программе реновации. Эта программа должна носить целевой характер, т. к. во время реализации федеральной подпрограммы «Переселение граждан Российской Федерации из ветхого и аварийного жилищного фонда», входившей в состав ФЦП «Жилище» на 2002–2010 годы, не удалось включить в региональный список ни одно из наиболее разрушенных вибрацией жилых зданий, имеющих срок эксплуатации 25–30 лет, т. е. по существующим критериям новых.

Подход «зона экологического бедствия» и «зона чрезвычайных ситуаций». В нормативных и законодательных актах об охране окружающей среды и защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций существуют понятия «зона экологического бедствия» и «зона чрезвычайных ситуаций». Применительно к водным объектам таковыми могут являться водные объекты и речные бассейны, в которых в результате техногенных и природных явлений происходят изменения, представляющие угрозу здоровью или жизни человека, объектам животного и растительного мира, другим объектам окружающей среды (в ред. Федерального закона от 07.05.2013 № 87-ФЗ). Понятия отличаются по глубине и необратимости происходящих изменений, степени воздействия на человека, но принципиального различия между зонами закон не установил: речь идет только о территориях с деградированной окружающей средой [17, 18]. На практике довольно трудно определить характер изменений: устойчивые они или глубокие, произошли или продолжают происходить [19]. По причине дефицита финансовых средств, требующихся на экологическую реабилитацию деградированной территории, а также недостаточного использования имеющихся законодательных актов региональными властями институт экологически неблагополучных территорий в России не развит. Однако положительный опыт го-

сударственного регулирования в рамках «зоны экологического бедствия» накоплен в Кемеровской области.

В соответствии с действующим законодательством для приплотинной территории, подверженной вибрационному воздействию ГТС, возможно установление «зоны экологического бедствия» в результате длительного негативного воздействия на окружающую среду. В случае предлагаемого совершенствования законодательства об указанных зонах, например, введения еще одной категории «земли экологического неблагополучия» с особым правовым режимом в плане объявления, обеспечения функционирования и снятия особого статуса произойдет совершенствование порядка определения органов, которые имеют право их объявлять, порядка создания и прекращения действия статуса данных зон. Так, разграничение «зон экологического неблагополучия» на объекты федерального и регионального значения позволило бы субъектам РФ устанавливать категорию экологического неблагополучия, предшествующую последующему переходу на федеральный уровень.

Регулирование ситуации в рамках обеспечения санитарной безопасности населения. Требуется особое внимание вопросу, насколько возможно постоянное проживание населения в условиях вибрационного воздействия. Действующие нормы и правила устанавливают требования к производственной вибрации, вибрации в жилых помещениях, административных и общественных зданиях, определяют допустимый уровень вибрации в жилых помещениях и помещениях административных и общественных зданий. По объективным и субъективным показателям санитарные нормы вибрации зданий вблизи ГТС превышены. Однако причина и масштабы воздействия затрудняют работу надзорных органов в рамках обычной процедуры. При этом надзорные органы могли бы встать на защиту интересов жителей при проектировании мероприятий по снижению вибрационного воздействия или его ликвидации.

Бассейновый подход. Одно из направлений решения проблем приплотинной зоны (Жигулевской ГЭС) – управление водными объектами в рамках бассейнового подхода. Бассейновый подход представляет собой сбалансированное управление природопользованием, предполагающее координацию деятельности отраслевых и территориальных органов управления при решении вопросов природопользования, создает единую структуру управления. Существует объективное противоречие между бассейновым и территориально-административным подходами, т. к. территория административных образований России, как и в других государствах, не совпадает с контурами бассейнов водных объектов.

Водохозяйственный комплекс на современном этапе испытывает проблемы финансового, организационного характера в связи с кардинальными изменениями институциональных условий, экономическими трудностями. Несмотря на это, бассейновый подход к управлению крупными экологически связанными территориями может проявить свою эффективность и при управлении приплотинной территорией в плане обеспечения более рационального использования бюджетных средств, выделяемых на цели восстановления и укрепления берегов и другие восстановительные работы; обеспечения многофакторного оперативного мониторинга и прогноза управления на базе геоинформационной системы бассейна. Возможно, в рамках реализации принципов бассейнового управления удастся изыскать эффективные внебюджетные источники финансирования (в силу явной недостаточности централизованного бюджетного финансирования).

Таким образом, обеспечение безопасности плотины Жигулевской ГЭС и окружающих территорий органично вписывается в решение задач, поставленных перед бассейновым управлением водными объектами. Однако бассейновый подход является не вполне достаточным для решения проблемы негативного (особенно вибрационного) воздействия ГТС на прилегающие территории в силу того, что объектом управления являются площадь зеркала воды, гидротехнические сооружения и берега. Приплотинная территория радиусом порядка 15 км от ГТС шире зоны ответственности бассейнового подхода, однако прибрежные территории, где влияние гидродинамических процессов наиболее сильно, вполне в компетенции бассейнового подхода.

Управление в рамках бассейнов в российском варианте значительно уже, чем европейское, хотя и основано на тех же объективных показателях. Оно скорее носит административный характер, менее комплексный подход и практически исключает участие общественности как полноправного участника принятия решений. В рамках совершенствования бассейнового подхода к управлению водными ресурсами в европейском понимании возможно включение в его задачи обеспечение безопасности приплотинных территорий крупных гидроузлов. Введение понятия «приплотинная территория» как объект особого управления могло бы помочь решить задачу целевого финансирования мероприятий, направленных на безопасное функционирование приплотинной территории с учетом концентрации проблем, связанных с работой ГТС.

Ведомственный подход является развитием концепции ответственности за безопасность ГТС собственниками с расширением их сферы ответственности до крайних границ влияния ГТС. В подобном подходе есть положительные стороны, например, наиболее полное понимание

общих закономерностей возникновения вибрационного воздействия, обеспечения единой научной платформы геофизического мониторинга территории. Так, новый стандарт, касающийся безопасности эксплуатации гидротехнических сооружений, предусматривает контроль в случае обнаружения повышенной вибрации зданий и сооружений, размещенных на берегах водного объекта вблизи расположения водопропускных сооружений, возможно распространить его действие до границ зоны влияния ГТС [20].

Ведомственный подход позволил бы гидростроителям предотвратить застройку приплотинных территорий, в т. ч. потенциально затапливаемых, поскольку вновь возводимые объекты могут угрожать безопасности ГТС, увеличивают риск при наводнениях, могут подвергаться вибрации. После экстремального паводка 1979 г. ОАО «Жигулевская ГЭС» не смогло предотвратить застройку приплотинной территории высотными жилыми зданиями. С 2013 г. против строительства высокоэтажных жилых домов борется филиал ОАО «РусГидро» Новосибирская ГЭС, обращаясь к региональным властям и надзорным органам, т. к. собственных полномочий не имеет. Причем, обращается в те же инстанции, что и муниципалитет г. Тольятти [21]. Не помогло и обращение в суд управления Ростехнадзора, т. к. действующим законодательством не установлен запрет на строительство и обязанность согласовывать (с гидроэнергетиками) возведение домов в охранных зонах [22].

Ведомственный подход имеет большие минусы: закрытость информации; ограниченный подход к решению вопроса о необходимости организации и составляющих мониторинга, использованию результатов. Здесь уместно вспомнить катастрофу на плотине Вайонт (Италия) в 1963 г. Ведомственные наблюдения показывали активизацию оползневых процессов за четыре года до катастрофы, резкую активизацию накануне схода оползня в водохранилище, однако население не было предупреждено, погибло около 3000 чел. [23]. Разрушению плотины Сент-Фрэнсис в Калифорнии в 1928 г., (погибло 600 чел.), предшествовало постоянное трещинообразование, которое гидростроителями оценивалось как неопасное [24]. Возможно, ведомственный подход оказался бы более эффективен при реализации в рамках совершенствования бассейнового подхода.

Сравнение эффективности предложенных подходов

Рассмотрим преимущества и недостатки рассмотренных подходов (таблица). Очевидно, что применение одного из подходов является недостаточным для решения проблем вибрационного воздействия ГТС, необходим комплексный подход с использованием преимуществ представленных вариантов и доработкой необходимых регламентов.

Мероприятия по регулированию опасных ситуаций на окружающих ГТС территориях по таким позициям, как ремонт зданий, берегоукреплений, могут быть реализованы только при финансировании из федерального бюджета.

Мониторинг вибрационного воздействия, состояния зданий, поддерживающие мероприятия в сочетании с объективной информированностью населения могут существенно снизить остроту опасности от вибрационных и других воздействий ГТС на приплотинные территории и сократить финансовые затраты на ремонтные, восстановительные и другие работы.

Таблица. Сравнение различных подходов к решению проблемы вибрационного и геодинамического воздействия ГТС в рамках действующего законодательства

Table. Comparison of different approaches to the solution of the problem of hydraulic facilities' vibration and geo/dynamic impact within the framework of the existing legislation

Подход	Преимущества	Недостатки
Территориальный подход	Позволяет провести дифференциацию приплотинной территории в зависимости от интенсивности динамического воздействия	В настоящий момент границы территории, охраняемой вместе с особо важным объектом определены 500-метровой зоной, требуется введение понятия приплотинной территории с новыми границами
«Зона экологического бедствия» и «зона чрезвычайных ситуаций»	Законодательно закрепленная форма организационно-правового механизма охраны окружающей среды	На практике трудно объективно классифицировать характер происходящих изменений; практически не реализуется
Бассейновый подход	Сбалансированное управление природопользованием, координация деятельности отраслевых и территориальных органов управления при решении вопросов природопользования, возможность обеспечения мониторинга	При данном подходе приплотинная территория выходит за границы объекта, необходимо вводить понятие приплотинной территории и учитывать концентрацию различных экологических проблем
Ведомственный подход	Понимание проблем, заинтересованность в обеспечении сохранности ГТС	Закрытость информации, ограниченный подход

ВЫВОДЫ

В рамках проведенного исследования показано, что крупные ГТС многофакторно воздействуют на окружающую геологическую среду: вибрации плотины и приповерхностных слоев грунта приплотинных территорий дополнительно являются индикатором геодинамической стабильности системы плотина–геологическая среда. Некоторые факторы воздействия плотины на окружающую среду не затухают с течением времени, как наведенная сейсмичность в период строительства плотин или заполнения водохранилищ, а действуют постоянно – наведенная сейсмичность при ежегодных изменениях уровня воды некоторых водохранилищ, в случае вибраций грунтов, интенсивность которых растет год от года при неизменных режимах работы гидроузла, береговая абразия. С течением времени последствия эксплуатации ГТС оказываются весьма разрушительными и нелинейно нарастают. Поэтому наряду с вопросами эксплуатации безопасности ГТС актуальны проблемы безопасности приплотинных территорий. Необходимо также учитывать, что практически все приплотинные территории привлекательны для жизнедеятельности населения и экономики, их интенсивное освоение потенциальную опасность переводит в высокий риск. Ответственность за безопасность приплотинных территорий от вибрационного (динамического) воздействия работающего гидроузла в России в настоящее время не регламентирована.

В рамках проведенного исследования введено понятие приплотинной территории как территории, на которую ГТС оказывает динамическое воздействие. Приплотинная территория должна быть выделена как объект государственного регулирования с особыми регламентами эксплуатации, решением вопроса об ответственности за безопасность. Анализ нормативных актов, в частности Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений» от 21.07.1997 г. № 117-ФЗ, который регулирует безопасность ГТС, но не безопасность приплотинной территории, показывает, что существует необходимость разработки регламента эксплуатации приплотинных территорий с учетом всех действующих факторов и их взаимодействия в сложной системе, которую образует ГТС и окружающая природная, социальная, экономическая среда. При разработке регламентов эксплуатации приплотинных территорий следует использовать имеющиеся в законодательстве РФ аналоги, в т. ч. Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», Федеральный закон от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», Федеральный закон от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», Водный кодекс Российской Федерации, СП 58.13330.2012 «Гидротехниче-

ские сооружения. Основные положения», СНиП 33-01-2003, СНиП 2.06.15-85. «Инженерная защита территорий от затопления и подтопления», СНиП 2.06.01-86. «Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования», СНиП 11-01-95. «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений».

Необходимым и целесообразным является зонирование приплотинной территории по степени воздействия на нее ГТС для оптимизации административных и экономических мероприятий. Следует организовать комплексный мониторинг приплотинной территории, в т. ч. выявлять и изучать факторы, не учтенные в процессе планирования строительства ГТС, разрабатывать меры по уменьшению негативных последствий вибрационного, сейсмического и других воздействий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ташлыкова Т.А.* Наведенная сейсмичность средней Ангары как результат от создания глубоководных ангарских водохранилищ // Морские берега – эволюция, экология, экономика: мат-лы XXIV Международной береговой конф., Туапсе, 1–6 октября 2012 г. Т. 2. С. 87–90.
2. *Яковлев В.Н., Шумакова Е.М., Трегуб Н.В.* Сейсмическая активность и геодинамика Самарской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1. С. 27–34.
3. Плотины и землетрясения. РусГидро. Режим доступа: <http://blog.rushydro.ru/?p=3907> (дата обращения 16.12.2019).
4. *Шумакова Е.М., Кондрашина П.В.* Российский и зарубежный опыт освоения территорий, прилегающих к крупным плотинам // Вестник Московского университета. Сер. 21. 2015. № 2. С. 65–79.
5. Безопасность плотин и землетрясения. Режим доступа: <http://www.cawater-info.net/bk/dam-safety/safety-and-earthquake.htm> (дата обращения: 16.12.2019).
6. *Черненко В.Н.* Научные основы разработки критериев безопасности гидротехнических сооружений гидроаккумулирующих электростанций с учетом влияния динамических воздействий: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. М., 2004.
7. *Котляков А.В.* Гидрогенные процессы в береговых деформациях нижних бьефов гидроузлов (на примере Рыбинского гидроузла): автореф. дис. ...канд. геогр. наук. М., 2002.
8. *Шумакова Е.М.* Геоэкологическая ситуация в зоне динамического воздействия гидротехнического сооружения федерального значения // Труды третьего между. экологического конгресса «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов». ЕЛРПТ. Тольятти: Тольяттинский гос. ун-т, 2011. С. 183.
9. *Шумакова Е.М.* Геоэкологическое обоснование регламентов эксплуатации приплотинных территорий с учетом задач управления. Режим доступа: <http://geoenvironment.ru/conferences/georisk-2015/georisk-1.pdf> (дата обращения 27.01.2018).

10. Постановление Правительства РФ от 27.10.2012 № 1108 «О федеральном государственном надзоре в области безопасности гидротехнических сооружений».
11. Постановление Правительства РФ от 05.05.2012 № 455 «О режиме постоянного государственного надзора на опасных производственных объектах и гидротехнических сооружениях».
12. Федеральный закон от 21.07.1997 № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений».
13. *Мадеева В.С.* Анализ нормативно-правовой базы обеспечения безопасности гидротехнических сооружений // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. С. 357–362.
14. *Бредлоу Д.Д., Пальмиери А., Салман М.А.* Нормативно-правовая база безопасности плотин. М.: Весь мир, 2003. 194 с.
15. *Chao Liang Jinliang, Zhang Jijian Lian, Fang Liu, Xinyao Li.* Probabilistic analysis for the response of nonlinear base isolation system under the ground excitation induced by high dam flood discharge // Earthquake Engineering and Engineering Vibration. 2017. Vol. 16, Iss. 4. P. 841–857.
16. *Zhang Y, Lian J, Liu F, Zhang W, Li S.* Influencing factors of the ground vibration induced by flood discharge of high dams based on model experiments // Zhendong yu Chongji. 2016. Vol. 35. No.16. P. 30–37, 42.
17. *Боголюбов С.А.* Экологическое право. М.: Высшее образование, 2006. 209 с.
18. *Бринчук М.М.* Экологическое право. М.: Юристъ, 2005. 571 с.
19. *Горишний В.А., Волков В.В., Чернецов В.Б., Борисенко Л.Н.* Оценка инженерной обстановки в условиях чрезвычайной ситуации Режим доступа: www.nntu.ru/RUS/otd_sl/gochs/posobiya/posob7/posob7.htm (дата обращения 17.03.2018).
20. ГОСТ Р 55260.1.9-2013 Гидроэлектростанции. Ч. 1–9. Сооружения ГЭС гидротехнические. Требования безопасности при эксплуатации.
21. *Кормильцева М.* Новосибирская ГЭС потребовала прекратить строительство многоэтажного жилого дома рядом с дамбой гидроэлектростанции, так как это ставит под угрозу безопасность ее эксплуатации. РИА Новости. 13.09.2013. Режим доступа: <https://ria.ru/nsk/20130913/963025830.html> (дата обращения 16.12.2019).
22. *Пичугина Л.* Областной суд снял запрет на строительство многоэтажки возле ГЭС. Ростехнадзор обеспокоен строительством жилых домов в непосредственной близости от Новосибирской ГЭС. NGS.RU. Новосибирск онлайн. 5 июля 2017 г. Режим доступа: <https://news.ngs.ru/more/50584511/> 26 июня 2017 (дата обращения 16.12.2019).
23. *Плотина Вайонт.* Италия. 1963. Техногенные катастрофы. Об этом надо знать, чтобы оно никогда не повторилось. Режим доступа: <http://industrial-disasters.ru/disasters/vajont-dam/> (дата обращения 16.12.2019).
24. Разрушение плотины Сент-Фрэнсис. Калифорния. 1928 г. CAWater-Info EnergyFuture.RU Режим доступа: http://www.cawater-info.net/review/saint-francis_accident.htm (дата обращения 16.12.2019).

Для цитирования: Митина Н.Н., Шумакова Е.М., Ващенко М.О. Регламентация эксплуатации приплотинных территорий крупных гидротехнических сооружений // *Водное хозяйство России*. 2020. № 1. С. 72-91.

Сведения об авторах:

Митина Наталья Николаевна, д-р геогр. наук, профессор, факультет государственного управления, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Россия, 119991, Москва, Ломоносовский проспект, д. 27, корп. 4; e-mail: natalia_mitina@mail.ru, SPIN-код: 3074-5570

Шумакова Елена Михайловна, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, лаборатория охраны вод, ФГБУН «Институт водных проблем Российской академии наук», Россия, 119333, Москва, ул. Губкина, д. 3; e-mail: spectr56@gmail.com, SPIN-код: 2670-3996

Ващенко Максим Олегович, выпускник магистратуры 2018 г., факультет государственного управления, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»; e-mail: maxim.vashchenko@icloud.com, SPIN-код: 9042-8740

REGULATION OF THE LARGE-SCALE HYDRAULIC FACILITIES DAM TERRITORIES EXPLOITING

Natalia N. Mitina¹, Yelena M. Shumakova², Maksim O. Vashchenko¹

E-mail: natalia_mitina@mail.ru

¹*M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*

²*Water Problems Institute of RAS, Moscow, Russian Federation*

Abstract: Analysis of the international experience of ensuring the safety of large hydraulic structures has shown high degree of the large-scale dam construction and operation on surrounding areas, far beyond the responsibility of hydropower engineers. It is nearly impossible to ensure the safety of these territories within the framework of the dam safety, the lack of regulations and approaches to ensure the security of these territories not only in Russia but also in other countries. It is proposed to introduce the object of state regulation “dam territory” within the boundaries of the established experimentally the most intense impact of a large GTS on the surrounding primarily geological environment, established in the framework of various scientific studies, including the author’s study of the temporal and spatial features of the dynamic impact of the working GTS on residential areas near the Zhigulevskaya HPP. A comparison of different possible approaches to the regulation of the operation of dams in the framework of existing legislation for the purpose of maximum use, such as departmental, territorial, basin, environmental approaches, analyzed the pros and cons of each approach. A comprehensive approach to the regulation of the operation of dams is proposed, making the most of the advantages of each approach and taking into account all the parameters of the impact of the dam on the surrounding areas.

Key words: dam, dam territory, hydraulic facilities, hydroelectric power station, dam vibration, soil vibration, regulation of operations.

About the authors:

Nataliya N. Mitina, Doctor of Geographic Sciences, Professor, M.V. Lomonosov Moscow State University Department of Public Administration, Lomonosovskiy pr. 27 – 4, Moscow 119991, Russia; e-mail: natalia_mitina@mail.ru, SPIN-code: 3074-5570

Yelena M. Shumakova, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Russian Academy of Sciences Institute of Water Problem Laboratory of Water Protection, ul Gubkina, 3, Moscow, 119333, Russia; e-mail: spectr56@gmail.com, SPIN-код: 2670-3996

Maksim O. Vashchenko, Post-graduate Student, M.V. Lomonosov Moscow State University Department of Public Administration, Lomonosovskiy pr. 27 – 4, Moscow 119991, Russia; e-mail: maxim.vashchenko@icloud.com, SPIN-code: 9042-8740

For citation: *Mitina N.N., Shumakova Y.M., Vashchenko M.O. Regulation of the Large-scale Hydraulic Facilities Dam Territories Exploiting // Water Sector of Russia. 2020. No. 1. P. 72-91.*

REFERENCES

1. *Tashlykova T.A.* Navedennaya seysmichnost sredney Angary kak rezultat ot sozdaniya glubokovodnykh angarskikh vodokhranilishch [The middle-stream Angara River induced seismicity resulted from establishment of deep-water Angara water reservoirs] // *Morskiye berega – evolutsiya, ekologiya, ekonomika: mat-ly XXIV Mezhdunrodnoy beregovoy konf., Tyapse, 1–6 oktyabrya 2012 g. V. 2. Pp. 87–90.*
2. *Yakovlev V.N., Shumakova Y.M., Tregub N.V.* Seysmicheskaya aktivnost i geodinamika Samarskoy oblasti [Seismic activity and geodynamics of Samara Oblast] // *Ivestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademiyi nauk. 2014. V. 16. Pp. 27–34.*
3. Plotiny i zemletryaseniya [Dams and earthquakes]. *RusGidro. Rezhim dostupa: <http://blog.rushydro.ru/?p=3907> (data obrashcheniya: 16.12.2019).*
4. *Shumakova Y.M., Kondrashina P.V.* Rossiyskiy i zarubezhniy opyt osvoyeniya territoriy, prilegayushchikh k krupnym plotinam [Russian and world experience in developing territories adjacent to large-scale dams] // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 21. 2015. No. 2. Pp. 65–79.*
5. Bezopasnost plotin i zemletryaseniya [Dam safety and earthquake]. *Rezhim dostupa: <http://www.cawater-info.net/bk/dam-safety/safety-and-earthquake.htm> (data obrashcheniya: 16.12.2019).*
6. *Chernenko V.N.* Nauchniye osnovy razrabotki kriteriyev bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzheniy gidroakkumuliruyushchikh elektrostantsiy s uchetom vliyaniya dinamicheskikh vozdeystviy [Scientific foundations for developing of the hydro/accumulating power plants hydraulic facilities safety criteria with taking into account the dynamic effects]: avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. M., 2004.
7. *Kotlyakov A.V.* Gidrogenniye protsessy v beregovykh deformatsiyakh nizhnikh byefov gidrouzlov (na primere Rybinskogo gidrouzla) [Hydrogenous processes in bank deformations of the hydro power plants downstream (the Rybinsk hydro power plant as a study case): avtoref. diss. ... kand. geogr. nauk. M., 2002.
8. *Shumakova Y.M.* Geoekologicheskaya situatsiya v zone dinamicheskogo vozdeystviya gidrotekhnicheskogo sooruzheniya federalnogo znacheniya [Geo/ecological situation in the zone of a Federal-scale hydraulic facility dynamic impact] // *Trudy tret'yego mezhd. ekologicheskogo kongressa «Ekologiya i bezopasnost zhiznedeyatelnosti promyshlennotransportnykh kompleksov». ELPIT. Togliatti: Togliatti gos. un-t, 2011. Pp. 183.*

9. *Shumakova Y.M.* Geoekologicheskoye obosnovaniye reglamentov ekspluatatsiyi priplo-tinnykh territoriy s uchedom zadach upravleniya [Geo/ecological foundations for the near-dam territories operation schedule with taking into account the management tasks]. Rezhim dostupa: <http://geoenv.ru/conferences/georisk-2015/georisk-1.pdf> (data obrashcheniya: 27.01.2018).
10. Postanovleniye Pravitelstva RF ot 27.10.2012 No. 1108 «O federalnom gosudarstvennom nadzore v oblasti bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzhenniy» .Resolution of the Government of the Russian Federation dated 27.10.2012 No. 1108 «About Federal state supervision in the sphere of hydraulic facilities safety».
11. Postanovleniye Pravitelstva RF ot 05.05.2012 No. 455 «O razhime postoyannogo gosudarstvennogo nadzora na opasnykh proizvodstvennykh obyektakh in gidrotekhnicheskikh sooruzheniyakh» [Resolution of the Government of the Russian Federation dated 05.05.2012 No. 455 «About the continuous state supervision regime at hazardous production installations and hydraulic facilities»].
12. Federalniy zakon ot 05.05.2012 No. 455 «O bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzheniy» [Federal law dated 05.05.2012 No. 455 «About hydraulic facilities safety».
13. *Madeyeva V.S.* Analiz normativno-pravovoy basy obespecheniya bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Analysis of the regulatory/legislative base for securing the hydraulic facilities safety] // Gorniy informatsionno-analiticheskiy byulleten. 2014. Pp. 357–362.
14. *Bredlow D.D., Palmieri D.D., Salman M.A.* Normativno-pravovaya baza bezopasnosti plotin [Regulatory/legislative base for dams' safety]. M.: Ves mir, 2003. 194 p.
15. *Chao Liang Jinliang, Zhang Jijian Lian, Fang Liu, Xinyao Li.* Probabilistic analysis for the response of nonlinear base isolation system under the ground excitation induced by high dam flood discharge // Earthquake Engineering and Engineering Vibration. 2017. Vol. 16, Issue 4. P. 841–857.
16. *Zhang Y., Lian J., Liu F., Zhang W., Li S.* Influencing factors of the ground vibration induced by flood discharge of high dams based on model experiments// Zhendong yu Chongji. 2016. Vol. 35. No.16. P. 30–37 and 42.
17. *Bogolyubov S.A.* Ecologicheskoye pravo [Environmental law]. M.: Vysheye obrazovaniye, 2006. 209 p.
18. *Brinchuk M.M.* Ecologicheskoye pravo [Environmental law]. M.: Yuristъ, 2005. 571 p.
19. *Gorishniy V.A., Volkov V.V., Chernetsov V.B., Borisenko L.N.* Otsenka inzhenernoy obstanovki v usloviyakh chrezvychaynoy situatsiyi [Assessment of engineering situation in the conditions of extreme situation] Rezhim dostupa: www.nntu.ru/RUS/otd_sl/gochs/posobiya/posob7/posob7.htm (data obrashcheniya 17.03.2018).
20. GOST R 55260.1.9-2013 Gidroelektrostantsiyi. P. 1–9. Sooruzheniya GES gidrotekhnicheskkiye. Trebovaniya bezopasnosti pri ekspluatatsiyi [Hydro power plant. P. 1-9. Hydraulic facilities. Safety requirements in operation].
21. *Kormiltseva M.* Novosibirskaya GES potrebovala prekratit stroitelstvo mnogoetazhnogo zhilogo doma ryadom s damboy gidrostantsiyi tak kak yeto stavit pod ugrozu bezopasnost yeyo ekspluatatsiyi [Novosibirsk hydro power plant demanded to stop construction of a many-storied dwelling house near the power plant dam as this endangered safety of its operation]. RIA Novosti. 13.09.2013. Rezhim dostupa: <https://ria.ru/nsk/20130913/963025830.html> (data obrashcheniya: 16.12.2019).

22. *Pichugina L.* Oblastnoy sud snyal zapret na stroitelstvo mnogoetazhki vozle GES. Rostekhnadzor obespokoyen stroitelstvom zhilikh domov v neposredstvennoy blizosti ot Novosibirskoy GES [The Oblast Court removed a ban for construction of a many-storied apartment house near the plant. Rostekhnadzor worries about construction of dwelling houses in the closed vicinity of Novosibirsk hydro power plant]. NGS.RU. Novosibirsk online. 5 iyulya 2017 g. Rezhim dostupa: <https://news.ngs.ru/more/50584511/> 26 июня 2017 (data obrashcheniya: 16.12.2019).
23. *Plotina Vajont.* Italia. 1963. Tekhnogenniye katastrofy. Ob yetom nado znat, chtoby ono nikogda ne povtorilos. [Vajont dam. Italy. 1963. Technogenic accidents. One must know it to prevent such things in the future]. Rezhim dostupa: <http://industrial-disasters.ru/disasters/vajont-dam/> (data obrashcheniya: 16.12.2019).
24. Razrusheniye plotiny Saint-Francis. California. 1928 g. [Destruction of Saint-Francis dam. California, 1928]. CAWater-Info EnergyFuture.RU Rezhim dostupa: http://www.cawater-info.net/review/saint-francis_accident.htm (data obrashcheniya: 16.12.2019).