

УДК 621.039.7
© 2003

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫВОДА
ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОЕМОВ-ХРАНИЛИЩ ЖИДКИХ
СРЕДНЕАКТИВНЫХ ОТХОДОВ – ОЗЕРА КАРАЧАЙ
И ХРАНИЛИЩА СТАРОЕ БОЛОТО**

*Ю.В. Глаголенко, Е.Г. Дрожко, Ю.Г. Мокров, П.М. Стукалов,
И.А. Иванов, А.И. Алексахин
Россия, г. Озерск, ПО «Маяк»*

Приведены общие сведения о промышленных водоемах ПО «Маяк» Карачай и Старое Болото, в которых хранятся среднеактивные жидкие отходы. Рассмотрены основные направления текущих и планируемых работ по ликвидации водоемов и радиационной реабилитации загрязненных территорий.

Современная система обращения с радиоактивными отходами на ПО «Маяк» сложилась в 1950–1960-х гг. при выполнении предприятием Государственной оборонной программы в условиях противостояния двух сверхдержав, гонки вооружения и жесточайшей секретности. Существующая технологическая схема предполагает сброс и хранение жидких среднеактивных отходов (САО), образующихся в процессе работы предприятия, в локализованных от открытой гидрографической сети промышленных водоемах: В-9 (оз. Карачай) и В-17 (Старое Болото). Оба хранилища расположены в пределах охраняемой территории предприятия.

Решение о хранении жидких отходов в поверхностных водоемах диктовалось конкретным историческим временем – сжатыми сроками создания ядерного оружия, недостатком научных знаний о поведении радионуклидов в окружающей среде и отсутствием опыта обращения с жидкими радиоактивными отходами (ЖРО).

Существующая в настоящее время на предприятии схема обращения с ЖРО противоречит действующему природоохранному законодательству. С точки зрения современ-

ных требований радиационной безопасности, определяемых НРБ-99 и ОСПОРБ-99, единственным приемлемым решением судьбы водоемов-хранилищ САО является их полная ликвидация. Сложившаяся ситуация, при которой продолжающаяся эксплуатация водоемов противоречит требованиям Федеральных законов, обусловлена комплексом объективных и субъективных причин. Важнейшей причиной является отсутствие необходимых финансовых средств на техническое перевооружение: модернизацию устаревшего оборудования и создание новых установок по обращению с ЖРО.

Главный субъективный фактор создавшегося противоречия связан со значительным отставанием в разработке и внедрении подзаконных нормативных документов от Федеральных законов, норм и правил. Ряд Федеральных законов был принят без учета реального положения дел на действующих предприятиях, и по существу декларирует деятельность этих предприятий как незаконную. Разрешение сложившегося тупикового положения возможно путем создания и утверждения в установленном Законом порядке подзаконных нормативных до-

кументов, которые регламентируют деятельность предприятий-«нарушителей» в переходный период времени, то есть на время необходимое для приведения действующей технологии в соответствие с современными природоохранными требованиями. Ликвидация промышленных водоемов предусматривает создание правовой базы «переходного периода», в течение которого будет осуществляться постепенный вывод хранилищ ЖРО из эксплуатации.

Настоящая работа посвящена изложению проблем, связанных с эксплуатацией и ликвидацией водоемов В-9 и В-17. В основу концепции обеспечения радиационной безопасности вывода из эксплуатации промышленных водоемов положен принцип захоронения радиоактивных отходов на месте. Акватории закрываются пустотелыми бетонными блоками, скальным грунтом и грунтом, а на месте водоемов создаются могильники твердых радиоактивных отходов приповерхностного типа, обеспечивающие условие длительного (вечно-го) безопасного хранения отходов.

ВОДОЕМ КАРАЧАЙ

Эксплуатация озера Карачай была начата в 1951 г. как временная мера, направленная на сокращение сбросов ЖРО в открытую гидрографическую систему (р. Теча). Водоем-хранилище был образовано на месте периодически пересыхающего верхового болота. За весь период работы предприятия в водоем поступило около 550 млн Ки радиоактивных отходов. Основная часть активности была обусловлена относительно короткоживущими радионуклидами. В середине 1980-х гг. суммарная активность отходов, хранящихся в водоеме, была оценена в 120 млн Ки. В водоем продолжают поступать САО, главным образом отходы, образующиеся при переработке отработанного ядерного топлива на радиохимическом заводе ПО «Маяк», с суммарной активностью бета-излучающих радионуклидов 0,5–1 млн Ки/год.

Водоем В-9 является одним из наиболее значимых потенциальных источников радио-

активного загрязнения окружающей среды на Южном Урале. Основные пути поступления радионуклидов из водоема – ветровой унос аэрозолей с акватории, приводящий к загрязнению воздуха и поверхностного слоя почвы, и фильтрация загрязненной воды в подземный водоносный горизонт. Многочисленными исследованиями, выполненными на предприятии совместно с ведущими отраслевыми и академическими научными организациями (ИГЕМ, ГЕОХИ, ИГФ, ВИМС, ИПГ, ФЭИ, Гидроспецгеология и др.), показано, что в случае нормальной эксплуатации:

- не происходит и не произойдет в будущем существенной разгрузки загрязненной подземной воды в открытую гидрографическую сеть;
- воздействие на население и персонал при эксплуатации водоема в соответствии с регламентом значительно ниже установленных НРБ-99 дозовых пределов.

Однако в случае возникновения экстремальных метеорологических условий в районе (смерч, ураган и т.д.) радиационное воздействие на население прилегающих районов может возрасти многократно и превысит допустимые уровни. Такая ситуация уже имело место в истории эксплуатации водоема В-9. Весной 1967 г. в результате ветрового подъема пыли и ила с оголившейся береговой полосы оз. Карачай было вынесено ~600 Ки активности. В сентябре 1967 г., с целью предотвращения подобных радиационных аварий в будущем, было принято решение о ликвидации акватории водоема. В период с 1972 по 1980 гг. на предприятии был выполнен большой комплекс работ по закрытию мелководных участков водоема, и была разработана и апробирована технология закрытия глубоководной части акватории с применением специальных строительных конструкций (полые железобетонные блоки ПБ-1, бетонные плиты) и скального грунта. Разработанная технология с использованием специальной строительной техники обеспечивает возможность проведения работ в промышленных масштабах при соблюдении всех требований радиационной безопасности для персонала и населения.

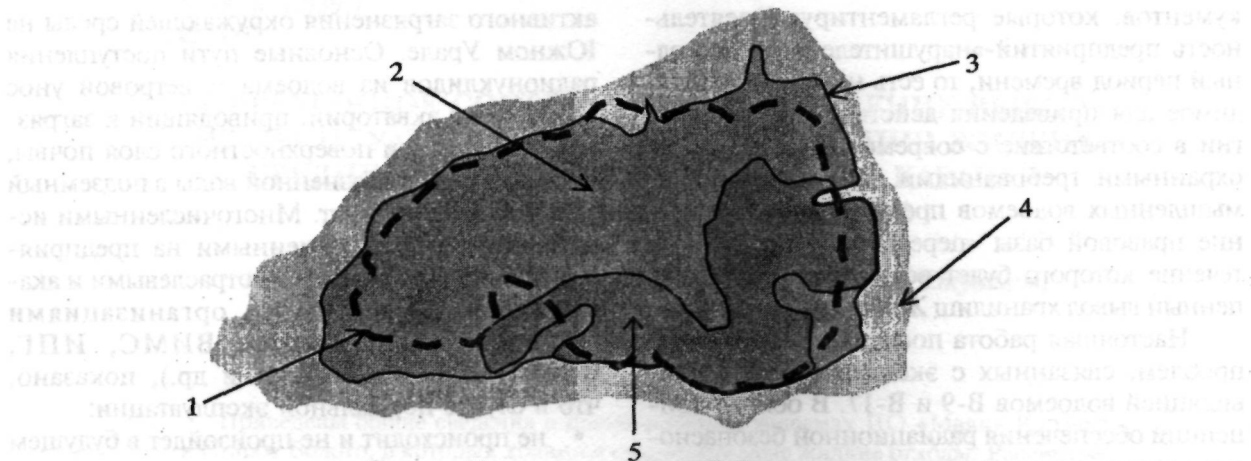


Рис. 1. Контуры водоема В-9 разных лет

- 1 – Контур оз. Карачай до начала эксплуатации (по состоянию на август 1951 г.): отметка уреза воды – 249,31 м; площадь – 265000 м²; объем – 230000 м³.
- 2 – Скально-блочный массив на месте бывшей акватории водоема (проектная пористость около 0,2) поверхность закрыта сверху суглинком для снижения атмосферного питания. Отметки поверхности 252,8–253,8 м.
- 3 – Контур водоема по состоянию на 1973 г. («отсчетный» контур начала плановых работ по ликвидации В-9). Отметки кромки берегового откоса 252,5–254,4 м; площадь – 34 га.
- 4 – Полоса побережья, отсыпанная суглинком (по состоянию на 1973 г.); современные отметки поверхности – 252,0–254,1 м.
- 5 – Современный контур водоема (по состоянию на 2001 г.): отметка уреза воды – 252,03 м; площадь акватории – 115000 м²; объем воды в акваторной части – ~400000 м³; объем воды в поровом пространстве скального массива – ~84000 м³.

Полученный опыт позволил к 1988 г. разработать и утвердить «Проект ликвидации акватории водоема». Ликвидация водоема включает в себя следующие этапы:

- создание технологической схемы обращения с жидкими радиоактивными отходами, обеспечивающей полное прекращение сбросов;
- закрытие акватории водоемов;
- радиационная реабилитация ранее загрязненной территории, включая поверхностный слой почвы и подземную линзу загрязненных вод.

К началу 1990-х гг. было закончено выполнение работ по I этапу «Проекта ликвидации». Была закрыта северо-западная часть водоема, а вся акватория разделена незамкнутыми дамбами, что позволило значительно сократить ветровой унос с зеркала и берего-

вой полосы водоема В-9. При этом было локализовано ~60% ПДО и около 70% накопленной в водоеме активности. Всего на акватории уложено более 10000 блоков ПБ-1 и более 2 млн м³ скального грунта. Работы по ликвидации акватории водоема В-9 временно прекращались в 1994–1995 гг. и полностью остановлены в 1999–2002 гг. из-за аномально высокой водности и роста уровня воды в водоеме.

По состоянию на конец 2002 г. площадь незакрытой части составляет ~11 га, т.е. площадь уменьшилась в 3 раза по сравнению с началом 1970-х гг. (см. рис.1). В оставшейся незакрытой части водоема в настоящее время депонировано около 50 млн Ки бета-излучающих радионуклидов и 1 млн альфа-излучающих радионуклидов.

В последние 17 лет наблюдается тенденция к росту уровня воды в водоеме (с 250,52 м

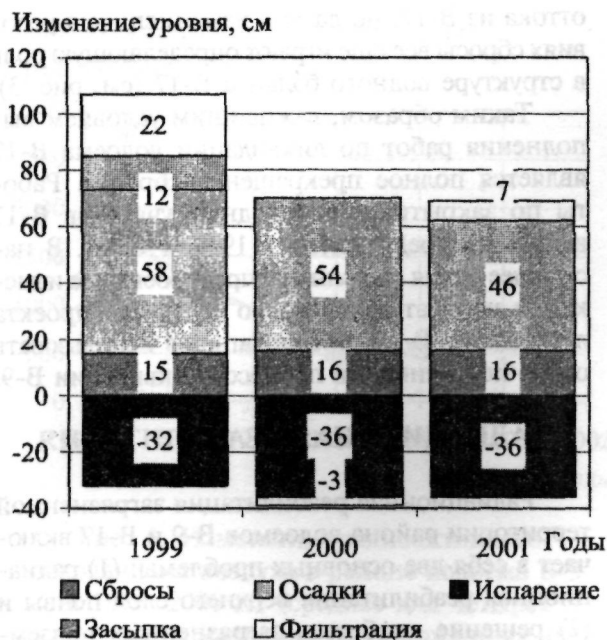


Рис. 2. Структура водного баланса водоема Карачай в 1999–2001 гг.: прирост уровня за 1999 г. – 75 см; за 2000 г. – 31 см; за 2001 г. – 33 см

в 1986 г. до 252,63 м в 2002 г.). Основная причина такого роста – изменение метеорологических условий в регионе в целом. Если в период 1950–1970 гг. было характерно превышение испарений над осадками на 100 мм, то для периода 1980–2000 гг. осадки в среднем на 100 мм превышают испарение. Рост осадков привел к изменению структуры водного баланса В-9. Водный баланс водоема включает в себя следующие составляющие:

- сбросы жидких отходов (и подпитка чистой водой в засушливые периоды);
- осадки;
- испарение;
- вытеснение объема воды при засыпке акватории;
- приток и отток грунтовых вод.

Структура водного баланса озера Карачай в последние годы показана на рис. 2. Основной вклад в баланс водоема вносят осадки и

испарения; существенную роль играет также баланс притока-оттока грунтовых вод, который может быть как положительным, так и отрицательным. Из анализа составляющих баланса видно, что одним только прекращением сбросов решить вопрос стабилизации уровня воды в В-9 не удастся – при существующей водности даже при отсутствии сбросов рост уровня воды в водоеме неизбежен. В этих условиях решать вопрос о продолжении засыпки необходимо одновременно с уменьшением приходной и увеличением расходных частей водного баланса за счет изменения соотношения притока и оттока грунтовых вод для В-9.

Для стабилизации и снижения уровня В-9 на предприятии разработана и реализуется программа мероприятий, включающая в себя:

- ввод в эксплуатацию нагорной канавы вокруг В-9 для обеспечения перехвата части подземного и грунтового потока чистых вод, питающих водоем (окончание работ планируется в 2003 г.);
- снижение уровня грунтовых вод в областях питания В-9 в результате проведения дренажных мероприятий (окончание работ планируется в 2003 г.);
- планировка местности в районе В-9 для уменьшения области подземного питания и гидроизоляция закрытой части водоема (работы ведутся постоянно).

Полное закрытие акватории В-9 может быть осуществлено в течение 5–10 лет при условии выполнения (1) стабилизации и снижения уровня воды в В-9 и (2) полного прекращения сброса ЖРО в В-9.

ВОДОЕМ СТАРОЕ БОЛОТО

Хранилище Старое Болото было образовано в результате перекрытия естественного лога плотинами в 1952 и 1954 гг. Водоем использовался для приема аварийных и различных нетехнологических жидких отходов. Во время ликвидации последствий аварии 1957 г. в водоем поступило около 9 млн Ки бета-излучающих радионуклидов, а за весь период было сброшено около 15 млн Ки. С начала 1970 гг. ак-

тивность сбросов была сокращена на несколько порядков и в настоящее время не превышает 1000 Ки/год (по сумме бета-излучающих радионуклидов). Последние 30 лет водоем эксплуатируется преимущественно в режиме самоочищения. Общая активность радионуклидов, хранящихся в водоеме, составляет около 1 млн Ки. Основная часть активности депонирована в донных отложениях и грунтах дна и обусловлена главным образом стронцием-90. Площадь водоема составляет около 13 га, объем воды — около 300 тыс. м³. В настоящее время в водоем поступают тритиевый конденсат, пульпы и некоторые низкоактивные отходы.

Формирование водного режима водоема В-17 кардинально отличается от В-9. Водоем Старое Болото расположен на склоне лога, и в естественных условиях вода на его месте никогда не застаивалась. Если сбросы в В-17 будут прекращены, произойдет полное пересыхание водоема в течение 5–10 лет. Изменение метеорологический условий также привело к существенному снижению фильтрационного

оттока из В-17, но даже в изменившихся условиях сбросы все еще играют определяющую роль в структуре водного баланса В-17 (см. рис. 3).

Таким образом, важнейшим условием выполнения работ по ликвидации водоема В-17 является полное прекращение сбросов. Работы по закрытию мелководных участков В-17 велись на предприятии в 1970–1980 гг. В настоящее время выполнены предпроектные изыскания и начаты работы по созданию проекта ликвидации В-17. Предполагается использовать опыт, полученный в процессе ликвидации В-9.

РАДИАЦИОННАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ

Радиационная реабилитация загрязненной территории района водоемов В-9 и В-17 включает в себя две основных проблемы: (1) радиационная реабилитация верхнего слоя почвы и (2) решение проблемы загрязненных подземных вод. На участке водоема Карачай в 1980–1990-х гг. выполнен большой объем работ по засыпке загрязненных территорий, прилегающих к водоему. В результате радиоактивное загрязнение поверхности снизилось на прилегающих участках в 100–1000 раз. Уменьшение площади акватории водоема привело к резкому снижению ветрового выноса радиоактивных веществ из В-9 и улучшению радиационной обстановки в целом — уровни загрязнения приземного слоя воздуха в непосредственной близости от водоема уменьшились почти в 10 раз (рис. 4). Максимальная зона текущего влияния водоемов на загрязнение поверхности включает в себя территорию, удаленную на 300–1000 м от береговой линии (под зоной влияния понимается территория, на которую поступают радиоактивные аэрозоли с ветровым переносом с активностью, в 10–50 раз превосходящей глобальный уровень).

В последние годы, когда работы по засыпке В-9 были временно приостановлены, все мощности участка засыпки ПО «Маяк» используются для работ по планированию рельефа и засыпке загрязненных участков. Однако полностью проблема радиационной реабилитации может быть решена только после полного закрытия акватории.



Рис. 3. Структура водного баланса водоема Старое Болото в 1999–2001 гг.: прирост уровня за 1999 г. — 36 см; за 2000 г. — 8 см; за 2001 г. — 15 см



Рис. 4. Изменение радиоактивного загрязнения воздуха в районе водоема В-9 в 1990–2000 гг. (среднее для четырех пунктов наблюдения расположенных на расстоянии 300–500 м от водоема)

Участки, прилегающие водоему Старое Болото, имеют существенно меньший уровень загрязнения по сравнению с территорией, прилегающей к водоему В-9. Наиболее загрязненные участки района В-17 были закрыты в 1970–1990-х гг. Радиационная реабилитация прилегающего района является составной частью проекта ликвидации В-17.

Вопрос о радиационной реабилитации загрязненных подземных вод включает в себя следующие аспекты:

- мониторинг радиоактивного загрязнения подземных вод;
- создание (использование) надежных естественных, а при необходимости и искусственных барьеров на пути поступления радионуклидов в открытую гидрографическую систему;
- разработка и использование программ прогноза миграции.

В течение всего периода эксплуатации на предприятии осуществлялся радиационный мониторинг водоемов Карачай и Старое Болото. В соответствии с программой контроля

определялись гидрологические параметры водоемов, радиоактивное загрязнение воды, донных отложений, почвы, воздуха и грунтовых вод в районе водоемов. Регулярно, приблизительно раз в 5–10 лет проводятся комплексные обследования водоемов. Последние обследования водоемов проводились в 2000 г. (В-17) и в 2002 г. (В-9). Для обеспечения научного обоснования проведения практических работ по засыпке акватории водоема, усилиями ведущих специалистов ПО «Маяк», ФЭИ и ГПП «Гидроспецгеология» разработана и постоянно совершенствуется миграционная гидродинамическая модель участка и созданный на ее основе программный комплекс «GEON». На основе моделирования решаются задачи эффективности реабилитационных мероприятий и локализации загрязненных подземных вод. Выполненные расчеты показывают, что существующие естественные барьеры на пути загрязненных подземных вод позволяют надежно изолировать радиоактивную линзу от бассейна рек Мишеляк и Теча.

Таким образом, в настоящее время существует реальная возможность завершить работы по ликвидации открытых хранилищ среднеактивных отходов ПО «Маяк» в сжатые сроки. Основными задачами ближайшего будущего являются:

- создание технологических схем и технологических участков, обеспечивающих прекращение сбросов ЖРО в В-9 и В-17;
- реализация мероприятий по стабилизации уровня воды в водоеме В-9 с целью сохранения темпов закрытия акватории В-9;
- завершение работ по консервации В-9;
- разработка проектной документации консервации водоема В-17;
- поддержка (и расширение) существующей системы мониторинга В-9 и В-17;
- научно-техническое сопровождение работ, включая проведение модельных расчетов.

Производственное объединение «Маяк» обладает необходимым научно-техническим потенциалом и производственной базой для решения проблемы водоемов В-9 и В-17 и готово это сделать в минимальные сроки.