

Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде.

Доклады III Международной научно-практической конференции
(Семипалатинск, 7-9 октября 2004 г.). Семипалатинский государственный
педагогический институт. Семипалатинск 2004. Т.1. С. 72-77

Результаты исследования ртутного загрязнения Северной промышленной зоны г. Павлодара и предложения по ее демеркуризации

*Т.В.Тантон, С.М.Ульрих, Г.Ж.Даукеев, М.А.Илющенко, Е.В.Латишин, В.В.Веселов,
В.Ю.Паничкин, И.М.Камберов*

Проект

В 2002 г. было завершено исследование ртутного загрязнения Северной промышленной зоны г. Павлодара, финансируемое в рамках программы ИНКО-2 Европейского Союза. Проект включал в себя программу двухгодичных полевых и химико-аналитических работ, а также разработку математической модели распространения ртутного загрязнения с подземными водами в районе бывшего ПО "Химпром" г. Павлодар, выполнявшиеся Консорциумом казахстанских и зарубежных университетов, исследовательских институтов и компаний.

Казахстанскими партнерами по проекту ICA2-CT-2000-10029 "Развитие экономически эффективных методов снижения риска от загрязнения тяжелыми металлами в промышленных центрах на примере исследования ртутного загрязнения в Павлодаре" ("Toxicmanagement") были Кафедра методики научного природопользования Бритиш Газ Алматинского института энергетики и связи (АИЭС), Институт гидрогеологии и гидрофизики МОН РК (ИГГ), НИИ Новых химических технологий и материалов при Казахском государственном Национальном университете им. Аль-Фараби (КазГУ) и ТОО Институт естественных наук г. Алматы (ИЕН). Иностранцами партнерами являлись Отдел гражданского инжиниринга Саутгемптонского университета из Великобритании (СУ) - координатор проекта, Консалтинговая компания "ГеоДелф" из Нидерландов (ГеоДелф), СП "Еврохим" г. Киев (Еврохим) и Сибирский духовно-экологический университет г. Омск (СДЭУ).

Результаты исследования были заслушаны 15.04.03 на Президиуме НАН РК /1/. Президиум НАН РК обсудив заслушанные доклады, отметил высокий научный уровень проведенного исследования, являющегося в настоящее время уникальным на территории СНГ, его актуальность, использование новейших научных технологий и компьютерного моделирования, а также кооперацию с западноевропейскими учеными.

Новый проект МНТЦ К756-р, финансируемый Агентством по охране окружающей среды США (ЕРА США) с декабря 2002 г. и направленный на разработку микробиологической технологии очистки грунтовых вод от ртути, выполняется в настоящее время Институтом микробиологии и вирусологии МОН РК (ИМВ), АИЭС и Степногорской лабораторией мониторинга НЦБТ РК (СтЛМ).

Основное содержание работ по сбору и изучению архивных данных

В 2001 г. ИГГ, КазГУ и ИЕН провели сбор фондовых гидрогеологических данных для Северной промзоны г. Павлодара в архивах ТУ “Южказнедра” г. Алматы, Республиканского центра геологической информации “Казгеоинформ” г. Кокчетав, Павлодарского филиала "Павлодаргидрогеология" АООТ "Азимут" (ПГГ) и ОАО Павлодарский химический завод (ПХЗ). Были приобретены или скопированы гидрогеологические карты, составленные для различных периодов времени (32), гидрогеологические разрезы (90), данные для более 1000 гидрогеологических скважин, пробуренных с 1960 по 2000 гг. различными организациями (описания разрезов, конструкции скважин, результаты откачек, наблюдений за уровнем режимом подземных вод, химический состав подземных вод).

Собранные материалы были изучены и проанализированы ИГГ и на основе части из них в программе FoxPro 3.0, была создана база данных, а также с использованием программы MapInfo 5.0 спроектирована геоинформационная система ИГГ (ГИС ИГГ). При создании ГИС ИГГ гидрогеологические карты сканировались, а затем оцифровывались. При этом были сформированы слои, содержащие сведения о местоположении картировочных скважин, а также объектов, оказывающих существенное влияние на гидрогеологические условия: река Иртыш, озера, золоотвал ТЭЦ 2 и 3, дренажные каналы, накопители сточных вод, территория бывшего ПО “Химпром” и т.д.

Основное содержание экспедиционных работ

Были оценены масштабы ртутного загрязнения почвы и грунтов на территории бывшего ПО "Химпром" г. Павлодар и вокруг нее, подземных и поверхностных вод, донных отложений и различных биоматериалов, отобранных в Северной промзоне г. Павлодара. Район полевых исследований первоначально был ограничен с севера магистральным каналом в районе с. Мичурино, с востока – озером Муялды, с юга – золоотвалом ТЭЦ 2 и 3, однако в ходе работ он был локализован на площади 50 км², ограниченной с юга и востока 1-й промышленной площадкой бывшего ПО "Химпром", с севера – накопителем сточных вод-озером Балкылдак, с запада – поймой реки Иртыш.

СУ, КазГУ, АИЭС, ИЕН и ИГГ провели три совместных экспедиции: летнюю и осеннюю 2001 г., а также летнюю 2002 г.; в этот же период район полевых работ с собственными исследовательскими программами посетили представители ГеоДелф, СДЭУ, СтЛМ, ИМВ и ЕРА США. Помощь в первоначальном обследовании наблюдательных скважин в 2001 г. и машинное бурение 36 новых скважин в 2002 г. осуществил ПГГ. Большую помощь в проведении полевых работ оказал ПХЗ, также предоставивший помещение для размещения химико-аналитических лабораторий.

В своих исследованиях ртутного загрязнения почв Консорциум опирался на результаты полевых работ в северном пригороде Павлодара, проведенных КазГУ и ИЕН по Программе фундаментальных исследований Национальной Академии наук РК в 1993 г. и проекту ИНТАС-Казахстан 95-17 в 1997-1998 гг. Это позволило в основном

ограничить исследуемый участок 1-й промышленной площадкой бывшего ПО "Химпром" (отбор проб проводили ИЕН, СУ и КазГУ, их химический анализ – ИЕН) и территорией между промышленной площадкой и накопителем Балкылдак (отбор проб и их химический анализ проводили КазГУ и АИЭС).

В 2001 г. отбор проб почв проводили по регулярной сети с шагом 13, 20, 26, 125 и 500 м с трех уровней 0-10, 10-20 и 20-50 см, в 2002 г. были отобраны дополнительные образцы грунтов на территории 1-й промышленной площадки из шурфов и скважин глубиной до 4 м. КазГУ в 2001 г. также отобрал пробы почв и грунтов в с. Павлодарском с двух уровней 0-10 и 10-20 см, вокруг спецпрудов для ртутных отходов с трех уровней 0-10, 10-20 и 20-50 см и вокруг накопителя Балкылдак с уровня 5-15 см, а ИЕН в 2002 г. – на территории спецпрудов с трех уровней 0-10, 10-20 и 20-50 см. Точки отбора проб были координированы с помощью GPS. Всего было отобрано 2026 проб почв и грунтов.

Во время летних полевых работ на территории 1-й промышленной площадки в 2001 и 2002 гг. ИЕН с помощью полевого атомно-адсорбционного фотометра АГП-01 проводил ежедневные замеры содержания ртути в приземном слое атмосферного воздуха. Эти замеры проводились также в целях безопасности работающего персонала и являлись основанием применения защитных комбинезонов и противогазов.

Исследование подземных вод в Северной промзоне г. Павлодара проводили АИЭС и КазГУ с помощью существующей сети наблюдательных скважин (всего обследовано 304 скважины), а также дополнительно пробуренных 89 скважин: 36 – диаметром 108 мм и глубиной от 5 до 15 м, и 53 – диаметром 45 мм и глубиной от 1 до 3,6 м.

Летом 2001 г. на территории, превышающей площадью 200 км² вокруг цеха электролиза бывшего ПО "Химпром" (корпус 31), были обследованы все существующие наблюдательные скважины (в том числе неучтенные, заброшенные и потерянные), а также 30 эксплуатационных скважин в с. Павлодарское и на близлежащих промышленных предприятиях. С помощью GPS были определены их координаты, а также проведены замеры уровней воды, ее температуры, pH, редокспотенциала. С помощью погружных электронасосов скважины были прокачаны по специально разработанной методике, исключавшей загрязнение образцов, пробы воды были отобраны для определения содержания хлоридов и ртути общей. Осенью 2001 г. в направлении вероятного распространения ртутного загрязнения КазГУ ручными бурами пробурил 13 скважин диаметром 45 мм и глубиной до 3 м. Эти скважины, а также 9 скважин вблизи ртутных очагов под цехом электролиза и 6-й насосной станцией сточных вод были обследованы аналогично летней программе, кроме этого из них были отобраны пробы воды для определения содержания сульфатов и сульфидов. В дополнение к этому замеры уровней воды были повторены для большинства обнаруженных наблюдательных скважин. Всего в 2001 г. уровни воды были замерены в 189 скважинах, пробы воды для определения ртути общей были отобраны в 151 скважинах.

Летом 2002 г. в направлении вероятного распространения шлейфа зартученных подземных вод ПГГ пробурил 36 новых наблюдательных скважин диаметром 108 мм, достигавших уровня водоупорных глин павлодарской свиты. В направлении реки Иртыш и с. Павлодарское ИЕН ручными бурами пробурил 33 скважины диаметром 45 мм, достигавших статического уровня подземных вод. Все эти скважины были координированы с помощью GPS, кроме этого все они, а также 57 старых скважин (всего 126) были нивелированы с точностью до 1 см. Между спецпрудами для ртутных отходов и накопителем Балкылдак СтЛМ и КазГУ ручными бурами пробурили 7 скважин диаметром 45 мм и глубиной от 1 до 2 м для отбора проб грунтовых вод,

двигающихся от спецпрудов к Балкылдаку. Уровни воды в 2002 г. были замерены в 163 скважинах, пробы воды для определения ртути общей были отобраны в 83 скважинах.

В 2001 и 2002 гг. КазГУ и ИЕН отобрали пробы поверхностных вод из реки Иртыш и ее стариц, озера Муялды, золоотвала ТЭЦ 2 и 3, накопителя Балкылдак, спецпрудов для ртутных отходов, каналов, канав и карьеров, расположенных севернее территории бывшего ПО "Химпром". Пробы воды были также отобраны из люков канализаций и коллекторов насосных станций сточных вод. Всего было отобрано 63 пробы.

В 2001 г. АИЭС и КазГУ отобрали пробы донных отложений накопителя сточных вод-озера Балкылдак в его юго-западной части, вдоль хорды, соединяющей его крайние южную и северную точки, а также в его северо-восточной части. Пробы были отобраны из лодки с помощью специальных проботборников с глубины до 10 м. Всего было отобрано 34 пробы.

В 2001 г. КазГУ из накопителя Балкылдак были отловлены 55 образцов рыб: карася серебряного, линя, ельца сибирского, окуня речного, в 2002 г. из реки Иртыш и ее стариц – 30 образцов рыб: щуки, судака, окуня речного.

В 2002 г. КазГУ в с. Павлодарское отобрал 15 образцов молока коров, пастбищем для которых являлась территория между промплощадкой бывшего ПО "Химпром" и накопителем сточных вод-озером Балкылдак. В 2001 г. в районе 6-й насосной станции сточных вод и 300 м севернее от ее СУ и КазГУ отобрали образцы пастбищной травы, в 2002 г. в с. Павлодарском - образцы почки и печени 2-х летней коровы, в 2001 и 2002 гг. - образцы волос работников ПХЗ.

Пробы почв и грунтов были проанализированы на содержание ртути общей в лабораториях АИЭС, КазГУ и ИЕН в г. Павлодаре и г. Алмате, пробы воды на содержание ртути общей, хлоридов, сульфатов и сульфидов и молока на ртуть общую - в лабораториях КазГУ и ИЕН в г. Павлодаре, пробы илов, рыб и биоматериалов на ртуть общую - в лабораториях АИЭС и КазГУ в г. Алмате. Всего было отобрано и проанализировано на ртуть общую 2060 проб почв, грунтов, шламов и илов, 325 проб воды и молока, 95 образцов мяса рыб и других биоматериалов.

Результаты полевых исследований и лабораторных анализов, а также координаты точек отбора проб были собраны в Итоговые таблицы, служащие базой данных для проектирования ГИС АИЭС. ГИС АИЭС был спроектирован с использованием программы MapInfo 5.0 и ArcMap 8.1 на основе топографических карт и планов различного масштаба, которые вначале сканировались, а затем оцифровывались также как и при проектировании ГИС ИГГ. Проинтерполировав данные загрязнения почв ртутью с помощью модуля Spatial Analyst методом взвешенной усредненной оценки (IDW), АИЭС построил модели и карты распределения ртути в трех верхних слоях почвы. На основе этих моделей были рассчитаны объемы загрязненного ртутью грунта, отвечающие уровням загрязнения <2,1; 2,1-10; 10-100; 100-1000 и >1000 мг/кг, а также запасы ртути, депонированной в почве на загрязненных территориях.

Основные результаты экспедиционных работ

Исследование ртутного загрязнения почвы на территории бывшего ПО "Химпром" г. Павлодар и вокруг нее позволило выявить несколько крупных очагов загрязнения с превышением ПДК_п для ртути (2.1 мг/кг) в 500 и более раз: четыре из них находились на территории 1-й промышленной площадки и связаны с корпусом 31, участком регенерации растворов, емкостями для хранения ртутьсодержащих сточных вод и зданием установки очистки сточных вод от ртути; один - находился на берегу накопителя Балкылдак и связан со спецпрудами для хранения ртутных отходов.

Три очага на территории промплощадки были образованы разливом ртутьсодержащих растворов или жидкой металлической ртути, их интенсивность мало изменялась с глубиной отбора в слое до 0.5 м. Очаг около северо-восточного угла корпуса 31 имел поверхностный характер и либо был образован за счет рассыпания твердых ртутьсодержащих отходов, либо возник относительно недавно при демонтаже оборудования. Наиболее высокие концентрации ртути в грунте наблюдались на глубинах до 1.7 м как вблизи, так и под бетонным основанием зала электролиза корпуса 31 (десятки и сотни г/кг). Высокий фон (от 1 до 50 ПДК_п) ртутного загрязнения почв в слое 0-50 см на площади около 1 км² вокруг бывшего производства хлора и каустика связан с высокой подвижностью форм ртути, составляющих загрязнение.

Очаг ртутного загрязнения почвы в районе спецрудов был образован за счет ветрового переноса дисперсных твердых ртутьсодержащих отходов и имеет поверхностный характер.

Один из двух (западный) менее интенсивных очагов загрязнения верхнего слоя почвы между 1-й промплощадкой и спецрудами совпал с контуром распространения шлейфа зартученных подземных вод и, скорее всего, связан с их выходом на поверхность за счет испарения и капиллярных эффектов. Второй (восточный), вероятно, был образован утечкой ртутьсодержащих сточных вод из канализации и их скоплением в этом районе. Это предположение подтверждается неоднократным обнаружением высоких концентраций ртути в скважине 7Р (4250 нг/л в 2002 г.) в течение многих лет различными организациями.

Объем почв и грунтов в слое 0-50 см, загрязненных выше 10 мг/кг, а также запасы ртути в них составляют (без ртути, депонированной в пределах периметра корпуса 31), соответственно, 19263 м³ и 2931 кг для территории 1-й промышленной площадки бывшего ПО "Химпром", и 79542 м³ и 16022 кг для территории между накопителем Балкылдак и промышленной площадкой бывшего ПО "Химпром".

Уровень ртутного загрязнения атмосферного воздуха вблизи корпуса 31 в летнее время значительно превышал ПДК_{сс} (300 нг/м³), достигая 25 000 нг/м³ за счет испарения металлической ртути с поверхности почвы и строительных конструкций и превышая 100 000 нг/м³ при проведении демеркуризационных работ. Распространение загрязнения воздуха было ограничено радиусом в 200 м вокруг площадки производства хлора и каустика и представляет собой локальную угрозу.

Обследование существующих наблюдательных и эксплуатационных скважин в 2001 г. показало, что распространение подземных вод с содержанием ртути свыше ПДК_в (500 нг/л) ограничено территорией промплощадки, местами прохождения канализационных сетей и районом спецрудов. Неоднократное обследование скважины 24-91, расположенной в 2 км за запад от корпуса 31 и в воде которой первоначально была обнаружена концентрация ртути 1564 нг/л (3 ПДК_в), показало, что эта скважина была загрязнена ртутью во время предыдущих отборов проб. Ни в одной из проб воды, отобранных из эксплуатационных скважин в с. Павлодарское, не было обнаружено ртути свыше 7 нг/л (0,014 ПДК_в), что практически совпадало с пределом обнаружения ртути по используемой методике анализа.

Бурение в 2002 г. створа новых наблюдательных скважин, расположенного перпендикулярно к потоку подземных вод на расстоянии 1,2 км от корпуса 31, позволило обнаружить шлейф зартученных подземных вод, распространявшихся от основного очага ртутного загрязнения в северо-северо-западном направлении. Оконтуривание этого шлейфа показало, что его максимальная ширина составляет 350 м, а протяженность - более 2 км, при этом поток загрязненных вод движется над слоем водоупорных глин павлодарской свиты на глубине от 6 до 14 м в зависимости от рельефа местности и поверхности водоупора. Концентрации ртути в шлейфе

изменялись от 65 мкг/л (130 ПДК_в) около корпуса 31 до 50 мкг/л (100 ПДК_в) около 6-й насосной станции и далее через каждые 200-300 м до 45 (90 ПДК_в), 0,8 (1,6 ПДК_в), 1,1 (2,2 ПДК_в), 0,9 (1,8 ПДК_в), 0,4 мкг/л (0,8 ПДК_в). 10 новых наблюдательных скважин, пробуренных на западе вдоль шлейфа зарученных вод, показали, что распространение ртутного загрязнения в этом направлении не наблюдается.

Поверхностные воды в спецпрудах, скапливающиеся из-за атмосферных осадков, загрязнены ртутью до уровня 50 мг/л (100 000 ПДК_в), в карьерах и котлованах на юг от спецпрудов - от 3 до 30 мкг/л (6-60 ПДК_в), в канаве вдоль автодороги к западной дамбе накопителя Балкылдак - от 2 до 18 мкг/л (4-36 ПДК_в), в накопителе Балкылдак от 3,5 мкг/л (7 ПДК_в) около спецпрудов до 100-300 нг/л (0,2-0,6 ПДК_в) вдоль остального побережья. Содержание ртути в воде недостроенного аварийного сбросного канала, протянувшегося от накопителя Балкылдак к реке Иртыш, - не более 10 нг/л (0,02 ПДК_в), в старицах Иртыша около сс. Павлодарское и Шауке - не более 9 нг/л (0,018 ПДК_в), в реке Иртыш - ниже предела обнаружения используемой методики анализа 2 нг/л (0,004 ПДК_в).

Концентрация ртути в шламах спецпрудов для ртутных отходов имела величины порядка 10-10000 мг/кг (5-5000 ПДК_п), в донных отложениях накопителя сточных вод-озера Балкылдак - 1-500 мг/кг (0,5-250 ПДК_п). Грунтовые воды, движущиеся от спецпрудов к накопителю Балкылдак на глубине 1,5-2 м, были загрязнены ртутью до уровня 2-3 мг/л (4000-6000 ПДК_в).

Основным видом рыб, обитающим в накопителе Балкылдак, является карась серебряный. Хищных рыб в нем обнаружить не удалось. Концентрация ртути общей в мясе рыб, отловленных из накопителя Балкылдак, изменялась от 0,18 до 2,2 мг/кг и в большинстве случаев превышала ПДК_р для нехищных рыб (0,3 мг/кг). Концентрация ртути в мясе хищных рыб (в основном, в щуке), отловленных в реке Иртыш и ее старицах в районе сс. Павлодарское и Шауке, изменялась от 0,075 до 0,16 мг/л, что не превышало 0,3 ПДК_р для хищных рыб (0,6 мг/кг).

Пастбищная трава в районе 6-й насосной станции сточных вод содержала ртуть от 1 до 2 мг/кг, однако содержание ртути в молоке, почках и печени коров, пасущихся на территории между 1-й промплощадкой и накопителем Балкылдак, не превышало аналогичный показатель для этих продуктов из других незагрязненных районов. Два образца волос сотрудников ПХЗ содержали ртуть на том же уровне, что и волосы жителей г. Алматы.

Основные результаты анализа архивных и экспедиционных данных

В районе исследований, ограниченном рекой Иртыш, магистральным каналом, золоотвалом ТЭЦ 2 и 3 и озером Муялды получили распространение водоносный горизонт в современных аллювиальных отложениях поймы реки Иртыш (aQ_{IV}), водоносный горизонт в верхнечетвертичных отложениях первой надпойменной террасы (aQ_{III}) и водоносный комплекс в верхнемиоценовых нижне-среднеплиоценовых отложениях павлодарской свиты (N_{1-2рv}). Первым региональным водоупором являются глины калкаманской свиты неогена.

Водоносный горизонт в современных аллювиальных отложениях распространен в западной части района исследований узкой полосой вдоль русла реки Иртыш. Водовмещающие породы представлены крупнозернистыми песками с включениями гравия мощностью 4-8 м. Воды грунтовые, по качеству пресные, гидрокарбонатно-сульфатные. Глубина залегания изменяется от 0 до 5,5 м. Подземные воды имеют

хорошую гидравлическую связь с водами реки Иртыш. Дебиты скважин колеблются от 0.1 до 15 л/с при понижениях уровня на 1.4 – 3 м.

Водоносный горизонт в верхнечетвертичных аллювиальных отложениях первой надпойменной террасы распространен на большей части района исследований. Водовмещающими породами являются средне- и крупнозернистые пески, реже пески мелко- и тонкозернистые, глинистые. Воды грунтовые. Глубина залегания урвонной поверхности изменяется от 1.5-3 до 6.5-7 м. По качеству воды пресные и слабосолоноватые с минерализацией от 0.5 до 2.2 г/л, гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные. В районе накопителя Былкылдак, заболоченностей и 6-й насосной станции сточных вод вскрыты воды с минерализацией от 6.2-7.2 до 27.1-35.5 г/л хлоридно-натриевого состава. Дебиты скважин колеблются от 0.3-0.5 до 0.9-3 л/с при понижениях уровня на 0.8-2м. Коэффициент фильтрации по данным одиночных и кустовых откачек изменяется от 10 до 20-30 м/сут.

Водоносный комплекс верхнемиоценовых, ниже-среднеплиоценовых отложений павлодарской свиты (N₁₋₂рv) распространен на исследуемой площади практически повсеместно. На западе он перекрывается современными и верхнечетвертичными отложениями, а на востоке выходит на дневную поверхность. Подземные воды приурочены к линзам и прослоям не выдержанных по простирацию среднезернистых песков, общая мощность которых изменяется от 3-5 до 15-20 метров. Воды в основном слабо напорные, иногда грунтовые. Глубина залегания уровня в естественных условиях изменялась от 1 до 15 м. Максимальные глубины были зафиксированы в юго-восточной части. После устройства здесь золоотвала ТЭЦ 2 урвонная поверхность подземных вод стала подниматься, и в настоящее время глубина залегания грунтовых вод на этом участке колеблется от 0 до 2-3 м. Она также уменьшилась вблизи накопителей Былкылдак и Сарымсак. По качеству воды преимущественно пресные с минерализацией 0.5-0.8 г/л. В районе 1-й промышленной площадки вскрыты воды с минерализацией 2.5-7 г/л сульфатно-хлоридного, натриевого типа. Непосредственно вблизи корпуса 31 минерализация подземных вод достигает 60-70 г/л. Дебиты скважин колеблются от 0.05-0.8 до 1-2 л/с при понижениях уровня на 1.1–0.9 м. Коэффициенты фильтрации водовмещающих пород изменяются в основном от 1-3 до 5-8 м/сут. Водоносный комплекс повсеместно подстилается глинами калкаманской свиты, которые являются региональным водоупором.

Формирование подземных вод района в естественных условиях осуществлялось преимущественно за счет инфильтрации атмосферных осадков и притока по внешним границам. Подземные воды современных, верхнечетвертичных отложений и отложений павлодарской свиты имеют хорошую гидравлическую связь между собой. Поток подземных вод, образующийся в отложениях павлодарской свиты, частично разгружался в верхнечетвертичные отложения, а затем в пойму, которая дренировалась рекой Иртыш. Разгрузка подземных вод происходила также в озерные котловины, за счет испарения и в результате оттока по внешним границам.

В 1970 г. начался сброс сточных вод в озеро Былкылдак, в 1972 г. с пуском ТЭЦ 3 активизируется работа золоотвала ТЭЦ 2, который становится совместным для двух электростанций, с 1977 г. постепенно заполняется накопитель Сарымсак. В 1992 г. заполняется водой магистральный канал, являющийся северной границей района исследований и начинается подача воды из реки Иртыш на поля орошения. Накопители, золоотвал и оросительная система становятся интенсивными источниками питания подземных вод. В настоящее время техногенные факторы являются доминирующими и во многом определяют режим подземных вод на изучаемой территории. Мощный поток подземных вод, формирующийся в районе золоотвала ТЭЦ 2 и 3 в результате фильтрационных потерь, проходит через территорию бывшего ПО

"Химпром", загрязняется ртутью и переносит ее преимущественно в северо-северо-западном направлении.

Основное содержание работ по моделированию гидрогеологических условий

Работа ИГГ в 2001-2002 гг. по созданию модели включала в себя следующие основные этапы: (i) схематизацию природных условий, (ii) подготовку исходных данных, (iii) создание модели и ее калибровку, (iiii) решение прогнозных задач.

На первом этапе просматривались и анализировались все собранные сведения, оценивалась их полнота, достоверность и непротиворечивость. Выбиралась модель процесса. Намечались границы модели и осуществлялась их схематизация граничными условиями, выполнялась схематизация моделируемого объекта в разрезе (определялось количество слоев), определялись требования к сеточной аппроксимации моделируемой области в плане. Для анализа данных использовались созданные ГИС ИГГ и базы данных. Для создания модели была приобретена система моделирования GMS 3.1, она была инсталлирована в компьютерной сети ИГГ, ее документация переведена на русский язык.

Исходные данные для моделирования готовились в соответствии с результатами схематизации гидрогеологических условий и особенностями системы моделирования GMS 3.1. Для каждого слоя модели строились карты гидрогеологических параметров. Значения динамических параметров, описывающих процессы на границах модели (уровни воды в накопителях Балкылдак и Сарымсак), рассчитывались на каждый временной шаг. Подготовка исходных данных осуществлялась с использованием ГИС и базы данных.

Подготовленные исходные данные конвертировались в форматы, используемые системой моделирования GMS 3.1. Для доказательства адекватности созданной модели природным условиям осуществлялась ее калибровка. В процессе калибровки на модели воспроизводились условия, существовавшие на ненарушенный период (1970 г.), а затем на период с 1970 по июль 2001 гг. Путем подбора параметров добивались совпадения решений, полученных на модели, с фактическими данными, полученными в результате проведения полевых исследований в прошлые годы и летом 2001 г. После получения удовлетворительного совпадения считалось, что модель адекватно отражает гидрогеологические условия и может быть использована для прогнозирования их изменения. При создании и калибровке модели использовалась программа PEST, входящая в состав комплекса GMS 3.1, а также собственные разработки ИГГ.

Основные результаты моделирования

Были решены обратная стационарная и обратная нестационарная задачи. Стационарная задача решалась на период 1970 г. В процессе решения нестационарной задачи на модели воспроизводился период с 1970 до середины 2001 гг. Средняя погрешность решения обратной стационарной задачи порядка 0.01 м. Максимальная погрешность решения обратной нестационарной задачи в районе распространения шлейфа загрязнения подземных вод ртутью не превышает 0.5 м, что в данном случае являлось допустимым. В процессе решения обратной нестационарной задачи на модели было воспроизведено загрязнение подземных вод ртутью. Консультации с Еврохим позволили предположить, что основной источник загрязнения расположен под корпусом 31, а второй - находится в районе 6-й насосной станции сточных вод. Совпадение результатов решения с фактографическими данными, полученными при

проведении полевых исследований в 2001-2002 гг., оказалось удовлетворительным, поэтому модель была использована для решения прогнозных задач.

На модели были рассчитаны три варианта прогноза:

- первый вариант предусматривал сохранение двух источников загрязнения подземных вод ртутью (под корпусом 31 и в районе 6-й насосной станции), а также сохранение гидрогеологических условий по состоянию на 2001 г. Считалось, что концентрация ртути в источниках будет оставаться постоянной весь прогнозный период;

- по второму варианту прогноза источник под корпусом 31 был полностью изолирован с помощью "стены в грунте";

- по третьему варианту сохранялись два источника ртути (под корпусом 31 и в районе 6-й насосной станции), однако имитировалось прекращение подачи воды из реки Иртыш на станцию водоочистки, расположенную западнее 1-й промышленной площадки бывшего ПО "Химпром".

По результатам моделирования (первый вариант прогноза) установлено, что шлейф загрязненных ртутью подземных вод будет распространяться в северо-северо-западном направлении над слоем глин павлодарской свиты на глубинах от 5 до 15 м. Если направление движения подземных вод не изменится, это не будет представлять серьезной угрозы для жителей с. Павлодарское и реки Иртыш. Вместе с тем будет возможно поступление небольшого количества ртути в недостроенный аварийный сбросной канал, проходящий от накопителя Былкылдак в западном направлении. Второй вариант прогноза позволил сделать вывод, что сооружение "стены в грунте" вокруг источника ртути под корпусом 31 не решит полностью проблему улучшения качества подземных вод, так как остается еще один, хотя и менее интенсивный источник загрязнения в районе 6-й насосной станции. Третий вариант прогноза показал, что направление распространения шлейфа ртутного загрязнения подземных вод может измениться при изменении гидрогеологических условий. Прекращение подачи воды на станцию очистки сведет к нулю питание подземных вод на ее территории, что повлияет на конфигурацию поверхности подземных вод и направление их движения. В результате, шлейф загрязнения может сместиться к западу и может возникнуть угроза с. Павлодарское и реке Иртыш.

Выводы и рекомендации

Ртутное загрязнение подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения. В северном и северо-восточном пригородах Павлодара все скважины, используемые для питьевого водоснабжения, содержат ртуть значительно ниже допустимого уровня. Эта территория включает в себя с. Павлодарское. Водоснабжение, использующее подземные воды в этом районе, можно рассматривать как безопасное с точки зрения ртутного загрязнения.

Содержание ртути в воде и рыбе реки Иртыш и ее пойменных озерах. Не наблюдается никакого существенного ртутного загрязнения реки Иртыш и ее рыбы, концентрация ртути здесь значительно ниже предельно допустимых концентраций.

Уровни ртутного загрязнения в районе бывшего цеха электролиза. Необходимо в ближайшее время завершить работы, предусмотренные проектом демеркуризации СП "Еврохим" и связанные с изоляцией главного очага загрязнения от окружающей среды. Корпус 31 должен быть разобран, и его строительные конструкции помещены в могильник, также должно быть завершено строительство бентонитовой

противофильтрационной завесы по типу "стена в грунте", достигающей регионального водоупора. Если противофильтрационная завеса будет функционировать, как запланировано, и остановит дальнейшее горизонтальное распространение растворимых солей ртути с подземными водами, то нет необходимости извлекать и перерабатывать бетонное основание зала электролиза корпуса 31, а также грунт, расположенный под ним. Термическую переработку сильно загрязненных ртутью строительных материалов будет возможно отложить на будущее, когда поднимутся цены на ртуть и ее извлечение станет экономически оправданным. Однако в этом случае будет необходимо изолировать объем, ограниченный "стеной в грунте", так, чтобы он был герметичен для атмосферных осадков и паров ртути, что остановит загрязнение атмосферы. Это потребует в дополнение к работам, предусмотренным проектом демеркуризации СП "Еврохим", строительства специально сконструированного покрытия, которое также должно остановить капиллярный подъем.

Загрязненные ртутью почвы вокруг производства хлора и каустика. Загрязненная выше санитарных норм почва, находящаяся за периметром противофильтрационной завесы, должна быть извлечена и помещена в специально спроектированный и изолированный от действия подземной и атмосферной воды могильник.

Загрязнение ртутью атмосферного воздуха. При проведении демеркуризационных работ следует проводить пылеподавляющие мероприятия, использовать более эффективное временное покрытие загрязненной ртутью почвы и бетонного основания зала электролиза корпуса 31, а также прекратить использование существующей установки термической переработки ртутьсодержащих строительных материалов.

Распространение шлейфа загрязненных ртутью подземных вод. Без значительного дополнительного вмешательства, неблагоприятно изменяющего гидрогеологические условия в Северной промышленной зоне г. Павлодара, шлейф загрязненных ртутью подземных вод не представляет угрозы реке Иртыш и с. Павлодарское. Если первичный источник ртутного загрязнения, находящийся под корпусом 31, будет изолирован, то даже при неблагоприятных изменениях гидрогеологических условий ртуть не сможет достичь реки Иртыш и с. Павлодарское. Выполненная в дополнение к работам, предусмотренным проектом демеркуризации СП "Еврохим", изоляция с помощью противофильтрационной завесы по типу "стены в грунте" вторичного источника загрязнения - 6-й насосной станции остановит дальнейшее локальное загрязнение ртутью подземных вод.

Спецпруды для ртутных отходов. Необходимо в дополнение к работам, предусмотренным проектом демеркуризации СП "Еврохим", изолировать спецпруды для ртутных отходов с помощью бентонитовой противофильтрационной завесы по типу "стены в грунте", доходящей до регионального водоупора, и специально сконструированного верхнего покрытия, непроницаемого для ртутных паров и атмосферной воды.

Накопитель сточных вод Балкылдак. РЫБА СОДЕРЖИТ ТОКСИЧНЫЕ УРОВНИ РТУТИ. ОТЛОВ РЫБЫ ИЗ НАКОПИТЕЛЯ СТОЧНЫХ ВОД ДОЛЖЕН БЫТЬ НЕМЕДЛЕННО ЗАПРЕЩЕН И ПРЕДПРИНЯТЫ АКТИВНЫЕ ШАГИ ДЛЯ ПРИВЕДЕНИЯ ЭТОГО ЗАПРЕТА В ДЕЙСТВИЕ. Необходимо дальнейшее

исследование состояния накопителя для того, чтобы принять по отношению к нему долгосрочное решение.

Литература

1. Т.В.Тантон, В.В.Веселов, М.А.Илющенко, В.Ю.Паничкин. Оценка уровня риска, вызванного ртутным загрязнением северной промышленной зоны города Павлодара. Доклады Национальной Академии наук Республики Казахстан. №4, 2003, С.78-81.