

**ФГУП «ПО «МАЯК» И ФГУП «ГИДРОСПЕЦГЕОЛОГИЯ» -
ГОДЫ СОТРУДНИЧЕСТВА**

САМСОНОВА Л.М., ГЛИНСКИЙ М.Л., ДРОЖКО Е.Г.
ФГУП «ГИДРОСПЕЦГЕОЛОГИЯ», МОСКВА
ГЛАГОЛЕНКО Ю.В.
ФГУП «ПО «МАЯК», Г. ОЗЕРСК

Производственное объединение Маяк (ныне ФГУП «ПО «Маяк») является первым предприятием ядерного оружейного комплекса СССР. Оно было создано в конце сороковых годов на севере Челябинской области по решению Правительства и первоначально включало реакторное, радиохимическое и химико-металлургическое производства, оперировавшие жидкими технологическими средами.

ПО «Маяк» решало беспрецедентные по сложности и срокам научно-технические и производственные задачи наработки оружейного плутония. Проблема остаточных технологических растворов, составляющих жидкие радиоактивные отходы (ЖРАО), также решалась в условиях жёсткого цейтнота. В это время методы обращения с жидкими отходами различных производств ограничивались сбросом их в реку Теча и содержанием в прудах-накопителях.

К началу 1960-х годов на ПО «Маяк» имелось уже много проблем в области обращения с жидкими радиоактивными отходами (ЖРАО) (рис.1).

В результате сбросов жидких отходов радиохимического производства в реку Теча в период с 1949 по 1956 годы произошло загрязнение радионуклидами поймы реки и накопление значительной активности в болотах.

В 1951 году было создано поверхностное хранилище ЖРАО – водоём 9, для чего было использовано бессточное озеро Каранай. Примерно в это же время было образовано поверхностное хранилище ЖРАО – водоём 17, или Старое Болото. К 1956 году в верховьях реки Теча были созданы водоемы В-3, В-4, В-10, которые позволили локализовать большую часть депонированных в верховьях реки радиоактивных веществ. Создание водоёмов-хранилищ позволило существенно сократить, а со временем и полностью прекратить отведение жидких радиоактивных отходов в гидрографическую сеть.

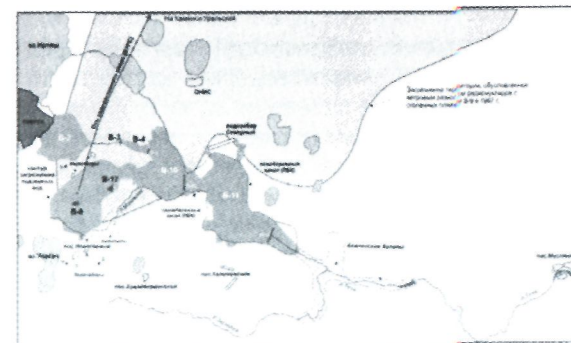


Рис.1. Техногенная нагрузка в районе расположения ФГУП «ПО «Маяк»

В 1957 году произошёл взрыв ёмкости с высокоактивными отходами, в результате которого образовался Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС), и значительная по площади территория оказалась загрязнённой радионуклидами.

К решению проблем обращения с жидкими радиоактивными отходами на ПО «Маяк» в 1961 году было привлечено специальное гидрогеологическое предприятие – Второе Гидрогеологическое Управление (2ГУ Мингео СССР), ныне ФГУПП «Гидроспецгеология».

По заданию Министерства среднего машиностроения первые исследования были начаты в 1961 г. для решения задачи возможного захоронения жидких РАО в глубинные геологические формации в непосредственной близости от ПО «Маяк».

Вначале поиски геологических структур для создания полигонов подземного захоронения проводились на площади Теча-Бродской синклинали, сложенной мраморированными и закарстованными известняками. В этот период был выполнен большой комплекс буровых, геофизических и опытно-фильтрационных работ, и установлено, что в осадочных породах при значительной мощности (более 1700 м) выделяются хорошо проницаемые и низкопроницаемые зоны. При этом по данным натурных наблюдений отмечалась высокая приёмистость интервалов нижней зоны.

Позднее, в 1984-93 гг. были проведены работы по детальной разведке и оценке пригодности для подземного захоронения жидких РАО двух ранее выделенных структурно-тектонических депрессий также в пределах Теча-Бродской структуры.

К сожалению, проведёнными детальными исследованиями было установлено, что в непосредственной близости от ПО «Маяк» изолированных геологических структур, пригодных для сооружения полигона подземного захоронения, рассчитанного на большие объёмы жидких РАО, нет.

В этот же период в пределах санитарно-защитной зоны ПО «Маяк» проводились поиски геологических структур для захоронения отходов методом гидроразрыва пласта, которые также сопровождалась большим объёмом буровых, геофизических и опытно-фильтрационных работ. Были опробованы два участка, которые рекомендовались для удаления цементной смеси отходов в полости разрыва. Однако эти рекомендации не были реализованы.

Жидкие отходы средней активности с 1951 года по настоящее время удаляют в поверхностные хранилища – водоём-9 (оз. Карачай) и водоём-17 (Старое Болото).

В 1967 г. ветровой разнос радионуклидов с оголённой части акватории водоёма-9 привёл к загрязнению поверхности земли на значительной площади. В этой связи на первый план вышли проблемы эксплуатации водоёма-9 и вопросы оценки его связи с подземными водами.

Для изучения связи водоёма-9 с подземными водами и оценки возможности загрязнения их техногенными растворами в 1969 году ФГУПП «Гидроспецгеология» на ПО «Маяк» организовала специальную полевую гидрогеологическую партию. В 1969-70 гг. на территории расположения водоёмов 9 и 17 в Междуречье рек Теча и Мишеляк была разбурена сеть

из 80 наблюдательных скважин, по которым проведено опробование подземных вод на содержание в них техногенных компонентов-загрязнителей, а по замерам уровней воды определена структура потоков подземных вод. В результате проведённых работ было выявлено и оконтурено в плане и на глубину загрязнение подземных вод. Распространение загрязнения прослеживалось по общей β -активности подземных вод и нитрат-иону, который является индикатором техногенного загрязнения в районе водоёмов 9 и 17. При обсуждении первых результатов исследований в 1971 году по предложению Министра среднего машиностроения Е.П. Славского во 2ГУ было создано специальное подразделение для проведения гидрогеологических исследований и непрерывного контроля за распространением загрязнённых вод в районе расположения водоёмов 9 и 17.

В 1971 году на ПО «Маяк» начались систематические стационарные наблюдения за подземными водами, которые продолжают по настоящее время. Работы проводятся специалистами ФГУПП «Гидроспецгеология» совместно с ПО «Маяк».

На первом этапе работ проведёнными исследованиями установлена хорошая связь водоёма-9 с подземными водами и доказана зависимость его уровня от уровня подземных вод, который в свою очередь определялся водностью года. Анализ изменения водности лет и уровня подземных вод, а также проведённые прогнозные расчёты показали, что в 1975-76 гг. может наступить маловодный период и повториться ситуация 1967 года, когда уровень в водоёме-9 начнёт катастрофически снижаться и произойдёт осушение его прибрежной части. В результате принятых заранее мер и проведённых технических мероприятий повторение инцидента 1967 г. было предотвращено.

Проведение многолетних наблюдений за изменением уровня подземных вод и их радиохимическим состоянием позволило изучить пространственно-временные закономерности миграции радионуклидов от водоёма-9 в подземных водах. Было показано, что техногенные растворы высокой плотности из водоёма-9 поступают в подземные воды и на глубине 40-100 м мигрируют к областям разгрузки в поверхностные водоёмы и водотоки в соответствии со структурой потока. От водоёма-9 сформировался ореол загрязнения подземных вод, который прослежен по распространению нитрат-иона, стронция-90, кобальта-60, рутения 106, трития, цезия-137, урана и других радионуклидов. Максимальное распространение загрязнения фиксируется по нитрат-иону в изолинии ПДК (45 мг/л). Площадь загрязнения подземных вод нитрат-ионом по состоянию на 2007 г. составляет 28 км² (рис.2).

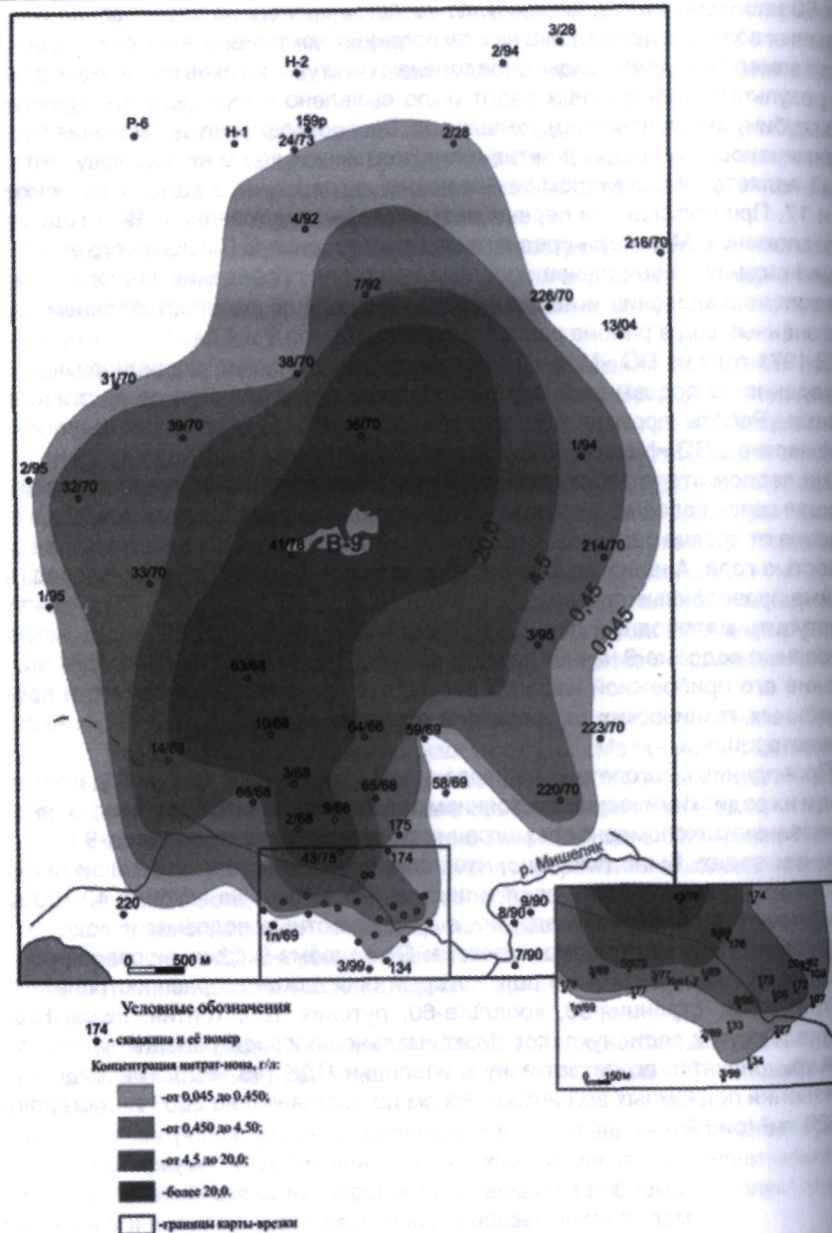


Рис.2. Схема распространения нитрат-иона в подземных водах на 2004 г. (в плоскости максимальных концентраций)

В натуральных условиях проведено изучение взаимодействия фильтрующихся из водоёма-9 растворов с водовмещающими породами. Показано, что радионуклиды задерживаются рыхлыми отложениями и трещиноватыми горными породами (сорбируются), и в результате формируется ореол загрязнения горных пород – «твёрдый ореол», который является вторичным источником загрязнения подземных вод.

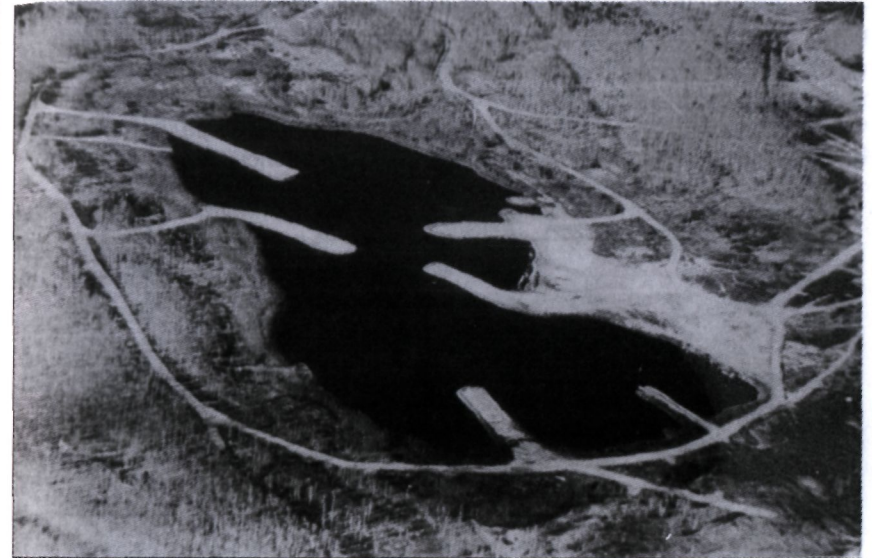


Рис. 4. Водоём 9 в период ликвидации (фото с самолёта, 1991 г.)

Материалы гидрогеологических исследований и результаты длительного мониторинга подземных вод послужили основой для создания базы данных по миграции радионуклидов, а также определения возможных путей распространения загрязнения в подземных водах.

Многолетние исследования, которые проводятся совместно специалистами ФГУПП «Гидроспецгеология» и ПО «Маяк», позволили обосновать многофакторную и многопараметрическую физическую модель миграции загрязнения в подземных водах от поверхностных хранилищ ЖРАО – водоёмов 9 и 17. Эта модель стала основой для математического описания процесса миграции химических компонентов и радионуклидов в подземных водах.

Для решения прогнозных задач с начала 1990-х годов для ПО «Маяк» разрабатывается комплект геомиграционных моделей, позволяющих выполнять прогнозные расчёты по распространению радионуклидов в подземных водах, как на короткие сроки, так и на отдалённую перспективу (рис.3). В геомиграционных математических моделях учитываются конвективный перенос вещества, его рассеяние (гидродисперсия), влияние разности плотностей техногенных растворов и подземных вод, радиоактивный распад и физико-химическое взаимодействие растворов с водовмещающими горными породами. Результаты прогнозных расчётов используются

как для принятия оперативных управляющих решений, так и для стратегических решений, направленных на снижение риска загрязнения окружающей среды. Полученные знания послужили основой при выборе и обосновании технических решений при разработке проектов ликвидации водоёмов 9 и 17. Ликвидация водоёмов успешно осуществляется в настоящее время (рис.4).

Исследования, направленные на оценку водного баланса Теченского каскада водоемов (ТКВ) и анализ его составляющих, начали проводиться ФГУПП «Гидроспецгеология» с начала 1980-х годов. Основа режимной сети наблюдательных скважин в пределах санитарно-защитной зоны ПО «Маяк», включая ТКВ, стала создаваться с 1982 года, когда на ПО «Маяк» была организована стационарная полевая гидрогеологическая партия.

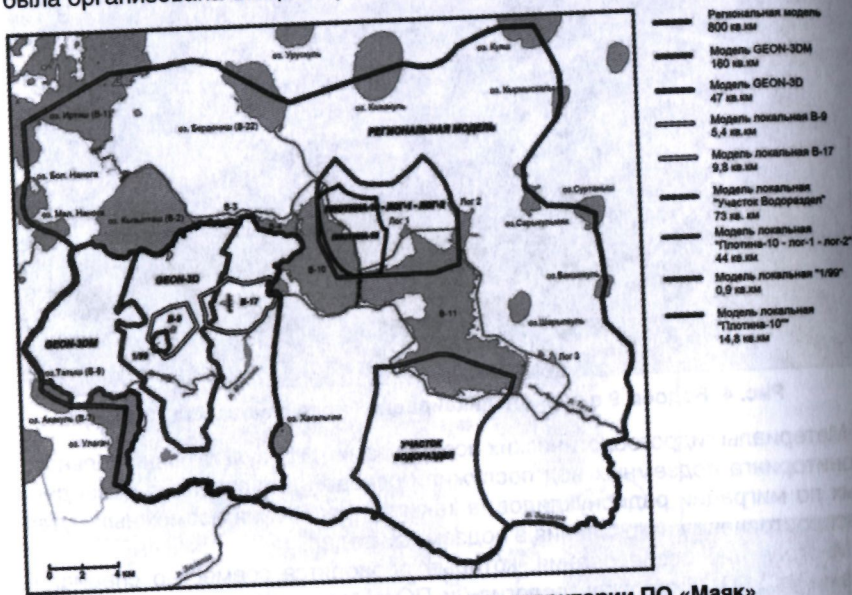


Рис.3. Области моделирования территории ПО «Маяк»

Каскад водоёмов (В-3, В-4, В-10, В-11) занимает площадь 67,4 км². В водоёмы отводятся низкоактивные отходы. С ростом уровня воды в замыкающем каскад водоёме-11 появились проблемы в обеспечении безопасной эксплуатации ТКВ: переполнение водоёма-11 и угроза перелива загрязнённых вод через плотину-11, проблема устойчивости плотины-11, поступление радиоактивных веществ в обводные каналы ЛБК, ПБК и далее в реку Теча, угроза поступления загрязнения в подземные воды Течабродской структуры.

Для уменьшения притока подземных вод в водоём были проведены работы по обоснованию возможности создания скважинного перехватного водозабора к северу от водоёма-11. Водозабор «Северный» был сооружён и введён в опытную эксплуатацию.

Созданная в 2004-05 г.г. региональная гидродинамическая модель территории ПО «Маяк», охватывающая всю санитарно-защитную зону предприятия, позволила впервые оценить водно-солевой баланс Теченского каскада водоёмов, что необходимо для принятия решений по безопасной эксплуатации ТКВ и составления плана реабилитации загрязнённых территорий (рис.3).

В последние годы, в 2000-06 гг., в рамках проблемы безопасной эксплуатации Теченского каскада водоёмов и плотины водоёма-11 специалистами ФГУПП «Гидроспецгеология» был выполнен большой комплекс специальных инженерно-геологических, гидрогеологических и наземных геофизических работ на ограждающих дамбах ТКВ и плотине-11. Полученные данные позволили выполнить расчёт устойчивости гидротехнических сооружений и обосновать комплекс дополнительных мероприятий для надёжной и безопасной эксплуатации плотины-11 на современном этапе.

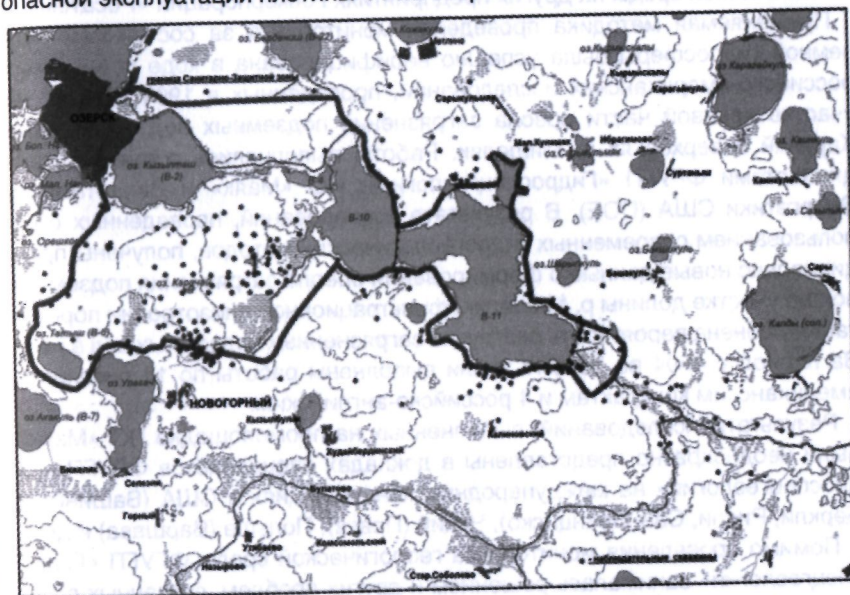


Рис.5. Режимная сеть наблюдательных скважин на ФГУП «ПО «Маяк»

В 1980-е годы на территории санитарно-защитной зоны ПО «Маяк» проводилась специальная комплексная геолого-экологическая съёмка масштаба 1:50000, по результатам которой был составлен первый комплект геозоологических карт. К этому времени был существенно расширен круг решаемых задач: при проведении исследований стали использовать метод телефотометрии, позволяющий оценивать степень трещиноватости пород по глубине и ориентацию трещин; для поинтервального отбора проб из скважин стал применяться вакуумный пробоотборник, что существенно повысило качество пробоотбора.

В процессе многолетнего проведения работ была создана режимная сеть скважин в пределах всей санитарно-защитной зоны ПО «Маяк» и за ее

пределами (рис.5). По результатам режимных наблюдений сеть скважин постоянно совершенствуется и расширяется, особенно на фронтальных участках ореолов загрязнения. На сегодняшний день наблюдательная сеть включает 406 скважин, из которых 26 – в районе Асановских болот. Наблюдения по 380 скважинам проводит подразделение ФГУПП «Гидроспецгеология», по 113 скважинам – ФГУП «ПО «Маяк».

Таким образом, на ПО «Маяк» с 1970 г. по настоящее время по существу проводится объектный мониторинг геологической среды, и ПО «Маяк», которое для СМИ является экологическим негативом, в данном случае может служить примером добросовестного отношения к геоэкологическим проблемам.

Методика организации и проведения объектного мониторинга на ПО «Маяк» может стать примером для организации объектного мониторинга геологической среды на других предприятиях Госкорпорации «Росатом».

Применяемая методика проведения мониторинга за состоянием подземной гидросферы была успешно верифицирована в ходе совместных российско-американских исследований, проведённых в 1994-1998 гг. на участке краевой части ореола загрязнения подземных вод от водоёма Карачай в верховьях р. Мишеляк. Работы выполнялись совместно специалистами ФГУПП «Гидроспецгеология», ПО «Маяк» и Департамента Энергетики США (DOE). В результате исследований, проведённых с использованием современных гидрогеологических методов, получены принципиально новые данные о формировании ореола загрязнения подземных вод на участке долины р. Мишеляк, фильтрационной анизотропии пород, а также оценена вероятность разгрузки загрязнённых подземных вод в реку. За период с 1994 по 1999 гг. были выполнены работы по 14 российско-американским контрактам и 4 российско-английским.

Результаты исследований, выполненных на промплощадке ПО «Маяк», были неоднократно представлены в докладах специалистов ФГУПП «Гидроспецгеология» на международных конференциях в США (Вашингтон, Беркли, Рисли, Сан-Франциско), Чехии (Прага), Польше (Варшава) и др.

Помимо проведения мониторинга геологической среды ФГУПП «Гидроспецгеология» занималась решением и других проблем, связанных с деятельностью ПО «Маяк»:

- в 1993 г. были выполнены работы по изучению геологического строения, гидрогеологических и гидрохимических условий в районе Асановских болот, что позволило оценить здесь уровень загрязнения подземных вод
- в 1995-97 гг. была успешно проведена работа по перераспределению нагрузки эксплуатационных скважин хозяйственно-питьевого водозабора пос. Новогорный, в результате чего была исключена возможность подтягивания эксплуатационными скважинами загрязнённых подземных вод от водоёма-9
- в 2001-04 гг. проведены исследования по оценке запасов подземных вод промышленных водозаборов №№ 18 и 19 и вод хозяйственно-питьевого качества для водозабора «Татыш», обеспечивающих нужды промышленной площадки ПО «Маяк».

В 2006 г. специалистами Предприятия совместно со специалистами ФГУП «ПО «Маяк» было выполнено обобщение всего накопленного к настоящему времени материала по проблеме эксплуатации водоёма-9. В результате написана и издана монография об истории эксплуатации водоёма и результатах исследований – «Водоём-9 – хранилище жидких радиоактивных отходов и воздействие его на окружающую среду».

В 2006 г. совместно с ФГУП «ПО «Маяк» и ИГЕМ РАН были завершены работы по созданию «Атласа карт геоэкологического содержания на территорию ФГУП «ПО «Маяк» масштаба 1:50000-1:100000», в которых также обобщён большой объём натурных исследований, выполненных на территории ПО «Маяк» с начала 60-х годов.