

## О роли Теченского каскада водоемов в долгосрочном прогнозе радиоактивного загрязнения реки Течи

С.С. Уткин

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук, Москва, Россия

*В период 1949–1956 гг. река Теча подверглась интенсивному радиоактивному загрязнению, последствия которого до сих пор не преодолены. В настоящее время единственным источником поступления радионуклидов в реку, которым можно управлять, является Теченский каскад водоемов. В феврале 2016 г. генеральным директором Госкорпорации «Росатом» был утвержден «Стратегический мастер-план решения проблем Теченского каскада водоемов», положения которого позволили принципиально по-новому взглянуть и на проблему радиационной реабилитации р. Течи. Цель статьи заключается в приложении современной системы радиационной защиты к ситуациям существующего и потенциального облучения населения, проживающего в прибрежной зоне р. Теча, и анализе возможных событий, явлений и процессов, которые необходимо учитывать при выполнении долгосрочных прогнозов состояния радиационной безопасности населения. Несмотря на то, что в настоящее время радиационное состояние р. Течи относительно стабильно, развитие традиционного феноменологического ретроспективного анализа фактической прошлой и текущей радиационно-гигиенической и радиоэкологической ситуации в направлении системного, стратегического долгосрочного анализа угроз для р. Течи от возможных событий на Теченском каскаде водоемов представляется актуальным и в настоящей работе осуществлено впервые. В рамках стратегического мастер-плана был разработан расчетно-мониторинговый комплекс «ТКВ-Прогноз», одним из основных функционалов которого является выполнение многовариантных сценарных расчетов, конечными результатами которых является долгосрочный прогноз радиоактивного загрязнения р. Течи и ее поймы в зависимости от различных сочетаний природных условий и техногенных факторов. При условии реализации мероприятий стратегического мастер-плана первые устойчивые эффекты по снижению рисков потенциального облучения населения, проживающего в прибрежной зоне р. Течи, до социально приемлемых уровней проявятся в период после 2020 г.*

**Ключевые слова:** Теченский каскад водоемов, река Теча, радиоактивное загрязнение, долгосрочный прогноз, ситуация существующего облучения, потенциальное облучение.

### Введение

В период 1949–1956 гг. непосредственно в реку Течу было сброшено 76 млн м<sup>3</sup> сточных вод общей активностью 110×10<sup>15</sup> Бк, включая 12×10<sup>15</sup> Бк <sup>90</sup>Sr и 13×10<sup>15</sup> Бк <sup>137</sup>Cs, образывавшихся при эксплуатации радиохимического производства ФГУП «ПО «Маяк» [1]. В тот период времени других решений по обращению с такими объемами жидких радиоактивных отходов (ЖРО) не существовало. Радиационный мониторинг окружающей среды и радиометрический контроль населения был начат в 1950 г. По его результатам были введены запретные меры по использованию речной воды и организована эвакуация жителей ряда населенных пунктов. Стратегическим решением по дальнейшей защите местного населения стал перевод размещения ЖРО в бессточное болото Карачай (ныне водоем В-9) и Старое болото (В-17), а также сооружение Теченского каскада водоемов (далее – ТКВ). Площадь ТКВ составляет 50 км<sup>2</sup>, в настоящее время в нем

хранится более 360 млн м<sup>3</sup> низкоактивных ЖРО активностью 6,8×10<sup>15</sup> Бк (основные радионуклиды – <sup>90</sup>Sr в воде и <sup>137</sup>Cs в донных отложениях), т.е. активностью, сопоставимой со сброшенной активностью в р. Теча, приведенной к 2016 г. (6,2×10<sup>15</sup> Бк). Этот комплекс крупных гидротехнических сооружений позволил практически полностью прекратить сбросы в р. Течу.

Однако более чем 50-летний период эксплуатации ТКВ показал, что чрезвычайно сильная зависимость состояния этого объекта от ежегодного объема осадков создает угрозу неконтролируемого поступления активности в атмосферу или открытую гидрологическую сеть. Наглядными подтверждениями такой угрозы являются вынос 22×10<sup>12</sup> Бк весной 1967 г. с оголившихся участков дна водоема В-9 и подъем уровня воды в ТКВ вследствие многолетнего периода высокой водности с начала 1980-х гг.

Решению проблем безопасности эксплуатации ТКВ как единственного источника радиоактивного загрязне-

Уткин Сергей Сергеевич

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук.

Адрес для переписки: 115191, Россия, Москва, ул. Большая Тульская, д. 52. E-mail: uss@ibrae.ac.ru

ния реки Течи, которым можно управлять, в последние годы уделялось повышенное внимание.

В частности, в развитие Поручения Правительства Российской Федерации от 03.02.2004 г. № ХВ-П9-946, одобренного четырехстороннее «Решение о статусе и порядке эксплуатации, вывода из эксплуатации и консервации специальных промышленных водоемов, используемых ФГУП «ПО «Маяк», были введены санитарные правила СП 2.6.1.70-04 «Требования к обеспечению санитарно-эпидемиологической безопасности при эксплуатации специальных промышленных водоемов ПО «Маяк» (СП-ЭСРВ-ПОМ-04).

После принятия в 2011 г. Федерального закона № 190-ФЗ от 11.07.2011 г. «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изм. и доп.) и проведения первичной регистрации накопленных РАО ТКВ был отнесен к пунктам хранения особых РАО.

Наконец, 12 февраля 2016 г. генеральным директором Госкорпорации «Росатом» был утвержден «Стратегический мастер-план решения проблем Теченского каскада водоемов» (СМП ТКВ), в котором результаты многолетних междисциплинарных исследований больших коллективов ученых были доведены до уровня конкретных стратегий эксплуатации ТКВ и связанных с этим рисков. Это позволило принципиально по-новому взглянуть и на проблему радиационной реабилитации реки Течи.

**Цель** данной статьи заключается в приложении современной системы радиационной защиты к ситуации существующего облучения и потенциального облучения в рамках ситуации планируемого облучения населения, проживающего в прибрежной зоне р. Теча, и анализе возможных событий, явлений и процессов, которые необходимо учитывать при выполнении прогнозов долгосрочной радиационной безопасности населения.

В более широком и, по-видимому, более традиционном для журнала «Радиационная гигиена» контексте речь

идет о подходе к оценке радиационной безопасности человека, когда ситуация существующего облучения обременяется наличием значимых потенциальных угроз в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Этот более широкий взгляд на проблему защиты настоящего и будущих поколений еще должен быть уточнен. Основное же содержание настоящей статьи направлено на комплексное рассмотрение научно-технических аспектов реализации этого подхода.

Несмотря на то, что в настоящее время радиационное состояние р. Течи относительно стабильно [2], развитие традиционного феноменологического ретроспективного анализа фактической прошлой и текущей радиационно-гигиенической и радиоэкологической ситуации в направлении системного, стратегического долгосрочного анализа угроз для реки Течи от возможных событий на ТКВ представляется актуальным и в настоящей работе осуществлено впервые.

### Развитие радиационно-гигиенического подхода при разработке стратегического мастер-плана управления состоянием ТКВ и реки Течи

ТКВ состоит из четырех водоемов (В-3, В-4, В-10 и В-11), двух обводных каналов для перехвата поверхностного стока и комплекса гидротехнических сооружений, включая четыре земляные плотины (рис. 1).

На протяжении почти 60 лет основное внимание исследователей в отношении р. Течи концентрировалось на отдельных практических задачах. Сначала это были попытки прогноза оздоровления радиационной обстановки путем промывки технологических водоемов. Затем безуспешность этих решений была осознана на практике. После этого исследователи на несколько десятилетий сосредоточились на реконструкции картины радиоактивного загрязнения в первые годы с целью определения доз облучения проживавших там ранее жителей [4, 5]. Проблема возвращения р. Течи в хозяйственное использование как серьезная не рассматривалась. Лишь в начале XXI в. на-

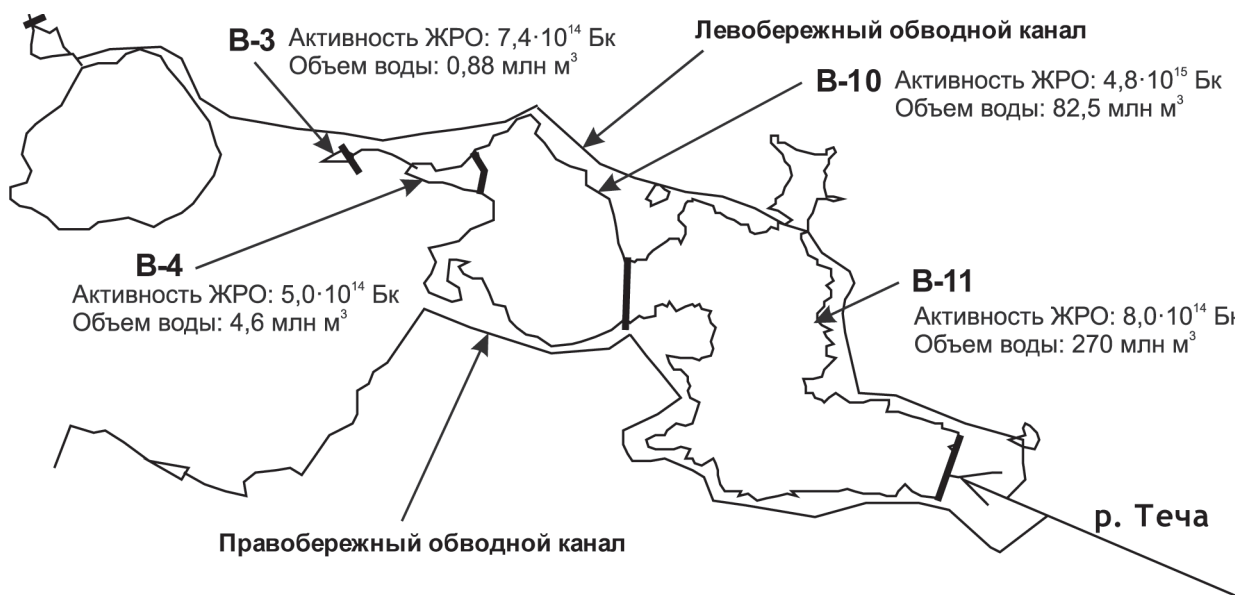


Рис. 1. Схема и некоторые характеристики ТКВ [3]  
[Picture 1. Scheme and certain characteristics of TCR [3]]

чались реабилитационные работы, да и то лишь на относительно небольших участках в районах проживания населения. К этому же периоду относятся масштабные инструментальные обследования [6, 7]. Базовые публикации по основным характеристикам загрязнения реки [8], источникам поступления радионуклидов из ТКВ и их интенсивности [1, 5], а также прогнозы по радиационному воздействию р. Течи на всю Обь-Иртышскую речную систему в целом [9] относятся, главным образом, также к периоду десятилетней давности. Примерно в этот же период состояние ТКВ стало критическим, что потребовало административных решений верхнего уровня вплоть до специальных поручений президента России (март 2003 г.). Неопределенности с состоянием безопасности ТКВ в этот период практически не давали поводов для оптимизма как в части поступления активности в р. Теча, так и в части рисков аварий. В этой ситуации были приняты в том числе и решения по отселению с. Муслюмово – единственного на тот момент населенного пункта, расположенного на наиболее загрязненном участке р. Течи.

С позиций современной международной системы радиационной защиты анализ облучения населения следует проводить для ситуации существующего облучения, вызванного событиями 1949–1956 гг., и ситуации планируемого облучения, связанной с нормальной эксплуатацией производств ФГУП «ПО «Маяк» и включающей нормальное и потенциальное облучение. Причем анализ потенциального облучения вследствие возможных природных и техногенных аварийных ситуаций на ТКВ в среднесрочной и долгосрочной перспективе является центральным в проблеме безопасности населения. Данная комбинированная трактовка для ситуации на р. Тече формально более сложная, чем для ситуации существующего облучения на территориях, загрязненных вследствие Чернобыльской аварии. Общим для этих ситуаций является то, что наиболее актуальной задачей является переход к нормальной жизнедеятельности населения. В публикации [10] в качестве радиологических критериев нормальной жизнедеятельности предложены средняя годовая доза облучения критической группы населения ( $СГЭД_{крит}$ ), не превышающая 1,0 мЗв, и возможность производить традиционную сельскохозяйственную продукцию, удовлетворяющую санитарным правилам и нормативам без применения специальных мер по снижению содержания в них  $^{137}\text{Cs}$  или других радионуклидов. Вероятно, для населенных пунктов, расположенных вблизи р. Течи, указанные критерии следует дополнить критерием непревышения значений уровня вмешательства (УВ) для питьевой воды по  $^{90}\text{Sr}$ . Но требование непревышения гигиенического норматива для рыбы, выловленной из р. Течи, является избыточным, так как этот фактор жизнедеятельности не относится к «традиционному» производству в промышленных масштабах. Отметим, что и для Чернобыльской ситуации допускается потребление дичи, а также дикорастущих грибов и ягод местным населением (что учитывается при расчете  $СГЭД_{крит}$ ), но заготовка дикорастущих, а также загрязненных растений для реализации в торговой сети выше нормативов запрещена.

Следует отметить, что сегодня ситуация с потенциальным облучением населения, проживающего на прибрежной территории р. Течи, принципиально изменилось. В первую очередь, это связано с выполнением комплекса мероприятий ФЦП ЯРБ [11], включавших сооружение по-

рогов-регуляторов на обводных каналах; создание противодиффузионных завес на отдельных участках боковых дамб; отвод от ТКВ воды за счет общесплавной канализации; модернизацию гидротехнических сооружений; разработку технологий и создание установок очистки жидких радиоактивных отходов; разработку СМП по обоснованию направлений окончательного решения проблем ТКВ.

В результате созданы условия для полного прекращения сбросов радиоактивных веществ в реку Течу. Это произойдет не сразу – требуется отработать ряд технологий, в том числе по эксплуатации порогов-регуляторов и прекращению размещения ЖРО в ТКВ. После их реализации ключевую роль в реабилитации реки будут играть ускоряющиеся процессы самоочищения. Это дает основание для двух тезисов:

– уместность разработки стратегии возвращения р. Течи в хозяйственное использование;

– необходимость сопряжения всех работ по р. Тече с оценкой состояния ТКВ, поскольку ключевые мероприятия по снижению поступления радионуклидов в р. Течу могут негативно отразиться на состоянии ТКВ в аспекте его переполнения.

Эти положения легли в основу постановки ряда задач в рамках разработки СМП ТКВ, в согласовании которых принимали участие специалисты Министерства экологии и Законодательного собрания Челябинской области.

#### **Научно-технический и нормативный инструментарий для определения сбросов радиоактивных веществ в реку Течу**

Вплоть до начала 2011 г. поступление  $^{90}\text{Sr}$  в р. Течу не нормировалось. На основе наработок [1, 5] по анализу источников водного и радиоактивного стока по ЛБК и ПБК, а также прогнозу стока  $^{90}\text{Sr}$  с водами р. Теча в 2010 г. были проведены комплексные оценки безопасности в широком диапазоне изменения значений уровней воды в ТКВ и расходов воды по обводным каналам, на основании которых, исходя из производных уровней от основных пределов доз (не более 10 УВ по  $^{90}\text{Sr}$  в воде р. Течи в створе села Муслюмово и одновременно не более 1 УВ в месте впадения Течи в Исеть), впервые был обоснован норматив на допустимый сброс ФГУП «ПО «Маяк»» радионуклидов в реку Течу –  $2,45 \cdot 10^{12}$  Бк/год с ежегодной корректировкой, направленной, в первую очередь, на учет водности. Достаточно быстрому согласованию соответствия между принятым ранее термином «фильтрационные поступления» и нормативно закрепленным понятием «сбросы» способствовала принципиальная позиция органов регулирования безопасности при использовании атомной энергии: «Если ТКВ – объект использования атомной энергии, то им необходимо уметь управлять».

Именно этот тезис привел к необходимости изучения и систематизации в рамках СМП ТКВ всех процессов, явлений и закономерностей, определяющих потенциальное воздействие накопленных в ТКВ радионуклидов на человека и объекты окружающей среды. Это, в свою очередь, позволило разработать сначала концептуальную модель объекта, содержащую описание всех элементов системы и механизмов их взаимодействия, а затем и взаимосвязанную систему математических моделей значимых характеристик и процессов, реализованную в виде расчетно-мониторингового комплекса «ТКВ-Прогноз», одним

из основных функционалов которого является выполнение многовариантных сценарных расчетов, конечными результатами которых является консервативная оценка объемной активности  $^{90}\text{Sr}$  в контрольном створе в нижнем бьефе плотины-11 и створе с. Муслимово в зависимости от различных сочетаний природных условий и техногенных факторов (рис. 2).

После 2011 г. при формировании сценариев для расчетов поступления  $^{90}\text{Sr}$  в р. Течу уже учитывался весь спектр текущих и потенциально возможных параметров эксплуатации ТКВ по следующим направлениям:

1. Управление уровнем воды В-11 путем увеличения расходной составляющей водного баланса (повышение объемов испарения или многолетний непрерывный отвод значимых объемов (до 10 млн  $\text{м}^3/\text{год}$ ) дебалансных вод за счет очистки воды водоема В-11) или сокращения приходной составляющей водного баланса за счет снижения объемов поступления в ТКВ чистой воды из обводных каналов путем оптимизации эксплуатации гидротехнических сооружений.

2. Выход на ускоренное самоочищение водной фазы водоемов ТКВ за счет прекращения размещения в них ЖРО или минимизации перетоков загрязненной воды между водоемами.

3. Снижение объемов сбросов радионуклидов из ТКВ за счет регулирования уровня воды в обводных каналах с использованием подпорных сооружений или создания противофильтрационных завес на боковых дамбах обводных каналов.

Это, в частности, означает необходимость варьирования при расчетах параметров, определяющих эксплуатацию ТКВ:

4. Ежегодный техногенный отвод воды: от 0 до 10 млн  $\text{м}^3/\text{год}$ .

5. Размещение ЖРО в ТКВ: суммарная активность снижается разными темпами от  $10^{14}$  Бк/год до нуля.

6. Уровень порогов-регуляторов и величина попусков по ЛБК варьируется в эксплуатационных пределах.

7. При задании водности моделируются различные долговременные тренды (постоянный рост или уменьшение водности; примерное равенство осадков и испарений; случайные значения водности).

8. Основное внимание было уделено рассмотрению экстремальных сочетаний, требующих применения методов управления, таких, например, как сочетание наступления сухого периода после периода повышенной водности и т.д.

### Обсуждение результатов

С использованием «ТКВ-Прогноз» были выполнены многовариантные расчеты сценариев эволюции ТКВ и радиоактивного загрязнения реки Течи.

Всего было выполнено более 60 детальных сценарных расчетов на 100 лет. Важные для понимания возможной эволюции радиационной обстановки р. Течи выводы заключаются в следующем:

1. Концентрация  $^{90}\text{Sr}$  на консольном водосбросе ЛБК за время расчета во всех сценариях снижается примерно в три раза, при этом максимальные значения достигаются в первые 10 лет. Без эксплуатации порогов-регуляторов в этот период наблюдается превышение значения УВ для  $^{90}\text{Sr}$  (объемная активность составляет от 5 до 12 Бк/л в зависимости от сценария), причем при продолжении размещения ЖРО в ТКВ до 2020 г. и в условиях высокого содержания в воде водоемов вне зависимости от мощности техногенного водопонижения трехкратное превышение УВ происходит в течение 30 лет. Это связано, в первую очередь, с низкими темпами очищения воды ТКВ, вытекающими из условий этих сценариев. При средних уровнях подпора концентрация за сто лет уменьшается от 6 до 1 Бк/л. При всех вариантах с максимальным подпором концентрация  $^{90}\text{Sr}$  равна нулю, однако именно для этих сценариев водоем В-11 всегда переполняется.

2. Концентрация  $^{90}\text{Sr}$  на консольном водосбросе ПБК практически во всех группах сценариев значительно превышает УВ, причем в течение всего времени расчета.

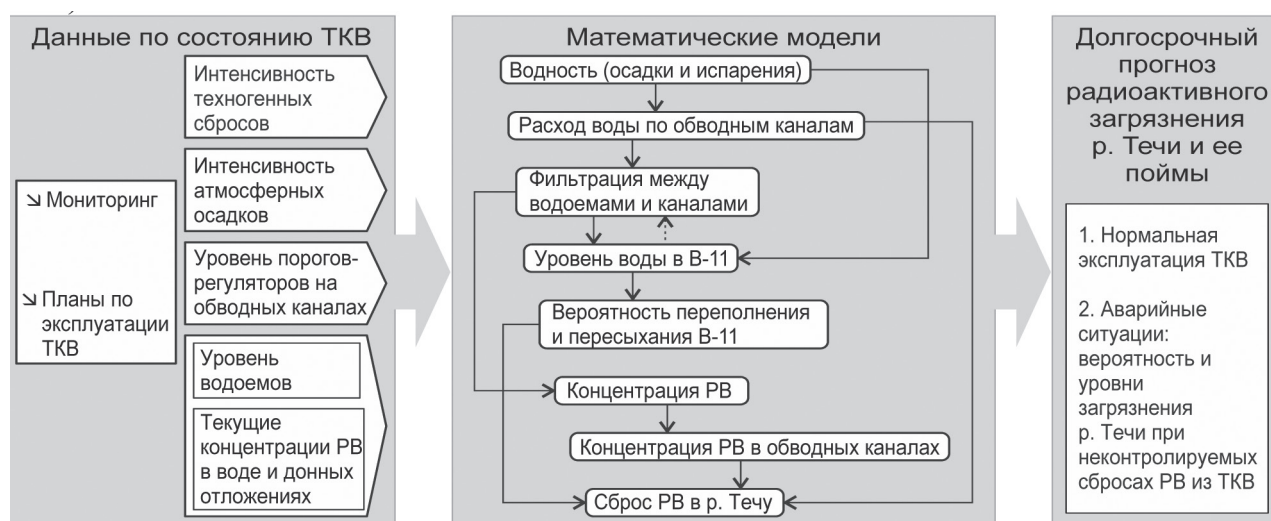


Рис. 2. Схема формирования исходных данных для прогноза радиоактивного загрязнения реки Течи [Picture 2. Scheme of formation input data for forecast of radioactive contamination of the Techa river]

Максимальные значения (до 60 Бк/л в первые годы) достигаются в тех же сценариях, что и для ЛБК: продолжение сброса до 2020 г. и высокое солесодержание в воде водоемов ТКВ.

3. Наконец, суммарный годовой сброс  $^{90}\text{Sr}$  в р. Теча во всех расчетных сценариях ни разу не превысил значение  $10^{12}$  Бк/год, что примерно в два раза ниже установленных нормативов. Наиболее высокие значения сброса реализуются в вариантах с полным отсутствием подпора, длительными сроками и медленным выведением  $^{90}\text{Sr}$  в донные отложения.

4. Объемами фильтрации  $^{90}\text{Sr}$  в р. Теча можно управлять инерционно (с откликом в несколько месяцев) – за счет эксплуатации порогов-регуляторов на высоких отметках, а также более оперативно, но и гораздо более ресурсоемко – за счет дополнительных пропусков воды по ЛБК. Это управление может существенным образом нивелировать достижения по снижению приходной составляющей водного баланса.

5. Прекращение размещения в ТКВ ЖРО, образующихся в результате деятельности основных производств, не приведет к значительному изменению радиационного состояния водоемов при продолжении размещения в ТКВ радиоактивно загрязненных дренажных и грунтовых вод (образуются в результате мероприятий по предотвращению подтопления ряда производственных зданий и сооружений), но обеспечит эксплуатацию В-11 на наиболее приемлемых отметках и ниже при условиях сохранения нормальной водности.

6. Вероятность возникновения потребности в предупредительном противоаварийном сбросе воды В-11 с превышением показателя норматива допустимого сброса, установленного для условий нормальной эксплуатации, крайне мала, но не должна вычеркиваться из рассмотрения. При его заблаговременном нормативном оформлении можно учитывать, что дополнительным пропуском по ЛБК возможно обеспечить разбавление воды до концентраций, при которых в створе с. Муслюмово не будет превышено 10 УВ, а в устье — 1 УВ через: 1) 15 лет после начала использования технологий водопонижения (отвод 7–10 млн м<sup>3</sup>/год); 2) 70 лет при отказе от этих технологий.

Последний вывод чрезвычайно важен относительно перспектив реабилитации реки Течи, а также эксплуатации ТКВ в целом.

### Заключение

Опыт решения отдельных актуальных задач по обоснованию безопасной эксплуатации ТКВ продемонстрировал необходимость прогнозирования эволюции всей системы в целом. Для достижения этой цели в рамках СМП ТКВ разработан РМК «ТКВ-Прогноз», позволяющий прогнозировать поступление радионуклидов в Течу в зависимости от различных инженерно-технических решений по повышению безопасности ТКВ и процессов, либо полностью являющихся стохастическими (водность года), либо имеющими их признаки (расход воды по обводным каналам, объемы размещения ЖРО).

Многовариантные расчеты ключевых характеристик, так или иначе характеризующих степень опасности ТКВ (уровень воды в водоеме В-11 и вероятность его переполнения, концентрация  $^{90}\text{Sr}$  в воде и донных отложениях

В-10 и В-11, концентрация  $^{90}\text{Sr}$  на консольных водосборах ЛБК и ПБК, сброс  $^{90}\text{Sr}$  в р. Теча) для различных сценариев изменения параметров, влияющих на эксплуатацию ТКВ (уровни порогов-регуляторов на ЛБК и ПБК, год полного прекращения размещения в ТКВ ЖРО, технологическое водопонижение, интенсивность выведения радионуклидов из водной фазы в донные отложения) показали, что для одновременной минимизации поступления радионуклидов в р. Течу и вероятности переполнения водоема В-11 должны быть четко синхронизованы следующие мероприятия:

- прекращение размещения ЖРО в ТКВ;
- гибкая (то есть с возможностью вариации уровня подпора) эксплуатация порогов-регуляторов на «средних» отметках;
- обеспечение быстрого снижения солесодержания в воде В-10 и В-11.

В целом, после отработки режимов эксплуатации порогов-регуляторов сброс  $^{90}\text{Sr}$  из ТКВ снизится до величины порядка  $10^{10}$  Бк/год, и единственным значимым источником поступления  $^{90}\text{Sr}$  в воду реки останутся Асановские болота (в зависимости от водности года —  $10^{11}$ – $10^{12}$  Бк/год). Через 10–15 лет они «промоются» до такой степени, что удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  в створе с. Муслюмово снизится до значения УВ.

Уже сейчас можно говорить о возможности поэтапного возвращения отдельных участков поймы в хозяйственное использование с ограничениями по времени пребывания населения.

Комплексные радиационные обследования для установления детального характера и продолжительности хозяйственной деятельности, которые возможны с соблюдением радиационно-гигиенических требований и нормативов на этих территориях, рекомендуются к проведению в период после 2020 г., когда проявятся первые устойчивые эффекты от реализации мероприятий СМП ТКВ (Стратегический мастер-план решения проблем Теченского каскада водоемов ФГУП «ПО «Маяк»).

### Литература

1. Мокров, Ю.Г. Реконструкция и прогноз радиоактивного загрязнения реки Теча. В 2 ч. / Ю.Г. Мокров. — Озёрск: Редакционно-издательский центр ВБР, 2002. — Ч. 1. Роль взвешенных частиц в процессе формирования радиоактивного загрязнения реки Теча в 1949–1951 гг. – 176 с.
2. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Челябинской области в 2014 году : государственный доклад. – Челябинск, 2015. – 295 с.
3. Особые радиоактивные отходы / под общ. ред. И.И. Линге. – М.: ООО «САМ полиграфист», 2015. – 240 с.
4. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Р.М. Алексахин [и др.] ; под общ. ред. Л.А. Ильина и В.А. Губанова. – М.: ИздАТ, 2001. — 752 с.
5. Мокров, Ю.Г. Реконструкция и прогноз радиоактивного загрязнения реки Теча. В 2 ч. / Ю.Г. Мокров. — Озёрск: Редакционно-издательский центр ВБР, 2003. — Ч. 2. Реконструкция радиационной обстановки и оценка дозы облучения населения прибрежных районов р. Теча за период 1949–1954 гг. – 144 с.
6. Говорун, А.П. Распределение запаса  $^{137}\text{Cs}$  в пойме р. Течи в районе с. Муслюмово / А.П. Говорун, А.В. Чесноков, С.Б. Щербак // Атомная энергия. – 1998. – Т. 84, вып. 6. – С. 545–551.
7. Говорун, А.П. Особенности распределения  $^{137}\text{Cs}$   $^{90}\text{Sr}$  в пойме р. Течи в районе пос. Бродокалмака / А.П. Говорун,

- А.В. Чесноков, С.Б. Щербак // Атомная энергия. – 1999. – Т. 86, вып. 1. – С. 63–68.
8. Атлас Восточно-Уральского и Карачаевского радиоактивных следов, включая прогноз до 2047 года / под ред. Ю.А. Израэля. — М.: ИГКЭ Росгидромета и РАН, Фонд «Инфосфера» — НИИ-Природа, 2013. — 140 с.
9. Крышев, А.И. Радиоэкологическая модель переноса  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в речной системе Исеть-Тобол-Иртыш / А.И. Крышев, А.В. Носов // Известия вузов. Ядерная Энергетика. – 2005. – № 3. – С. 16-25.
10. Романович, И.К. Обоснование концепции перехода населенных пунктов, отнесенных в результате аварии на Чернобыльской АЭС к зонам радиоактивного загрязнения, к условиям нормальной жизнедеятельности населения / И.К. Романович [и др.] // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 1. – С. 6–18.
11. Ликвидация ядерного наследия: 2008-2015 годы / под общ. ред. А.А. Абрамова, О.В. Крюкова, И.И. Линге. – М., 2015. – 182 с.

Поступила: 25.05.2016

---

**Уткин Сергей Сергеевич** – кандидат технических наук, заведующий отделением анализа долгосрочных рисков в сфере обеспечения ядерной и радиационной безопасности Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук. **Адрес для переписки:** 115191, Россия, Москва, ул. Большая Тульская, д. 52. Тел.: (495)955-23-77; e-mail: uss@ibrae.ac.ru

**Для цитирования:**

- **Уткин С.С. О роли Теченского каскада водоемов в долгосрочном прогнозе радиоактивного загрязнения реки Течи // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 3. – С. 36–42. DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-3-36-42**

---

**On the Techa's reservoirs cascade influence on the long-term forecast of the Techa river radioactive contamination**

**S.S. Utkin**

The Nuclear Safety Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Abstract**

*In 1949–1956 years, the Techa river was exposed to the intense radioactive contamination, which consequences are not overcome up to now. Currently, the Techa Cascade of Water Reservoirs is the only source of contamination of this river that could be managed. In February 2016 the Chief Executive Officer of the State Corporation “ROSATOM” approved the «Strategic master-plan on the solution of the problems of the Techa Reservoir Cascade» providing a novel look at an issue of remediation of the Techa river. The aim of the article is the implementation of the modern radiation protection system to the existing or potential exposure situations of public residing near the Techa river and an analysis of possible features, events, and processes considered in the long-term forecasts performed in the field of public radiation safety. Although the current radiation state of the Techa River is relatively stable, the task of refining the traditional phenomenological retrospective analysis covering the assessment of the past and current radiation exposure and environmental impacts is considered quite relevant. The Calculation-monitoring complex “TCR-Prognoz” was developed in the framework of the “Strategic Master Plan”. This complex enables to evaluate multivariate scenario calculations resulting in long-term forecasts of radioactive contamination levels in the Techa River and its floodplain, depending on various sets of environmental conditions and anthropogenic factors. Complex radiation surveys to define the detailed character and the time frames of economic activities permitted under the existing radiation safety requirements in the floodplain of the Techa river are recommended to be started after 2020. By this time, the first steady effects associated with the “Strategic Master Plan” implementation will become evident, including those resulting from the efforts aimed at simultaneous minimization of radionuclide discharges into the river under the normal operation of the Techa Cascade of water reservoirs and the potential of the emergency contamination due to its overflow.*

---

**Utkin Sergey S.**

The Nuclear Safety Institute of Russian Academy of Sciences.

**Address for correspondence:** Bolshaya Tulsкая St., 52, Moscow, 115191, Russia; E-mail: uss@ibrae.ac.ru)

**Key words:** *The Techa cascade of reservoirs, the Techa river, radioactive contamination, long-term forecast, existing exposure situation, potential exposure.*

## References

1. Mokrov Yu.G. Reconstruction and prognosis of the Techa river contamination. Part 1. Role of the suspended particles in contamination of the Techa river in 1949–1951, Ozyorsk, Printing and publications center VBR, 2002, 176 p. (in Russ.)
2. On the state of sanitary and epidemiological wellbeing of the population in the Chelyabinsk Oblast in 2014: State Report, Chelyabinsk, 2015, 295 p.
3. Special Radioactive Waste / edited by I.I. Linge, M., OOO «SAM poligraphist», 2015, 240 p. (in Russ.)
4. Aleksakhin R.M., Buldakov L.A., Gubanov V.A. et al. Large Radiation Accidents: Consequences and Protective Countermeasures / edited by L.A. Ilin, V.A. Gubanov, M., Izdat 2001, 752 p. (in Russ.)
5. Mokrov Yu.G. Reconstruction and prognosis of the Techa river contamination. Part 2. Reconstruction of the radiation situation and dose assessment for the public residing near the Techa river in 1949–1954, Ozyorsk, Printing and publications center VBR 2003, 144 p. (in Russ.)
6. Govorun A.P. Chesnokov A.V., Shcherbak S.B. 137Cs soil contamination of Techa river flood plain near village Muslyumovo. Atomnaya energiya – Nuclear energy, 1998, Vol. 84 (6) pp. 545–551. (in Russ.)
7. Govorun A.P. Chesnokov A.V., Shcherbak S.B. Particularities of 137Cs and 90Sr Cs soil contamination of Techa river flood plain near village Brodokalmak. Atomnaya energiya – Nuclear energy, 1999, Vol. 86 (1) pp. 63–68. (in Russ.)
8. Atlas of the East Ural and Karachay radioactive trace including forecast up to 2047 / Editor-in-chief Yu.A. Izrael, – Moscow.: IGCE Roshydromet and RAS, «Infosphere» Foundation – NIA-Priroda, 2013, 140 p. (in Russ.)
9. Kryshev A.I. Nosov A.V. Radioecological model of 90Sr and 137Cs transfer in the Iset-Tobol-Irtys river system – Izvestia Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Yadernaya Energetika, 2005, № 3, pp. 16–25. (in Russ.)
10. Romanovich I.K., Bruk G.Ya., Barkovsky A.N. [et al.] Substantiation of the concept of transfer to conditions of normal population activity of the settlements considered to be zones of radioactive contamination after the Chernobyl NPP accident. Radiation hygiene – Radiation Hygiene, 2016m Vol. 9, № 1, pp. 6–18. (in Russ.)
11. Elimination of the nuclear legacy: 2008–2015 / edited by A. A. Abramov, O. V. Kryukov, I. I. Linge, M., 2015, 182 p. (in Russ.)

Received: May 25, 2016

**Utkin Sergey S.** – Candidate of engineering sciences, Head, Department of Long-Term Risk Analysis In the Area of Nuclear and Radiation Safety, The Nuclear Safety Institute of Russian Academy of Sciences (Bolshaya Tulkaya St., 52, Moscow, 115191, Russia; e-mail: [uss@ibrae.ac.ru](mailto:uss@ibrae.ac.ru)) **For correspondence**

### For citation:

- **Utkin S.S. On the Techa's reservoirs cascade influence on the long-term forecast of the Techa river radioactive contamination. Radiatsionnaya gigiena – Radiation Hygiene, 2016, Vol.9, No 3, pp. 36–42. DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-3-36-42**