

УДК 556.552

© 2011

ТЕЧЕНСКИЙ КАСКАД ВОДОЁМОВ ФГУП "ПО "МАЯК": ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

С.В. Баранов, Г.Ш. Баторшин, Ю.Г. Мокров

Россия, г. Озерск, ФГУП "ПО "Маяк"

М.Л. Глинский, Е.Г. Дрожко

Россия, г. Москва, ФГУП "Гидроспецгеология"

И.И. Линге, С.С. Уткин

Россия, г. Москва, ИБРАЭ РАН

Приведено обобщение результатов выполненных за последнее десятилетие научно-практических работ по повышению безопасности Теченского каскада водоёмов (ТКВ) ФГУП "ПО "Маяк".

На основе результатов гидрологического, гидрогеологического и радиоэкологического мониторинга выполнен анализ текущего радиационно-экологического состояния ТКВ. Отмечено, что техническое состояние гидротехнических сооружений, радиоэкологическая обстановка и нормативно-правовая база эксплуатации ТКВ удовлетворяют всем нормативным требованиям в области безопасности.

Рассмотрены существующие риски и основные стратегические направления действий по окончательному решению проблем ТКВ. Сформулированы основные положения концепции долговременной (100–150 лет) безопасной эксплуатации ТКВ – объекта использования атомной энергии.

На основе комплексного решения стоящих перед предприятием и регионом радиоэкологических проблем, рассмотрены экономические и экологические преимущества размещения ЮАЭС (или другого "энергетического источника") на ТКВ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТЕЧЕНСКИЙ КАСКАД ВОДОЁМОВ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОЁМОВ, ДОПУСТИМЫЕ СБРОСЫ ДРЕНАЖНЫХ ВОД, РЕКА ТЕЧА, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

История создания и эксплуатации Теченского каскада водоёмов (ТКВ) неразрывно связана с историей становления и развития ПО "Маяк", поскольку все основные производственные объекты предприятия расположены на водосборной территории р. Теча и ее притоков. Радиоактивное загрязнение р. Теча сформировалось в результате регламентных (предусмотренных проектом) и аварийных сбросов жидких радиоактивных отходов (ЖРО) радиохимического производства ПО "Маяк" в период с 1949 по 1956 гг. во время выполнения предприятием Государственной оборонной программы.

С целью прекращения поступления ЖРО в р. Теча и локализации наиболее сильно загряз-

ненных участков поймы верховья реки в 1956 и 1964 гг. путём возведения грунтовых плотин П-10 и П-11 были сооружены водоёмы В-10 и В-11. В этот же период времени для перехвата поверхностного стока и снижения подземной фильтрации вдоль правого и левого берегов водоёмов В-10 и В-11 были проложены левобережный (ЛБК) и правобережный (ПБК) обводные каналы. Таким образом, ТКВ создавался для приема и хранения низкоактивных ЖРО и как первый этап радиационной реабилитации реки Теча. В настоящее время ТКВ представляет собой сложный, изолированный от открытой гидрографической системы гидрогеологический природно-техногенный объект – хранилище загрязненной радионуклидами воды с суммар-

ным объемом около 350 млн. м³ – состоящий из четырех водоёмов и плотин, системы обводных каналов и ряда гидротехнических сооружений (ГТС). ТКВ – один из главных элементов "ядерного наследия" России [1].

Начиная с 1970-х гг., водоёмы ТКВ эксплуатируются в следующем режиме:

- сброс жидких низкоактивных отходов (НАО) осуществляется только в водоёмы В-3 и В-4, а затем вода самотеком (через специальные водосливы) последовательно перетекает в нижележащие водоёмы В-4, В-10 и В-11;

- в верхних водоёмах каскада (водоёмы В-3, В-4 и В-10) уровень воды поддерживается в регламентных отметках, близких к максимальным;

- дебалансные воды накапливаются в конечном водоёме В-11.

За всю 45-летнюю историю эксплуатации ТКВ наблюдалась отчетливая тенденция увеличения уровня воды в водоёме В-11. Это означает, что сумма приходных составляющих водного баланса (атмосферные осадки, техногенные сбросы, фильтрационное поступление и др.) всегда превышала сумму расходных составляющих (испарение, фильтрационные утечки) – положительный водный баланс.

Основная проблема ТКВ – это неуправляемый рост уровня воды в водоёме В-11, что проявляется в следующих негативных последствиях:

- повышение гидростатической нагрузки на конечную плотину каскада – плотину П-11 – что приводит к снижению её устойчивости и потенциальной опасности её разрушения;

- увеличение фильтрационного поступления загрязненной радионуклидами воды из водоёмов ТКВ в ЛБК и ПБК, что приводит к возрастанию удельной активности радионуклидов в воде р. Теча;

- возможность переполнения водоёмов ТКВ (заполнение всей свободной ёмкости) и поступление части хранящейся в водоёмах воды (активности) в открытую гидрографическую систему р. Теча через аварийный водосброс.

В 2002 г. была опубликована программная работа [2], отражавшая взгляды предприятия по вопросам ТКВ. В ней было проанализировано состояние объекта, четко зафиксированы основные проблемы ТКВ на тот момент вре-

мени и сформулированы основные задачи на ближайшую перспективу.

Основными задачами настоящей статьи являются:

- обобщение результатов выполненных за прошедшее десятилетие научно-практических работ по повышению безопасности ТКВ;

- анализ технического состояния ТКВ и нормативно-правовой базы, регулирующей различные этапы его жизненного цикла;

- анализ текущего радиационно-экологического состояния ТКВ;

- определение существующих рисков и стратегических направлений действий по окончательному решению проблемы ТКВ.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

За период 2002–2010 гг. на ТКВ выполнены следующие работы:

1. Завершена реконструкция и установлена современная система мониторинга плотины П-11. В настоящее время (после реконструкции) безопасность плотины П-11 не вызывает сомнений, то есть ее устойчивость к любым внешним и внутренним воздействиям обеспечена при любых повышенных уровнях воды вплоть до отметки аварийного водосброса. В соответствии с новой декларацией безопасности ТКВ и результатами экспертизы, выполненной ведущим институтом России в области безопасности грунтовых плотин – ОАО "НИИ ВОДГЕО", плотина П-11 отнесена к I классу капитальности.

2. В 2010 г. деятельность предприятия по вопросу эксплуатации ТКВ впервые получила полное нормативно-правовое обеспечение:

- ТКВ получил статус объекта использования атомной энергии (ОИАЭ) – поверхностного водоёма-хранилища радиоактивных отходов (РАО), а деятельность предприятия при обращении с РАО ТКВ была впервые лицензирована как деятельность в области использования атомной энергии;

- разработана и утверждена методика определения нормативов допустимых сбросов дренажных вод, содержащих радионуклиды, в р. Теча.

3. С целью снижения положительной со-

ставляющей водного баланса ТКВ в рамках Федеральной целевой программы "Обеспечения ядерной и радиационной безопасности на 2008 г. и на период до 2015 г." (ФЦП "ЯРБ"):

- введена в эксплуатацию 1-я очередь общесплавной канализации (ОСК), позволяющая сократить поступление в ТКВ до 3,5 млн. м³ загрязненной воды в год;

- разработан и готовится к реализации проект 2-й очереди ОСК;

- разработана и прошла испытания опытно-промышленная установка очистки воды ТКВ.

4. С целью сокращения и полного исключения к 2018 г. сбросов низкоактивных ЖРО в ТКВ на предприятии в рамках ФЦП "ЯРБ" в 2008–2010 гг. была создана и успешно прошла ресурсные испытания опытная установка очистки жидких НАО, использующая мембранно-сорбционную схему очистки и включающая блоки ультрафильтрации, обратного осмоса и электроосмотического концентрирования, а также разработаны исходные данные для создания промышленной установки.

5. С целью снижения фильтрационных поступлений радионуклидов из водоёмов каскада:

- проводятся исследования по уточнению источников фильтрации;

- разрабатывается проект сооружения порогов-регуляторов уровня воды в обводных каналах;

- в 2010 г. выполнены опытные работы по изучению возможности создания противофильтрационных барьеров на основе жидкого стекла на участках интенсивной фильтрации из водоёма В-11 в обводные каналы.

6. С использованием современных подходов к анализу пространственно-временных рядов данных наблюдений разработаны математические модели и методы, позволившие оценить практически все значимые факторы, определяющие состояние ТКВ, а также параметры экологической обстановки в районе размещения каскада, в частности:

- объёмы и уровни воды в водоёмах ТКВ под воздействием природных и техногенных факторов;

- расходы фильтрационных потоков воды в гидродинамической системе "водоёмы – подземные воды – обводные каналы";

- объёмы фильтрации ⁹⁰Sr в окружающую среду с учетом различных сценариев изменения водности региона и инженерно-технических мероприятий;

- изменение удельной активности ⁹⁰Sr в воде и донных отложениях водоёмов каскада (в том числе с учетом их взмучивания), а также в р. Теча;

- вероятность и последствия аварийных ситуаций с поступлением накопленной в ТКВ активности в окружающую среду (ветровой вынос, аварийный перелив).

В качестве "интегрирующей платформы" была выбрана модель водного баланса ТКВ как обладающая наибольшей общностью и максимальным количеством связей с другими моделями [3]. На ее базе были объединены модели фильтрационной связи ТКВ с окружающей средой, водности (долгосрочного прогноза выпадения осадков и испарений), изменения удельной активности ⁹⁰Sr в воде и донных отложениях водоёмов каскада. В итоге была разработана комплексная модель, так или иначе описывающая основные процессы, определяющие опасность ТКВ в кратко-, средне- и долгосрочной перспективе.

7. В полном объёме выполняется комплекс работ по гидрологическому, гидрогеологическому, радиоэкологическому мониторингу состояния водоёмов и прилегающей территории, включая недра.

8. В 2007 г. выполнен анализ опытной эксплуатации водозабора "Северный" и его влияния на изменение гидродинамического и гидрохимического состояния подземных вод на участке исследований. Результаты опытно-эксплуатационной откачки позволили получить необходимую экспериментальную информацию и разработать рекомендации по оптимальному режиму эксплуатации водозабора для снижения приходной составляющей водного баланса ТКВ.

9. Совместно с Уральским научно-практическим центром радиационной медицины (УНПЦРМ) выполнены комплексные радиоэкологические обследования состояния водной биоты ТКВ [4].

10. Своевременно и в полном объёме проводятся работы по поддержанию и благоустройству всех объектов инфраструктуры ТКВ:

- расчистка ЛБК и ПБК от кустарниковой и древесной растительности;
- обеспечение проектной пропускной способности каналов (расчистка ПБК от золы Аргаяшской ТЭЦ);
- поддержание в надлежащем состоянии подъездных дорог, освещения и систем охраны;
- эксплуатации насосной станции для возврата загрязненных дренажных вод плотины П-11 обратно в водоём В-11.

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ТКВ И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Результаты мониторинга и многолетних комплексных исследований позволяют охарактеризовать радиационную обстановку на ТКВ и прилегающих территориях следующими показателями [3–7]:

1. Мощность дозы внешнего облучения над водной поверхностью водоёмов В-10 и В-11 (при измерениях с лодки или льда) не превышает 4–5 мкР/ч, что значительно (в 2–5 раз) меньше естественного радиационного фона (10–20 мкР/ч) на территории России.

2. Радиационная обстановка в прибрежных районах ТКВ остается стабильной, при этом значения мощности эквивалентной дозы (МЭД) в районе водоёмов В-10 и В-11 всего в 2–5 раз превышают фоновые значения для Уральского региона.

3. Среднегодовая объемная активность радионуклидов в приземном слое атмосферного воздуха в прибрежных районах ТКВ на 3–4 порядка величины меньше допустимой объемной активности (ДОВА_{нас.} по НРБ-99/2009).

4. Среднегодовые значения плотности радиоактивных выпадений в прибрежных районах ТКВ не более чем в 2–3,5 раза превышают фоновые значения для Уральского региона.

5. По современным оценкам, в ТКВ накоплено около $3,1 \cdot 10^{15}$ Бк (84 кКи) ^{137}Cs (99,9 % – в донных отложениях) и $1,5 \cdot 10^{15}$ Бк (42 кКи) ^{90}Sr (60 % – в донных отложениях). При этом для самого большого водоёма ТКВ – В-11:

- по загрязнению водной среды наблюдается равномерное пространственное распределение удельной активности ^{90}Sr (1,2–1,7 кБк/л), и ^{137}Cs (0,6–1,3 Бк/л);

- по загрязнению донных отложений наблюдается относительно равномерное пространственное распределение удельной активности ^{90}Sr – от 240 до 370 кБк/кг. Содержание ^{137}Cs по старому руслу реки изменяется от 30 до 160 кБк/кг, а в прибрежных участках составляет 5–15 кБк/кг (сухой вес).

6. Распространение загрязненных подземных вод происходит в виде узкой полосы шириной 50–100 м вдоль береговой линии водоёмов В-10, В-11. Фактической границей ореола являются обводные каналы (ЛБК и ПБК), которые дренируют фильтрующиеся через ограждающие дамбы техногенные воды и тем самым препятствуют их дальнейшему продвижению за пределы санитарно-защитной зоны (СЗЗ). Исключение составляет участок, расположенный к югу от водоёма В-11, где поток загрязненных подземных вод (в границах значений УВ по ^{90}Sr) фиксируется на расстоянии до 200 м к югу от ПБК. Выход ореола загрязненных подземных вод за пределы СЗЗ обусловлен геолого-гидрогеологической ситуацией – наличием тектонически ослабленной зоны с повышенной водопроницаемостью и более низким по сравнению с уровнем поверхностных вод положением гидрогеологического водораздела рек Теча и Зюзелка.

7. Поступление радиоактивных веществ (^{90}Sr) в окружающую среду происходит только за счет фильтрации загрязненной воды из водоёмов В-10 и В-11 по природному геологическому массиву под основанием приканальных дамб обводных каналов, сложенных техногенными отложениями (плотными суглинками). По современным оценкам, суммарные фильтрационные потери воды из водоёмов ТКВ могут достигать порядка 15 млн. м³/год [3, 5]. При этом, по данным 2006–2009 гг., с водным стоком из каналов ЛБК и ПБК в р. Теча поступает порядка 30 Ки/год ^{90}Sr : из ЛБК ~13 Ки/год, из ПБК ~17 Ки/год. Среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в р. Теча в створе с. Муслимово составляет ~9 Бк/л (в 1,9 раза выше уровня вмешательства), изменяясь от 3 Бк/л (в паводок) до 18 Бк/л (в межень).

8. Основной фильтрационный поток воды из ТКВ проходит по геологическому массиву под телом плотины П-11 и разгружается в пойму р. Теча. Поступление ^{90}Sr в речную систему р. Теча с этим потоком не наблюдается и не

прогнозируется, что обусловлено высокими сорбционными свойствами водовмещающих пород [5].

9. Анализ результатов мониторинга и оценка поступления радиоактивного ^{90}Sr из ТКВ в верховье р. Теча показывают [5]:

– с ростом уровня воды в водоёме В-11 увеличивается суммарное фильтрационное поступление ^{90}Sr в р. Теча из ЛБК и ПБК;

– интенсивность поступления ^{90}Sr из ТКВ в воды ЛБК и ПБК определяется разностью уровней воды в водоёмах В-10, В-11 и в каналах, фильтрационными и сорбционными свойствами грунтов.

Зависимость между суммарным фильтрационным поступлением ^{90}Sr из ТКВ в каналы и уровнем воды в водоёме В-11 имеет нелинейный характер и возрастает от 8 Ки/год (при уровне воды в водоёме 215,5 м) до 50 Ки/год (при уровне 216,8 м), что обуславливает необходимость понижения уровня воды в водоёме.

10. В 2006–2009 гг. специалисты ФГУП "ПО "Маяк" и УНПЦ РМ провели комплексное экологическое обследование состояния экосистемы водоёма В-11 и водоёма сравнения (Шершневское водохранилище Челябинской области). Обследование включало в себя проведение гидрохимического, радиохимического и биологического исследований. В экосистеме водоёма В-11 не выявлено очевидных признаков деградации и, в целом, состояние экосистемы может быть охарактеризовано как удовлетворительное. Существующий режим эксплуатации водоёма В-11 признан приемлемым с точки зрения состояния экосистемы водоёма [4].

Таким образом, при определении стратегических направлений долговременной безопасной эксплуатации ТКВ необходимо учитывать следующее:

1. Проведение работ по очистке всего накопленного объема воды и донных отложений водоёмов ТКВ (несколько сотен миллионов кубических метров) невозможно как по техническим, так и по экономическим соображениям.

2. Полное осушение всех водоёмов ТКВ и превращение их в приповерхностные могильники ТРО невозможно, поскольку водоёмы расположены в долине р. Теча и дренируют поверхностные и подземные воды с водосборной площади.

3. При нормальных природных гидрометеорологических условиях и научно обоснованном режиме эксплуатации водоёмов ТКВ они не представляют реальной радиационной опасности для обслуживающего персонала, жителей ближайших населенных пунктов и угрозы для жизнедеятельности обитающей в водоёмах водной флоры и фауны.

До 2010 г. вода водоёмов В-10 и В-11 ТКВ относилась к категории низкоактивных ЖРО только по содержанию ^{90}Sr . Удельная активность других радионуклидов в воде водоёмов была ниже уровня, установленного для НАО. После выхода новой редакции ОСПОРБ-99/2010 вода в водоёмах ТКВ не является ЖРО. Более того, удельная активность воды всего в 1,2–3,0 раза превышает значения "Удельной активности техногенных радионуклидов, при которых допускается неограниченное использование материалов" (Приложение 3 к ОСПОРБ-99/2010).

Выполненные исследования показывают, что через 100–150 лет с момента прекращения сбросов ЖРО в водоёмы значение удельной активности радионуклидов в донных отложениях водоёмов В-10 и В-11 опустится ниже границы твердых радиоактивных отходов (ТРО) за счет процессов естественного самоочищения водоёмов (радиоактивного распада, перераспределения активности по глубине донных отложений и др.). Следовательно, до вывода ТКВ из эксплуатации (освобождение объекта из-под регулирующего надзора и контроля), необходимо предусмотреть предварительный этап длительной безопасной эксплуатации водоёмов с целью снижения уровня их потенциальной радиационной опасности, сохраняя на должном уровне состояние защитных инженерных барьеров безопасности (поддержание в работоспособном состоянии всех систем ГТС, насосных станций, транспортных и энергетических коммуникаций и др.).

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЙСТВИЙ ПО РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ТКВ

Проблема обеспечения долговременной (100–150 лет) безопасности ТКВ ФГУП "ПО "Маяк" в контексте роста уровня воды в замыкающем водоёме В-11 до последнего времени

характеризовалась тремя главными взаимосвязанными аспектами:

1. Устойчивость замыкающей каскад плотины П-11.

2. Повышенная фильтрация ^{90}Sr из ТКВ и увеличение удельной активности этого радионуклида в воде р. Теча (створ с. Муслюмово).

3. Вероятность переполнения водоёмов каскада.

Первый аспект проблемы в настоящее время можно считать полностью закрытым.

Существует возможность практически полного прекращения фильтрации ^{90}Sr в р. Теча за счет сооружения порогов-регуляторов (реализация мероприятия запланирована в рамках ФЦП "ЯРБ") и их постоянной эксплуатации в режиме максимального подпора. Выполненные предварительные расчеты показывают [7], что реализация указанного мероприятия приведет к быстрому самоочищению воды р. Теча и поэтапному снятию ограничений на водопользование (через 15–20 лет удельная активность ^{90}Sr в ней будет на уровне питьевых нормативов). Это будет в значительной степени способствовать снятию социального напряжения для населения, проживающего на берегу р. Теча. Следует отметить, что реализация проекта строительства порогов-регуляторов позволит предприятию впервые реально управлять поступлением ^{90}Sr в р. Теча и уровнем радиоактивного загрязнения воды в реке, а новый правовой статус ТКВ (ОИАЭ) требует уже сейчас снижать сбросы дренажных вод.

Максимальный за всю историю эксплуатации уровень воды в водоёме В-11 (217,23 м) наблюдался в период с 25 мая по 2 июня 2003 г. При этом запас свободной ёмкости в водоёме В-11 (от уровня 217,23 м до отметки автоматического аварийного водосброса – 218,14 м) составлял 44,9 млн. м³. Максимальная скорость прироста воды в водоёме В-11 наблюдалась в период аномально высокой водности с октября 1998 г. по июнь 2000 г., когда за 21 месяц уровень воды в водоёме поднялся на 1,22 м, а объём воды увеличился на 44,5 млн. м³. Это означает, что существует вероятность переполнения водоёма В-11, когда уровень воды в водоёме достигнет установленной проектом отметки аварийного водосброса (218,14 м) и загрязненная радионуклидами (^{90}Sr) вода поступит в

открытую гидрографическую систему р. Теча. Последствия такого аварийного сброса не будут носить катастрофический характер, поскольку р. Теча выведена из всех видов хозяйственного использования, а р. Исеть (в которую р. Теча впадает) на протяженном участке не используется как источник питьевого водоснабжения по причине химического загрязнения, не связанного с деятельностью ФГУП "ПО "Маяк", но социальные и политические последствия указанной ситуации трудно прогнозировать.

Для снижения вероятности переполнения водоёмов ТКВ в ФЦП "ЯРБ" предусмотрено строительство общесплавной канализации (ОСК) промышленной площадки ФГУП "ПО "Маяк". Основное предназначение комплекса ОСК – отвести от ТКВ потоки воды, имеющие только химическое (не радиоактивное) загрязнение: хозяйственно-бытовые, фекальные и ливневые воды (воды общесплавной канализации). Ввод в эксплуатацию первой очереди ОСК позволит сократить на 3,5 млн. м³/год (а второй очереди – ещё на 1,5 млн. м³/год) сброс таких вод в ТКВ, в значительной степени стабилизировать водный баланс ТКВ и существенным образом повысить условия его безопасной эксплуатации путем создания запаса свободной ёмкости в водоёме В-11 (на период аномально высокой водности).

Если в качестве базового варианта рассматривать ситуацию, сложившуюся в настоящее время, то пуск в эксплуатацию ОСК позволит создавать в водоёмах ТКВ запас свободной ёмкости (до 3,5–5,0 млн. м³/год), а строительство (и эксплуатация) порогов-регуляторов приведет к сокращению (по сравнению с базовым вариантом) запаса свободной ёмкости в водоёмах (до 3–6 млн. м³/год). Учитывая, что уже зарегистрированная в период с октября 1998 г. по июнь 2000 г. средняя скорость заполнения свободной ёмкости достигала 25,4 млн. м³/год, очевидно, что пуск в эксплуатацию ОСК нельзя рассматривать в качестве надежного компенсирующего мероприятия. Для гарантированного (вне зависимости от погодных условий) обеспечения безопасной эксплуатации ТКВ на заданных проектных отметках водоёма В-11 (215,0–217,32 м) необходимо создать мощный (до 10–25 млн. м³/год) техногенный источник водопонижения – "энер-

гетический источник" или установку очистки и последующего сброса очищенной воды в открытую гидрографическую сеть. В качестве "энергетического источника" можно рассмотреть выпарную установку, тепловую (и/или атомную) электростанцию.

Характерной особенностью всех существующих альтернативных вариантов водопонижения ТКВ, при отказе от строительства "энергетического источника" на ТКВ, является отсутствие технически обоснованных и экономически оправданных решений. Существующие оценки показывают, что очистка дебалансной воды ТКВ (~10 млн. м³/год) с использованием даже наиболее перспективной технологии – метода обратного осмоса – потребует инвестиций и эксплуатационных расходов (за 65 лет) сопоставимых в сумме со стоимостью одного блока АЭС (ВВЭР–1200).

Таким образом, основная стратегическая задача обеспечения безопасности ТКВ – устранение рисков переполнения замыкающего водоёма В-11.

В качестве первоочередных мероприятий по стабилизации уровня воды в ТКВ необходимо:

- разработать взаимосвязанные методики осуществления санитарных попусков избыточной воды из оз. Иртяш и эксплуатации порогов-регуляторов;

- рассмотреть целесообразность сооружения установки очистки воды ТКВ с производительностью до 5–10 млн. м³/год в качестве аварийного ресурса.

Итак, принципиальные научно и технически обоснованные позиции по обеспечению долговременной безопасности ТКВ можно сформулировать следующим образом:

- В краткосрочной перспективе (до 2015 г.) будет полностью решен вопрос контролируемой фильтрации ⁹⁰Sr в р. Теча, а также фактически исчерпан ресурс мероприятий по поддержанию уровня воды в ТКВ ниже предельных отметок.

- Перевод ТКВ в режим активного управления его уровнем возможен только за счёт сооружения мощного техногенного источника водопонижения, решающего, в первую очередь, стратегические задачи развития предприятия и региона в целом (например, дефицит чистой

воды). Горизонт планирования в данном случае – 2025 г. Таким источником может стать атомная станция с блоками БН-800 или БН-1200, либо традиционная тепловая электростанция.

- При соблюдении этих условий, а также с учетом полного прекращения поступления ЖРО в ТКВ можно ожидать, что в долгосрочной перспективе (до 2100 г.) вода и большая часть донных отложений ТКВ очистятся до допустимых значений.

Системное осмысление процессов, определяющих поведение ТКВ и факторов, влияющих на его безопасность, позволяют предложить следующий стратегический план действий (табл. 1).

Можно констатировать, что окончательное решение проблемы ТКВ связано с его переводом в режим активного управления, что, в свою очередь, подразумевает использование мощного техногенного источника водопонижения. В связи с этим целесообразно напомнить, что в настоящее время рассматривается вариант строительства Южно-Уральской атомной электростанции (ЮАЭС) на "Озерной" площадке (4 блока ВВЭР-1200). Для охлаждения конденсаторов турбин станции предполагается использование градирен, а ожидаемое водопотребление оценивается в 140 млн. м³ воды/год при безвозвратных потерях до 45 млн. м³ воды/год. Основным (но не единственным) недостатком такого варианта строительства – проблема с обеспечением ЮАЭС водными ресурсами. В маловодные годы потребуется использование до 41 млн. м³ воды/год из Долгобродского водохранилища и до 16 млн. м³ воды/год из Иткуль-Синарской системы озёр.

Вариант использования ТКВ в качестве пруда-охладителя "энергетического источника" (конденсаторов турбин ЮАЭС) позволяет разместить до четырех энергоблоков без привлечения дополнительных источников водоснабжения (забор воды осуществлять из водоёма В-11, а сброс "горячей" воды производить в водоём В-10). Такая схема оборота воды позволит максимально эффективно использовать все водные ресурсы ТКВ и обеспечить:

- минимальную температуру воды в точке водозабора;

- минимальное испарение с зеркала водоёмов;

Таблица 1

Стратегические направления действий по решению проблем ТКВ

Срок	Стратегические направления действий	Результат
2011 г.	Отработка и правовое закрепление процедур нормирования и контроля сбросов ^{90}Sr в р. Теча	Введение ТКВ в действующее нормативно-правовое поле в области безопасности окружающей среды
2015 г.	Сооружение порогов-регуляторов и противофильтрационных барьеров	Полное решение проблемы фильтрации ^{90}Sr и загрязнения р. Теча
2015 г.	Принятие решения по размещению на ТКВ мощного техногенного источника водопонижения	Снятие напряженности по вопросу переполнения ТКВ
2018 г.	Прекращение размещения ЖРО в ТКВ	Интенсификация процесса самоочищения ТКВ и р. Теча
2015–2020 гг.	Уточнение эффективности работы ОСК и пороговрегуляторов	
2020–2025 гг.	Сооружение мощного техногенного источника водопонижения	Перевод ТКВ в режим управления

– минимальное содержание взвешенных веществ в месте водозабора.

Имеющиеся на ФГУП "ПО "Маяк" проектные материалы по "старой" ЮАЭС (3 блока БН-800) [8] свидетельствуют, что для рассматриваемого варианта АЭС дополнительное испарение с зеркала воды ТКВ не превысит 22 млн. м³/год, а для варианта 4 блока ВВЭР-1200 – 50 млн. м³/год, что может быть гарантированно скомпенсировано уже существующими водными ресурсами региона и не потребует дополнительных затрат на переброску чистой питьевой воды из Долгобродского водохранилища (табл. 2). В этой связи следует отметить, что в условиях изменения климата и глобального потепления все более актуальным становится тезис о том, что в ближайшем будущем основным природным ресурсом на планете станет чистая пресная вода.

Вариант размещения ЮАЭС (или другого "энергетического источника") на ТКВ обладает следующими неоспоримыми экономическими и экологическими преимуществами, основанными на комплексном решении стоящих перед предприятием и регионом проблем:

– надежная обеспеченность водными ресурсами, отсутствием дополнительных за-

трат на транспортировку чистой питьевой воды из Долгобродского водохранилища и Иткуль-Синарской системы озёр, возможность (при использовании водных ресурсов водоёма В-11) размещения на площадке до 4-х энергоблоков;

– рациональное использование уже загрязненной воды ТКВ и возможность ежегодно сберегать около 100 млн. м³ чистой воды;

– готовые пруды-охладители – отсутствие затрат на их строительство (землеотвод, выруб-ка и вывоз леса, сооружение ГТС и др.);

– отсутствие затрат на строительство и эксплуатацию градирен;

– решение проблем ТКВ в исторически обозримые сроки. Водоёмы В-10 и В-11 будут эксплуатироваться в качестве водоёмов оборотного энергетического водоснабжения (в режиме длительного хранения накопленной в них активности) в течение, как минимум, 70 лет (срок эксплуатации реакторов). За этот период времени в результате радиоактивного распада и надежной фиксации части активности в грунтах ложа водоёма произойдет очищение воды водоёмов до приемлемого с точки зрения санитарно-гигиенического нормирования уровня;

– эксплуатация порогов-регуляторов позволит исключить фильтрационное поступле-

Таблица 2

Основные источники водоснабжения (подпитки ТКВ) в маловодные годы

Источник	Объем воды, млн. м ³ /год
Ресурсы Иртышско-Каслинской системы озёр	27
Очищенные сточные воды г. Озёрска	16
Очищенные сточные воды (ОСК) промплощадки ПО "Маяк"	5
Подпитка из р. Мишеляк (ПБК)	8–10
Избыточные воды оз. Бердяниш	5
Снижение фильтрационных потерь воды из ТКВ за счет установки порогов-регуляторов	6–7
Всего	67–70

ние радионуклидов (⁹⁰Sr) в р. Теча и приступить к широкомасштабным работам по ее реабилитации;

– существенное снижение общих затрат на строительство за счет уже существующих объектов инфраструктуры, относящихся к "старой" площадке ЮАЭС (транспортные коммуникации, пуско-резервная котельная, пожарное депо, складские и административные помещения и др.);

– отсутствие необходимости землеотвода под площадку ЮАЭС, рациональное использование ранее загрязненной территории ВУРС.

ВЫВОДЫ

1. Состояние ТКВ и радиоэкологическая обстановка в районе его расположения удовлетворяют всем нормативно-правовым требованиям в области безопасности, включая технические и санитарно-гигиенические аспекты.

2. На настоящий момент практически по всем проблемным позициям ТКВ имеется принципиальная совокупность знаний, которая позволяет решать имеющиеся задачи и оценивать перспективные предложения.

3. Сформированы основные положения концепции долговременной безопасной эксплуатации и вывода из эксплуатации ТКВ – объекта использования атомной энергии.

4. ФЦП "ЯРБ" (2008–2015 гг.) успешно

решает первоочередные задачи обеспечения радиоэкологической безопасности ТКВ.

5. Рассмотрены экономические и экологические преимущества размещения ЮАЭС (или другого "энергетического источника") на ТКВ, основанные на комплексном решении стоящих перед предприятием и регионом проблем.

6. В случае отказа от строительства ЮАЭС ("энергетический источник"), радиоэкологические риски эксплуатации ТКВ существенно возрастут (неуправляемый рост уровня воды, увеличение поступления ⁹⁰Sr в открытую гидрографическую систему и др.). До сих пор не существует альтернативных технических и экономически обоснованных вариантов понижения уровня воды в водоёмах ТКВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Т. 1 / Под общ. ред. Е.В. Евстратова, А.М. Агапова, Н.П. Лаверова, Л.А. Большова, И.И. Линге. – 2010. – 373 с.
2. Садовников В.И., Глаголенко Ю.В., Дрожко Е.Г. и др. Современное состояние и пути решения проблем Теченского каскада водоёмов // Вопросы радиац. безопасности. – 2002. – № 1. – С. 3–14.
3. Мокров Ю.Г., Антонова Т.А., Антропова Е.В. Вероятностный прогноз изменения уровня воды в водоёме В-11 ТКВ при различных

режимах эксплуатации техногенных водопонижительных систем // Вопросы радиац. безопасности. – 2009. – № 1. – С. 23–34.

4. Пряхин Е.А., Тряпицына Г.А., Дерябина Л.В. и др. Сравнение экологического состояния Шершневского водохранилища и специального промышленного водоёма В-11 // Вопросы радиац. безопасности. – 2010. – № 1. – С. 17–28.

5. Дрожко Е.Г., Мокров Ю.Г. Теченский каскад водоёмов: проблемы и регулирования // Охрана природы Южного Урала. Специальный выпуск, посвященный 60-летию образования ФГУП "ПО "Маяк". – 2008. – С. 44–50.

6. Самсонова Л.М., Глинский М.Л., Дрожко Е.Г.,

Глаголенко Ю.В. ФГУП "ПО "Маяк" и ФГУГП "Гидроспецгеология" – годы сотрудничества // Охрана природы Южного Урала. Специальный выпуск, посвященный современной редаэкологической обстановке в Уральском регионе. – 2008. – С. 105–113.

7. Мокров Ю.Г. Анализ прогноза стока ^{90}Sr с водами р. Теча // Ядерная энергетика. Известия ВУЗов. – 2004. – № 4. – С. 43–49.

8. Проект строительства Южно-Уральской атомной станции. Первая очередь строительства. Раздел 1. Общая пояснительная записка и технико-экономическая часть. Т. 9. Радиационная безопасность АС. – ГИ ВНИПИЭТ, 1995.