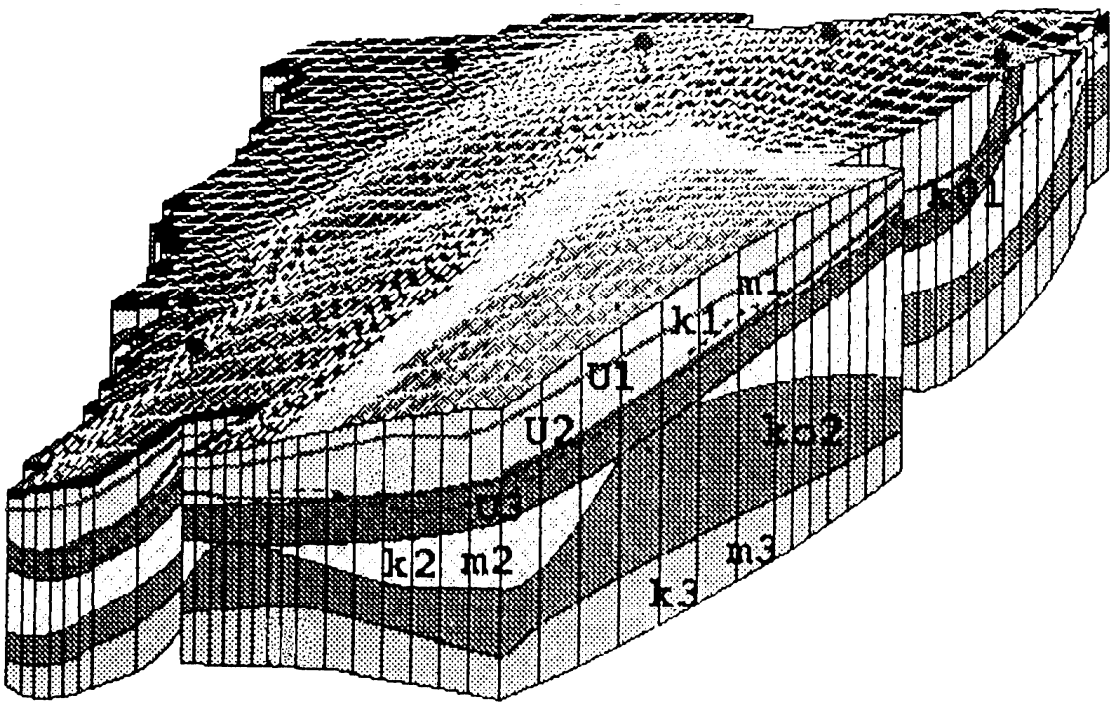
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УФИМСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ
МИНИСТЕРСТВО ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ПРИКЛАДНОЙ ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Зайнуллин Х. Н., Абдрахманов Р. Ф., Савичев Н. А.

УТИЛИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ



Уфа – 1997

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УФИМСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ
МИНИСТЕРСТВО ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ПРИКЛАДНОЙ ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Зайнуллин Х. Н., Абдрахманов Р. Ф., Савичев Н. А.

УТИЛИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

(на примере Уфимской городской свалки)

Уфа–1997

УДК 556.3: 628.477 (470.5)
Зайнуллин Х. Н., Абдрахманов Р. Ф., Савичев Н. А. Утилизация промышленных и бытовых отходов (на примере Уфимской городской свалки)/ УНЦ РАН, Уфа, 1997. 235 с.

ISBN 5-201-13840-3

В монографии дан анализ сложившейся в Республике Башкортостан и г. Уфе системы сбора, утилизации отходов производства и потребления, проведена оценка воздействия городской свалки на окружающую природную среду. Разработана система защитных мероприятий подземных вод от загрязнения с применением методов математического моделирования.

На основе анализа отечественного и зарубежного опыта предложена концепция сбора и переработки отходов, направленная на минимизацию объемов твердых бытовых отходов и максимальную утилизацию вторичных ресурсов.

Для специалистов в области охраны окружающей среды, водного хозяйства, промышленной экологии и гидрогеоэкологии. Может использоваться в качестве учебного пособия для студентов соответствующих специальностей.

Табл. 45, Ил. 57, Библиогр. 118 назв.

Zainullin Kh. N., Abdrakhmanov R.F., Savichev N.A. Utilization of industrial and domestic waste (the municipal landfill site in Ufa taken as an example) / Ufa Sci. Ctr., Rus.Acad.Sci. Ufa, 1997. 235 p.

The book present the analysis of the system for collection and utilization of industrial and domestic solid waste in Ufa, the Republic of Bashkortostan, and the assessment of the landfill site environmental impact. A system of protection measures against ground water pollution by landfill site sewage has been created with the use of mathematical modelling methods.

A concept of waste collection and utilization aimed at solid waste volumes minimization and maximal recycling has been proposed on the basis of domestic and foreign experience.

ISBN 5-201-13840-3 © УНЦ РАН, 1997 г.

ВВЕДЕНИЕ

Объем производимой развитыми странами промышленной продукции удваивается каждые 15 лет и соответственно увеличивается количество отходов производства и потребления, загрязняющих окружающую природную среду.

В конце XIX века футурологи предвещали, что через 50-60 лет города будут погребены под слоем угольной золы, население вымрет от массовых эпидемий, вызванных нечистотами. В этом веке такие же прогнозы давались и по твердым бытовым отходам. Эти прогнозы пока не оправдались. Несмотря на увеличение объема промышленной продукции и плотности населения в развитых странах происходит не накопление отходов, а постепенное уменьшение образующихся отходов. Например, по данным Федерального Статистического ведомства Германии общий объем отходов в 1993 году снизился по сравнению с 1990 годом на 10 % с 374 до 337,7 млн. тонн. Такая тенденция сохраняется и в настоящее время [95].

Проводимые за последние годы реформы в России, несмотря на заметный спад производства, не привели к сокращению объемов образования отходов. Аналогичная картина наблюдается и в Республике Башкортостан. Положение с утилизацией, обезвреживанием, захоронением и складированием отходов производства и потребления усугубляется тем, что начальный этап перехода к рыночной экономике не привел к какому-либо росту переработки и утилизации промышленных и бытовых отходов из-за стремления предприятий к минимизации издержек на их переработку. Так, в 1996 году в Республике переработано всего лишь 6,7 % образующихся токсичных и нетоксичных отходов.

За последние 5 лет в России резко снизилось использование многих видов отходов в качестве вторичного сырья и они вывозились на свалки твердых бытовых отходов (ТБО). В то же время изменилась структура отходов, в частности увеличилось количество пластмассы, макулатуры, стекла за счет широкого применения упаковочных материалов.

Необходимость проведения экстренных природоохранных мероприятий в городах России очевидна. Многие из них находятся на грани экологического кризиса и в этом ряду Уфа занимает одно из первых мест. Начиная с некоторого момента, зависящего от объемов продукции, мощностей и плотности распределения городских производств, нерегламентированная эмиссия токсичных поллютантов принципиально не может быть ликвидирована при положительном балансе затрат. Например, в Москве по некоторым оценкам объемы отходов города сравнимы с объемами

отходов таких индустриальных стран, как Дания, Голландия и др., так что рубеж этот давно перейден [54, 89]. При этом лишь около 50 % промышленных отходов, включая токсичные, перерабатываются, а остальные вывозятся на свалки, часто несанкционированные, захороняются на территории предприятий, в карьерах или просто сливаются в канализацию.

Таким же мегаполисом является г. Уфа с населением 1100 тыс. человек, в котором ежегодно образуется около 1,8 млн. тонн отходов, в том числе около 400 тыс. тонн токсичных, сбрасывается в водоемы около 150 млн. $м^3$ хозяйственно-бытовых и около 200 млн. $м^3$ производственных сточных вод, выбрасывается в атмосферу с отходящими газами 330 тыс. тонн загрязнений. В настоящее время на предприятиях города и на городской свалке накопилось около 4 млн. тонн отходов. Самыми многотоннажными являются нефтешламы 460 тыс. тонн, известковые шламы 700 тыс. тонн, осадки биологических очистных сооружений около 400 тыс. тонн и около 7 млн. $м^3$ ТБО.

Положение осложняется отсутствием в Уфе организованной системы сбора, обезвреживания, переработки и захоронения отходов, особенно токсичных, что приводит, как правило, к сериям больших и малых экологических катастроф, часто неучтенных в статистических сводках. Резервы же свободных площадей для простого захоронения исчерпаны в связи с интенсивной застройкой окраин, а прогрессирующий рост объемов образования загрязнений все больше опережает слабо компенсирующие мероприятия по санитарно-техническому благоустройству города.

Особое место в загрязнении окружающей природной среды занимают твердые бытовые отходы. В настоящее время ежегодно в России образуется около 140 млн. тонн твердых бытовых отходов, из них только 5-6 млн. тонн обезвреживаются или перерабатываются [20]. В Республике Башкортостан ежегодно образуется около 1 млн. тонн ТБО. Из-за отсутствия установок по переработке утилизируемых компонентов ТБО на свалках Республики накопилось около 8 млн. тонн ТБО.

Повсеместно возникающие вокруг городов плохо организованные, а порой просто «стихийные», свалки являются наиболее серьезными загрязнителями окружающей среды. В результате миграции с территорий действующих и рекультивированных полигонов (свалок) химических веществ, содержащихся в фильтрате ТБО, происходит загрязнение почвы, поверхностных и грунтовых вод.

Все это определяет острейшую необходимость в разработке оптимальной стратегии прогрессивного развития города без потерь его основных функций, но с резким снижением экологического прессинга и, по возможности, с минимальными затратами.

В работе выявлена сложившаяся система обращения с отходами в мегаполисе Уфы, показано негативное влияние Уфимской городской свалки на окружающую природную среду.

На основе использования математической модели загрязнения грунтовых вод сточными водами разработана система защиты грунтовых и поверхностных вод от влияния Уфимской городской свалки. Предложены схемы организации работ по уменьшению объемов ТБО и размещения новых полигонов ТБО.

Работа является итогом трехлетних исследований по программе «Диоксин». В проведении полевых исследований и составлении главы 4, кроме авторов, принимали участие: канд. г-м. наук Мартин В. И., инженер-гидрогеолог Савичева Т. И. Глава 5 составлена на основе материалов математического моделирования, выполненного под руководством профессора Зильберга В. С. в ЭИЦ «Эпос» при участии инженеров НПФ «ГЕОДИНАМИКА» Шамуратова З. Д. и Мухнурова А. Г. В материалах, включенных в главу 6, использованы проектные разработки Института «Гипрокоммунстрой» (г. Москва) и исследования аспиранта Галимовой Е. Ж. Анализы выполнены в аналитической лаборатории ИППЭиП и ПГО «Башкиргеология».

Картографические работы и компьютерная верстка текста работы выполнены в Институте геологии УНЦ РАН (Черников А. П., Гурьянова В. В.). Компьютерный набор текста осуществили инженеры ИППЭиП Аблаева Ю. В. и Куликова Е. В. Авторы выражают им глубокую признательность.

ГЛАВА 1. МИРОВОЙ И РОССИЙСКИЙ ОПЫТ ПЕРЕРАБОТКИ И РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

1.1. Переработка и утилизация отходов за рубежом

В мировой практике известно более 20 методов обезвреживания и утилизации ТБО. По конечной цели они делятся на ликвидационные (решающие в основном санитарно-гигиенические задачи) и утилизационные (решающие и задачи экономики – использование вторичных ресурсов); по технологическому принципу – на биологические, термические, химические, механические, смешанные.

Наибольшее практическое распространение получили:

— складирование на полигоне (ликвидационный);
— сжигание (ликвидационный термический);
— аэробное биотермическое компостирование;
— производство из ТБО строительных материалов.

Концепция США в области охраны окружающей среды изложена в кратком заявлении Конгресса США: «Основой национальной политики страны по обезвреживанию и утилизации опасных промышленных отходов является исключение и сведение к минимуму количества образующихся опасных отходов. Отходы, которые тем не менее все же образуются, должны быть обработаны, храниться или подвергнуться захоронению таким образом, чтобы эти отходы не представляли угрозы для здоровья людей и окружающей среды или чтобы эта угроза была сведена к минимуму» [115]. Провозглашенные принципы реализованы в законах США, основными из которых являются: закон «О сохранении и регенерации ресурсов»; закон «О комплексном возмещении ущерба»; «Перечень опасных загрязнителей». Эти законы установили систему жесткого контроля за опасными веществами от их введения в технологию до их обезвреживания.

Общая координация и контроль за соблюдением законов по охране окружающей среды возложены на Правительственное Агентство США по охране окружающей среды – EPA (Энвайорнмент протекшн эдженси).

Политика Агентства направлена на следующие цели:

— предотвращение загрязнения окружающей среды путем усовершенствования технологий, создания очистных установок, замены сырья или

даже прекращения выпуска продукции – по месту образования отходов;

— уменьшение образования вредных отходов;
— вторичное использование отходов;
— обработка, обезвреживание отходов, захоронение отходов вне предприятия, генерирующего отходы.

В США действуют или находятся в стадии строительства около 30 крупнейших предприятий по переработке промышленных отходов, а в дальнейшем ожидается увеличение их количества. При этом, как полагают американские специалисты, только в штате Коннектикут муниципалитеты будут ежегодно экономить от 50 до 100 млн. долларов.

По данным комиссии по материальной политике в США из 165 млн. т всех использованных видов сырья и материалов – 39,3 млн. т составили вторичные материалы.

В Европе создана международная комиссия, занимающаяся вопросами организации сбора и использования вторичных ресурсов, включающая в настоящее время 18 стран. Этой комиссией проводились международные конгрессы в Маниле, Лондоне, Стокгольме, Нюрнберге, Чикаго, посвященные проблеме охраны окружающей среды и утилизации промышленных отходов [73].

Имеющихся в литературе данных недостаточно, чтобы составить полное представление об организации централизованных полигонов за рубежом. Сравнительно подробная информация имеется только по централизованной обработке отходов в Дании, ФРГ и в Финляндии [52, 59, 95].

В Дании промышленные отходы перерабатываются централизованно на заводе в г. Ниборг. Переработкой занимается компания «Коммуниками», которую создали на долевых началах муниципалитеты Дании. Каждое предприятие в стране в соответствии с законодательством уведомляет местные власти о количестве и составе отходов и вывозит их для обезвреживания. Вывоз отходов контролируется местными санитарными органами. Отходы классифицируются по составу на 6 групп: отработанные масла и нефтеотходы, не подлежащие регенерации; загрязненные органические отходы; жидкие хлорированные углеводороды; неорганические химические отходы; твердые отходы; загрязненная тара.

Для транспортировки отходов создана специальная компания «Трансхимия», оснащенная контейнеровозами, автоцистернами большой емкости и прочими транспортными средствами.

Завод принимает около 80 тыс. т отходов в год. Цена за переработку отходов определяется приемщиками завода.

Система сбора промышленных отходов включает 25 пунктов, разбросанных по всей стране на расстоянии до 50 км друг от друга. Доставляемые на них отходы перекачиваются в автоцистерны или в контейнерах и бочках перегружаются в товарные вагоны и по железной дороге отправляются в г. Ниборг на переработку.

Основным методом обезвреживания органических отходов здесь является термическая обработка в установке, оборудованной барабанной и циклонными печами. Неорганические отходы обезвреживаются на специальном оборудовании, а шлам и шлаки захороняют в специально оборудованных местах.

В ФРГ принят новый закон [95] об экономике замкнутого цикла, действующий с октября 1996 года. Основная посылка нового закона – вторичная переработка – хорошо, а их недопущение – лучше. Согласно ему, в будущем все большее количество товаров должно вращаться в рамках экономики замкнутого цикла. Закон четко говорит: тот, кто что-то производит, отвечает и за недопущение отходов, их повторную переработку или экологически чистую ликвидацию. Отменяется существовавшее до этого распределение ролей, когда общины за счет средств налогоплательщиков должны были устранять отходы, производимые промышленностью. «Ответственность за продукт не должна прекращаться после его изготовления, – считает министр по вопросам окружающей среды, охраны природы и безопасности ядерных реакторов Ангела Меркель. – Она должна распространяться на использование и на последующую экологически чистую переработку или уничтожение этого продукта».

Новый закон об экономике замкнутого цикла накладывает на производителей большие обязательства. Главное из них – стремиться к недопущению отходов. Если это невозможно, то отходы должны пускаться в переработку в качестве материального или энергетического сырья. Если и то, и другое также невозможно, тогда должно производиться экологически чистое уничтожение отходов. Таким образом, производители обязаны «опекать» свой продукт «от» и «до». Это означает, что еще на стадии разработки продукта необходимо обдумывать возможности его последующей переработки или уничтожения. Сами продукты должны быть «долгоживущими», легко подвергаться ремонту, демонтажу или переработке. Однако ответственность производителей за последующую переработку или уничтожение продукта должна существовать в рамках технически возможного и экономически целесообразного. Ведь отныне производители берут на себя все расходы по переработке или уничтожению отходов. Для этого они должны сооружать и эксплуатировать соответствующие установки.

Согласно статистическим данным, в 1993 году в Германии по сравнению с 1990 годом общий объем отходов снизился на 10 %: с 374 до 337,7 млн. тонн (табл. 1). А доля переработки возросла с 20 до 25 %. Специфические отходы производства перерабатываются сейчас на 60,6 % (в 1990 году: 45,8 %). Их общий объем снизился на 20 %. Возросла и доля перерабатываемых бытовых отходов: с 13,8 до 29,8 %.

Таблица 1

Переработка отходов в Германии

Отходы	Объем образовавшихся отходов, млн. тонн		Объем переработки, %	
	1990 год	1993 год	1990 год	1993 год
Специфические отходы производства	97,3	77,5	45,8	60,6
Бытовые отходы	50,1	43,5	13,8	29,8
Сточные воды	5,5	5,5	17,7	18,8
Отходы строительства и земляных работ	132,1	143,1	8,8	11,0
Отходы горной выработки	88,8	67,8	12,1	13,4
Специфические отходы больниц	0,1	0,1	3,6	8,8

В Финляндии утилизацией сложных промышленных отходов с 1981 года занимается фирма «Экокем», которая ввела в эксплуатацию в 1984 году предприятие в г. Рийхимяки. Аппаратурное оформление процессов термического обезвреживания было выполнено АО «Аутокумпу» [59].

Учитывая, что самым распространенным токсичным промотходом являются масла, фирма постоянно совершенствует технологию их обезвреживания. Из отработанных масел, поступающих с предприятий, станций техобслуживания и заправочных станций выделяют тяжелые металлы, которые складируют с соблюдением мер безопасности. Очищенное масло используется повторно.

Сточные воды привозятся в специальных цистернах. Из них выделяют и обезвреживают сложные отходы. Оставшуюся воду очищают и частично пускают в обращение для собственных нужд предприятия, снижая этим эксплуатационные расходы.

Сжигание отходов происходит во вращающейся печи, перерабатывающей 35 тыс. т/год органических отходов и 15 тыс. т/год сточных вод. За счет высокой температуры сжигания отходов (до 1500°С) органические отходы разлагаются почти полностью (99,99 %), что вполне удовлетворяет требованиям органов санитарного надзора. Это позволяет перерабатывать все органические отходы – твердые, жидкие, пасты, хлорорганику и т.д. Энергия, которую дает цех сжигания, используется для собственных нужд предприятия, а также для теплоснабжения г. Рийхимяки с населением 25 тыс. человек.

Образующиеся в процессе переработки зола, шлаки и выпавшие в осадок вещества размещаются на специальном полигоне, расположенном на территории предприятия. На этом полигоне золу и осадки складируют в закрытые резервуары так, чтобы исключить всякое попадание к ним дождевой воды и изолировать отходы от соприкосновения с почвой даже при их длительном хранении. Контроль полигона осуществляется с помощью дренажных трубопроводов и контрольных колодцев.

Проводимые постоянно исследования окружающей среды, анализ риска и жесткий контроль за работой полигона показали, что ущерб окружающей среде не наносится, так как газопылевые выбросы ниже допустимых норм в Финляндии и международных стандартов. Достаточно сказать, что ближайший жилой район находится в 60 м от границы предприятия.

Приведенные выше данные из мировой практики показывают, что основными методами обезвреживания и уничтожения твердых промотходов является химическое обезвреживание и сжигание. Метод сжигания отходов, ввиду наибольшей радикальности, получил самое широкое распространение. Однако рассматривать сжигание отходов, как основной метод их утилизации, нельзя, так как помимо негативных сторон процесса (сложность оборудования, наличие дымовых газов и т.п.) происходит потеря отхода как сырьевого ресурса. Поэтому в последние годы в мировой практике постоянно растет интерес к переработке отходов всех видов с целью получения различных продуктов.

В литературных источниках имеются сведения о применении в мировой практике продуктов вторичной переработки (для дорожных покрытий, в строительстве – для настила полов, звукоизоляции, строительства спортивных сооружений), возврат стекольного боя в процесс производства стекла и т.д. [26, 59].

В то же время, необходимо отметить, что данных о переработке промышленных отходов в мире недостаточно, информация о них тщательно скрывается фирмами-переработчиками, поэтому очевидна необходимость разработки процессов утилизации отходов с получением целевых

продуктов и, следовательно, дифференцирование отходов, поступающих на полигоны – комплексы переработки и захоронения отходов.

Ежегодно в мире по данным Организации экономической кооперации и развития (ОЕСД) образуется 9 млрд. тонн отходов, из них 420 млн. тонн составляют бытовые отходы и их объем увеличивается из года в год [118].

Характерным государством в этом отношении является США. На рис. 1 приведена динамика образования ТБО в США, где показано, что за сорок лет произошло увеличение объемов ТБО в 2,5 раза [93].

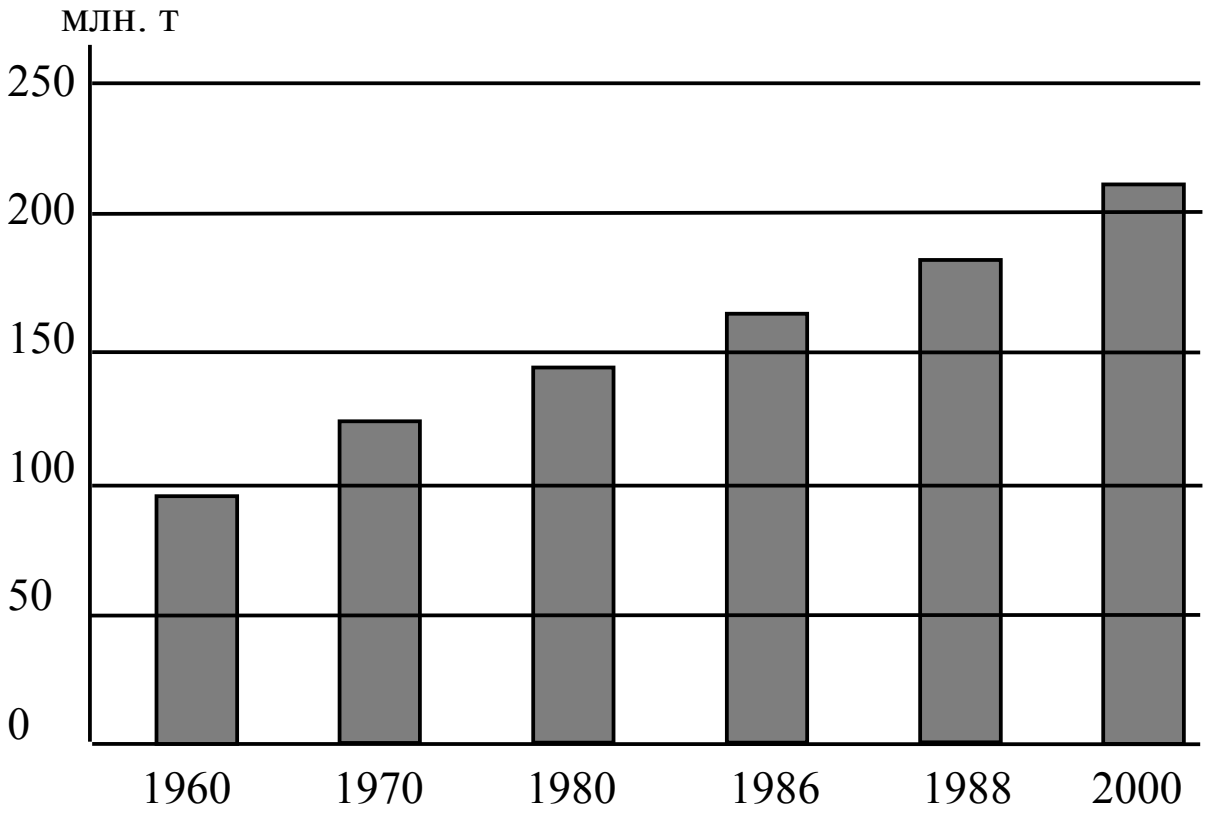


Рис. 1. Количество образующихся в США твердых бытовых отходов по годам

Отходы содержат значительные количества ценных компонентов, которые можно утилизировать или вторично использовать в производственных процессах. Рециклинг отходов ведет к снижению потребности в сырьевых материалах и энергии, уменьшению воздействия на окружающую среду, связанному с размещением отходов. В настоящее время неизвестно общее количество утилизируемых отходов в мире. Структура отходов в европейских странах приведена в таблице 2 [118].

Таблица 2

Образование отходов в странах Европы (1993 г.)

Виды отходов	Отходы, млн. т/год
Выработка энергии	27,0
Бытовые	150,0
Промышленные	330,0
Добыча полезных ископаемых	357,0
Сельскохозяйственные	696,0

В европейских странах от 30 до 40 % муниципальных отходов подвергается тем или иным видам обработки, ведущим к утилизации материалов или энергии. Ежегодно в странах Западной Европы подлежат утилизации свыше 130 млн. тонн только бытового мусора. При этом на долю Германии приходится до 23,9 %, Великобритании до 23,2 %, Франции до 16,2 %, Италии до 15,8 % и остальных стран региона до 11,3 % этого количества мусора. Основные утилизируемые материалы: бумага и картон до 60 %, алюминий ~ 30 %, стекло до 63 % [118].

В европейских странах рециклинг является основным направлением работ по обращению с отходами. По оценкам экспертов уровень повторного использования или утилизации ТБО ежегодно возрастает на 1-3 % и в ближайшее время достигнет 50 %.

Сжигание муниципальных отходов в специальных печах находит широкое применение во многих промышленно развитых странах. Для этих целей используются металлургические и цементные печи, установки по производству керамзитов, сжиганию промышленных отходов. Наиболее токсичные отходы сжигаются в высокотемпературных печах с температурой рабочей зоны до 1400°С и временем пребывания в камере сгорания 4-6 сек.

Так, в США ежегодно на 184 заводах сжигаются около 40 млн. тонн из общего объема 195,7 млн. тонн твердых бытовых отходов, продукты сгорания которых содержат высокотоксичные органические соединения и тяжелые металлы. Мусоросжигающие отходы в настоящее время являются основным источником загрязнения окружающей среды диоксинами в странах Северной Америки и Европы. Высокие концентрации диоксинов в почве, донных отложениях и биотканях человека и животных характерны для индустриальных районов США, Канады и Германии. Поэтому многие промышленно развитые страны отказываются от сжигания бытового мусора, отдавая предпочтение его переработке и повторному использованию в качестве вторичного сырья. В частности, администрация Нью-Йорка под

давлением общественного движения закрыла ряд мусоросжигающих заводов. Если в 1960 году в США в качестве вторичного сырья использовалось только 6,7 % муниципальных отходов, то в 1990 году эта величина составила 14,9 %, причем сжиганию было подвергнуто лишь 15,2 %, а 66,6 % складировано на специально оборудованных полигонах [115].

Стратегия большинства развитых стран направлена на более глубокую переработку муниципальных отходов (рециклинг) и их повторное использование в качестве вторичного сырья. Так, в США муниципальные отходы содержат 8,3 % пластмассы, 6,7 % стекла, 37,5 % бумаги, 8,3 % металлов, 6,7 % пищевых отходов, 6,3 % деревянных изделий. Неиспользованная органическая часть компостируется или складируется на полигонах. Сжиганию в специальных печах подвергаются лишь наиболее токсичные отходы, которые представляют явную опасность для окружающей среды [114].

В ряде стран часть органической составляющей муниципальных отходов компостируется. Объем компостирования ТБО в некоторых странах достигает значительных размеров, например, в Испании до 21 %, Португалии до 10 %, Дании до 9 %, Франции до 6 %. Трудности в поисках рынка для готового компоста ограничивает применение этого метода переработки ТБО. Другой путь использования органической составляющей ТБО – производство биогаза для утилизации энергии, несмотря на широкую рекламную кампанию ряда европейских и американских фирм, не получил пока широкого применения [59].

При обработке ТБО специальными реагентами и определенной переработке можно получить строительные материалы для неответственных сооружений в сухих грунтах. По утверждению фирмы, полученные изделия являются стерильными, инертными, несгораемыми и долговечными [62].

Захоронение отходов на земле все еще является главным путем размещения отходов в Европе. Здесь в среднем более 60 % (от10 до 70 %) муниципальных опасных отходов направляются на полигоны. Только в 23 странах Европы имеется около 47 тысяч полигонов [118].

Для уменьшения объемов захоронения и выщелачиваемости широко используется уплотнение и прессование ТБО [110].

Старые участки захоронения отходов могут вызвать риск для здоровья населения, проживающего вблизи таких участков, хотя чрезвычайно трудно определить в количественном выражении этот риск.

По оценке экспертов к 2000 году в странах Западной Европы необходимо ликвидировать не менее 6000 свалок бытового мусора и создать мощности по его сжиганию [118].

1.2. Состояние образования, использования и размещения отходов в Российской Федерации

Ежегодно в Российской Федерации в сфере производства и потребления образуется около 7 млрд. тонн отходов. На территории страны в отвалах и хранилищах накоплено около 80 млрд. тонн твердых отходов, из них 1,4 млрд. тонн токсичных [20].

Основная часть отходов образуется на предприятиях горнопромышленного комплекса, включающего в себя топливно-энергетическую отрасль, черную и цветную металлургию, химическое производство и стройиндустрию. Более 90 % в общем объеме образования отходов занимают отходы разработки месторождений полезных ископаемых – вскрышные породы и хвосты обогащения. К другим видам многотоннажных отходов относятся золошлаковые отходы ТЭС, шлаки черной и цветной металлургии, отходы производства, образующиеся в химической и нефтехимической промышленности и в производстве минеральных удобрений – фосфогипс, галитовые отходы, хромсодержащие отходы, нефтешламы, некоторые отходы машиностроения и т.д.

Особую группу образуют крупнотоннажные отходы производственного и бытового потребления: макулатура, изношенные шины, полимерные отходы, ртутьсодержащие приборы, лампы и элементы питания, твердые бытовые отходы и пр.

Из общего объема использования отходов, достигшего к началу 90-х годов двух миллиардов тонн в год, около 80 % – вскрышные породы и отходы обогащения – направляются для закладки выработанного пространства шахт и карьеров, 2 % – находит применение в качестве топлива и минеральных удобрений, и лишь 18 % используется в качестве вторичного сырья, при этом 10 % используется в стройиндустрии [47].

Накопленные и продолжающие накапливаться отходы горнометаллургических производств, машиностроительного и обрабатывающего комплексов, лесоперерабатывающего комплекса, сельского хозяйства и т.д., сконцентрированные в различного вида отвалах, хвостохранилищах, свалках, занимают значительные площади земель (сотни тысяч гектаров), изымаемых из сельского и лесного хозяйства, являются источниками загрязнения поверхностных и грунтовых вод, атмосферного воздуха, почв и растений.

Основные показатели, характеризующие объемы образования, использования и размещения наиболее многотоннажных отходов на 1992 год, приведены в таблице 3 [47].

Таблица 3

Данные об объемах образования, использования, и складирования многотоннажных отходов Российской Федерации

Наименование отходов	Объем образования за год, млн. т	Объем использования за год, млн. т	Объем складирования, млн. т	Уровень использования, %
1	2	3	4	5
Вскрышные породы (отвальные, шахтные), в том числе:	4200	1600-1650	65000	38
– угледобычи;	900-1000	400-450	16000	44
– черной металлургии;	800	200-250	15000	31
– цветной металлургии;	300	70	9000	23
– стройиндустрии;	1700-1800	700-800	10000	41
– горной химии;	160	80	1200	50
– прочие	200-300	50	3000	20
Отходы углеобогащения	60	10-11	1500	17
Отходы обогащения черной металлургии	320	30	3500	9
Отходы обогащения цветной металлургии	49	1,4	1300	3
Отходы обогащения горной химии	80	9	1000	11
Отходы производства и использования строительных материалов	50	10	1200	20
Золошлаковые отходы	55	3,4	920	6
Шлаки доменные	29	20,3	Всего шлаков в черной металлургии 450	70
Шлаки сталеплавильные	12	3,6		30
Шлаки ферросплавные	3	1,5		50

Таблица 3 (продолжение)

1	2	3	4	5
Шлаки медного производства	1,5	0,7	77	47
Шлаки никелевого производства	13,2	5,3	295	40
Шлаки свинцово-цинкового производства	0,044	0,035	0,27	80
Шламы глиноземных производств алюминиевой промышленности	10,9	4,2	157	38
Мышьяксодержащие отходы цветной металлургии	0,093	—	1,9	—
Ртутьсодержащие промышленные отходы	0,023 (200 т по ртути)	—	—	—
Фосфогипс (в т.ч. фторгипс, борогипс, титаногипс)	13	2	65	15
Пиритные огарки	4	3,2	20	80
Галитовые отходы	25	3	300	12
Отходы хроматного производства	0,4	—	10	—
Нефтяные шламы	0,6	0,34	7	57
Гальваношламы	1	0,05	10	5
Шламы после металлообработки	1,2	0,06	—	5
Древесные отходы	56,5 млн.м^3	46,3млн.м^3	—	82
Макулатура	2	1,6	—	80
Шины изношенные	0,14	0,09	—	64

Таблица 3 (окончание)

1	2	3	4	5
Стеклобой	0,46	0,37	—	80
Ртутьсодержащие отработанные гальваноэлементы и батарей, приборы, люминесцентные лампы	250 т по ртути	—	—	—
Лузга подсолнечная	0,24	0,12	—	50
Стержни початков кукурузы	0,14	0,12	—	86
Свекловичный жом	22	8	—	36
Выжимки яблочные	0,017	0,17	—	100
Выжимки виноградные	0,62	0,62	—	100
Твердые бытовые отходы	140 млн.м^3	5 млн.м^3	—	3,6

Опыт эксплуатации действующих в настоящее время отечественных полигонов по централизованному сбору, уничтожению и захоронению промышленных отходов еще очень скромен.

В 1970 году введен в эксплуатацию опытный полигон «Красный Бор» вблизи г. Колпино под Санкт-Петербургом. Участок не затопляется паводковыми водами, отсутствуют используемые для водоснабжения водоемы и водоносные горизонты, прилегающая территория покрыта лесом и мелким кустарником. Геологический разрез представлен «синими» кембрийскими глинами, глубина залегания которых 70 метров [82].

В целях предотвращения стока загрязненных вод на прилегающую территорию площадь полигона обвалована. Вал отсыпан из утрамбованных кембрийских глин. По внешнему контуру полигона сделан кольцевой канал для перехвата подземных и поверхностных вод с окружающей территории. Качество сбрасываемых вод систематически контролирует областная станция санэпиднадзора.

В настоящее время полигоном пользуются свыше 850 предприятий города и области, вывозя порядка 70 тыс. т/год токсичных промотходов.

Отходы снабжены паспортами, соответствие которых проверяется химическим анализом по прибытии на полигон.

Все отходы разделены на 4 группы:

— отходы, содержащие неорганические вещества;
— негорючие отходы, содержащие органические вещества (эмульсии, смолы, кубовые остатки);
— горючие отходы (отработанные масла, нефтепродукты и др.);
— особо опасные отходы (сильнодействующие ядовитые вещества, фосфорсодержащие, ртутьсодержащие, соединения мышьяка, цианиды и др.).

Неорганические жидкие отходы собирают в четыре котлована, расположенных на слое кембрийских глин. Котлованы последовательно соединены между собой, имеется возможность добавлять в них щелочные отходы при отклонении кислотности от нормы. Из последнего котлована осветленная жидкость подается на испарение. По мере накопления осадка в третьем котловане его засыпают слоем высушенной и размолотой кембрийской глины, затем торфом, после чего высаживают кустарник. Вместо заполненных котлованов отрывают новые.

Превалирующая часть жидких органических отходов обезвреживается термическим способом. Они принимаются также в котлованы, где происходит отстаивание от взвешенных частиц и расслоение. Осветленная жидкость поступает на сжигание, средний водный слой подается на выпарку.

Отходы, содержащие ядовитые вещества, принимаются в герметичных металлических контейнерах, которые помещают в бетонные контейнера, закрывают и опускают на дно специального котлована. Каждый контейнер засыпают изолирующим слоем глины толщиной 0,5 м. Контейнеры укладывают слоями. По мере заполнения котлована его засыпают глиной и рекультивируют.

Эксплуатация опытного полигона «Красный Бор» не предусматривает возврата продуктов в народное хозяйство, но является очень важным объектом в деле оздоровления окружающей среды Санкт-Петербурга и его пригородов.

Однако органами санитарного надзора были выявлены серьезные недостатки в его деятельности. В частности, отмечалось значительное загрязнение воздушного бассейна из-за отсутствия газоочистки на установках сжигания и большой поверхности испарения с открытых карт полигона в летнее время [53].

В последние годы АО «НИИГИПРОХИМом» запроектирован целый ряд полигонов, предприятий и комплексов по утилизации и обезвреживанию отходов.

В зависимости от количественного и качественного состава отходов, а также их физико-химических свойств проектными решениями пре-

дусмотрены оптимальные способы обезвреживания отходов методами химико-технологической переработки, сжигания и захоронения. Основное направление переработки отходов определялось с учетом возможности получения вторичных материальных ресурсов. Однако жесткий прессинг «зеленых», протесты населения, а самое главное – отсутствие финансового обеспечения не позволили реализовать эти проекты. Образующиеся токсичные отходы в настоящее время сбрасываются в накопители, хвостохранилища, полигоны и являются бомбами замедленного действия.

Госснабом СССР была создана система сбора и переработки вторичных ресурсов. Среднегодовой уровень заготовки сырья характеризовался следующими цифрами (в тыс. тонн): макулатуры – 2700, текстиля – 520, полимеров – 116, стеклобоя – 700, пищевой кости – 118. К 2000 году намечалось увеличение степени рециклинга отходов в 2 раза, то есть до 18-20 % объемов образования. В настоящее время эта система полностью разрушена, оставшиеся на плаву предприятия уменьшили объемы утилизации вторичных ресурсов более чем в два раза [75].

В 1990 году в Советском Союзе жилищно-коммунальные предприятия собирали и обезвреживали около 250 млн. $м^3$ твердых бытовых отходов. Существующая сеть заводов по переработке ТБО (заводы в городах Владивостоке, Пятигорске, Сочи, Нижнем Новгороде, Владимире, Мурманске, Санкт-Петербурге, три – в Москве) позволяет перерабатывать из общей массы ТБО всего лишь 1-2 % [75]. Остальная часть вывозится на свалки ТБО.

Таким образом, основным методом обезвреживания собранных в городах и рабочих поселках ТБО является складирование на свалках и полигонах [60].

ГЛАВА 2. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН

Республика Башкортостан – регион с развитой химией и нефтехимией, машиностроением, горнорудной отраслью, транспортом и сельским хозяйством. В результате деятельности промышленных предприятий образуются значительные объемы токсичных и малотоксичных отходов (табл. 4, 5).

Бурный рост промышленного производства в Республике происходит без учета экологической емкости как ее отдельных регионов, так и Республики в целом. Положение усугубляется тем, что несовершенство применяемых технологий не позволяет полностью использовать минерально-сырьевые ресурсы, в результате чего объем произведенной продукции составляет несколько процентов от используемого сырья. Это приводит к нерациональному использованию природных ресурсов и накоплению огромных объемов промышленных и бытовых отходов.

В настоящее время на территории Республики в отвалах, на свалках и в хранилищах находится около 2 млрд. тонн промышленных и бытовых отходов. Они занимают более 4,5 тыс. га земель.

Отходы, как правило, складируются на территориях предприятий или бесконтрольно вывозятся на свалки или захороняются в случайных местах. Отсутствие предприятий по переработке и утилизации отходов, правильно организованных полигонов по обезвреживанию и захоронению значительно усугубляет экологическую обстановку в Республике, резко снижает оздоровительный эффект очистных сооружений сточных вод и дымовых газов, на создание которых расходуются большие средства. В результате изменяется не только экологическая обстановка в целом, но и значительно ухудшается санитарное состояние населенных мест.

Особую опасность представляют токсичные отходы, объем которых возрастает из года в год (табл. 6). Даже в условиях спада промышленного производства на территории Республики в 1996 году образовалось 5806 тыс. тонн токсичных отходов. Серьезную тревогу вызывает накопление в Республике чрезвычайно опасных токсичных отходов, отнесенных к I классу токсичности. Это отходы гальванических производств, ртутьсодержащие отходы, отходы, содержащие хлорорганические соединения, бенз/а/пирен, свинец и другие токсичные соединения. Из образующихся 229,8 тыс. тонн отходов I класса токсичности использовано лишь 0,02 тыс. тонн.

Таблица 4

Характеристика образования и использования учтенных отходов производства и потребления по Республике Башкортостан в 1996 году, тыс. тонн

Отходы	На начало отчетного года	Образовалось за отчетный год	Использовано	Размещено в местах организованного хранения	Размещено на свалках ТБО	Размещено в несанкционированных местах	Наличие на конец года
1. Токсичные, всего по РБ:	93423,9	5806,0	313,59	5456,38	35,16	0,07	98881,3
в том числе: 1 класса	27,4	229,8	0,02	229,78	0	0	257,2
2 класса	8,5	66,0	0,24	65,76	0	0	74,26
3 класса	5197,2	409,4	45,43	363,29	0,68	0,0008	5560,52
4 класса	88190,8	5100,9	267,9	4797,55	34,48	0,069	92989,32
2. Нетоксичные	15023,4	392,7	25,0	0		0	15391,1
3. ТБО	6832,3	1009,8	0,22	0	1009,58	0	7842,1
4. Вскрышные породы	1031984,0	15416,1	1697,0	13719,1	0	0	1045703,1
5. Сельскохозяйственные отходы	нет данных	25000,0	17000,0	8000,0	0	0	8000,0
ИТОГО по РБ	114726,6	47624,6	19035,82	27175,48	1044,74	0,07	1175817,6

Таблица 5

Основные показатели многотоннажных отходов производства и потребления Республики Башкортостан

Наименование	Количество накопленных отходов, тыс. тонн	Ежегодное образование отходов, тыс. тонн	Количество утилизируемых отходов, тыс. тонн	Распределение отходов по классу токсичности, тыс. тонн					Площадь, занимаемая отходами, га
				I	II	III	IV	н/т	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Осадки сточных вод гальванических и травильных производств	450	50	4,05	10	10	350	80	—	9,6
2. Отходы нефтехимических производств	760	25	—	—	700	60	—	—	62
3. Нефтешламы	2000	70,0	25	—	400	1400	200	—	200
4. Ртутьсодержащие отходы	4,3	0,080	0,08	4,3	—	—	—	—	
5. Осадки биологических очистных сооружений канализации	1000	4000/100*		—	—	356	356	288	160
6. Отходы сельского хозяйства в том числе непригодные пестициды	8000 0,3	25000 0,3	17000	— 0,3	—			33000	нет данных

Таблица 5 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7. Полимерные отходы (производится в РБ полимеров 580 тыс.т/год)	29,8	29,8	3,4	—	—	—	—	29,8	
8. Фосфогипс	~8600	300	—	—	—	—	8600	—	41,5
9. Пиритный огарок	~2800	346		—	—	—	2800	—	20,5
10. Древесные отходы		520	—	—	—	—	—	520	
11. Отходы угольной промышленности**: - вскрышные породы - высокозольный уголь - шлам брикетной фабрики	 315000 3000 600		 51 — —	 — — —	 — — —	 — — —		 315000 3000 600	 1467 35 10,5
12. Отходы горнодобывающей промышленности: - отвалы вскрышных пород - отвальные хвосты - пиритный концентрат	 1032000 54000 2200	 15500 3506	 — —	 — 2614,3	 —	 — 17999,7 2200	 103200 0 33386 —	 —	 971,3 334,6 25
13. Твердые бытовые отходы	7000	1000	—	—	—	—		8000	393,5
14. Отходы производства соды	15500	300	—	—	—	—	15500	—	365

Таблица 5 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15. Шламы и пыли металлообработки		200	—	—	200	—	—	—	
16. Отработанные СОЖ, ПАВ и МР		21,6		—	—	21,6	—	—	
17. Шлаки металлургии и литейных производств	4500	149	60	—	—	2000	2500	—	25,0
18. Отходы водоподготовки	360	~15		—	—	—	—	360	200
19. Зола и золошлаковые отходы	112	28		—	—	—	112	—	8,1
20. Отходы катализаторных производств, отработанных катализаторов, ионитов и адсорбентов	5,00	5,00	0,9	—	0,50	4,00	0,50	—	—
21. Отработанные смазочные масла		34040	23506						
ВСЕГО:									

* – в числителе – влажного осадка; в знаменателе – в пересчете на сухое вещество.
** – включая Бабаевское месторождение.

Таблица 6

Динамика накопления токсичных отходов
на территории Республики Башкортостан
(по данным статотчетности 2-ТП отходы)

Годы	Накоплено отходов на 01.01.1997 г., млн. тонн
1991	70,2
1992	74,8
1993	78,5
1994	81,2
1995	84,1
1996	90,0
1997	97,7

Примечание к табл. 6. Резкое увеличение объемов отходов в 1996-1997 годах связано с увеличением числа отчитывающихся промышленных предприятий и уточнением отчетности.

Такое же положение с использованием других токсичных и малотоксичных отходов (см. табл. 4). Только сельскохозяйственные отходы используются более рачительно; почти 70 % образующихся сельскохозяйственных отходов используются в народном хозяйстве.

Основными производителями крупнотоннажных отходов являются предприятия горнодобывающего и перерабатывающего комплекса, химической и нефтеперерабатывающей отраслей промышленности (табл. 7).

Одним из лидеров среди «производителей» крупнотоннажных токсичных отходов является АООТ «Минудобрения». В его отвалах размещено более 8,6 млн. тонн фосфогипса и более 2,8 млн. тонн пиритного огарка, которые оказывают негативное воздействие на состояние окружающей природной среды. Предприятие не реализует возможности утилизации пиритного огарка, который пользуется потребительским спросом.

Другим «производителем» крупнотоннажных отходов является АО «Сода», в результате производственной деятельности которого накоплено более 15,5 млн. тонн осадка дистиллерной жидкости. «Белые моря», где происходит накопление этих отходов, занимают 411 га территории и имеют рабочий объем около 30 млн. м^3.

В отвалах горнодобывающих предприятий за годы их деятельности накопилось 1328,984 млн. тонн вскрышных и попутных пород, которые содержат медь, цинк, железо, благородные металлы и могут быть использованы для более глубокой переработки как для получения цветных и благородных металлов, так и в качестве инертного материала. Под отва-

лами вскрышных пород занято почти 3000 га земель (табл. 7). Парадокс заключается в том, что в Республике одновременно существуют сотни карьеров, где добываются инертные материалы, следовательно, снова нарушаются около тысячи гектаров земель.

Таблица 7

Отходы горнодобывающей и перерабатывающей промышленности Республики Башкортостан (на 1 января 1997 года)

Наименование предприятий	Объем, млн.тонн		Площади нарушенных земель, га		
	отвалов вскрышных пород	отходы производства	под отвалами вскрышных пород	под хвостохранилищами	под другими объектами размещения отходов
БМСК	518,7	20,5	126,0	63,0	–
УГОК	284,8	31,9	339,0	113,0	–
Бурибаевское РУ	10,0	6,4	57,3	36,9	–
Туканское РУ	179,4	6,0	418,0	45,0	–
Миндякское РУ	9,0	2,7	31,0	44,0	–
Семеновская ЗИФ	12,0	3,0	–	32,7	–
АО «Сода»	0,084	16,0	–	–	365,0
АООТ «Минудобрения»	–	11,5	–	–	110,0
АО «Башкируголь»	315,0	5,0	971,3	–	45,5
ИТОГО:	1328,984	103,0	1942,6	334,6	530,5
ВСЕГО:	1431,984		2778,9		

На горнодобывающих предприятиях из-за неполной переработки сырья образуются хвосты, которые по своим свойствам относятся к отходам III и IV класса токсичности. В составе хвостов в значительном количестве содержатся медь, цинк, железо и другие тяжелые металлы, в том числе и благородные. Содержание сульфидной серы в хвостах достигает до 35 %. Объем этих хвостов огромен – 103 млн. тонн, хвостохранилища занимают почти 1000 га [21, 84].

Республика Башкортостан – это регион, где в настоящее время добывается около 15 млн. тонн и перерабатывается примерно 28 млн. тонн нефти. В Республике по-прежнему не решена проблема утилизации нефтешлама, образующегося как при добыче, так и при перекачке и переработке нефти (табл. 8). Применяемые технологии его переработки, в основном, ориентированы на утилизацию «легкой» нефтяной части нефтешлама. Так, на АО «Салаватнефтеоргсинтез» переработано в 1996 году

24,9 тыс. тонн поверхностной части накопленного нефтешлама, а объем его образования составляет более 50 тыс. тонн. В результате в шламонакопителях и битумных ямах предприятия накопилось около 1,1 млн. тонн нефтешлама. Такая тенденция сложилась и на других предприятиях нефтяной, нефтехимической и нефтетранспортной отраслей [29].

Повсеместно в Республике не решена проблема переработки осадков сточных вод населенных мест и промышленных предприятий. Особо токсичными могут быть осадки биологических очистных сооружений канализации предприятий, куда сбрасываются промышленные сточные воды. Так, в иловых картах АО «Химпром» за годы его деятельности накопилось около 260 тыс. тонн диоксинсодержащих илов, на Стерлитамакском ПО «Каустик» 146 тыс. тонн таких же осадков и на АО «Салаватнефтеоргсинтез» 260 тыс. тонн илов, содержащие бенз/а/пирен.

Особое место занимают осадки биологических очистных сооружений канализации, куда сбрасывают свои стоки машиностроительные предприятия. В результате накопления в составе осадка тяжелых металлов эти осадки могут быть ограниченно использованы как органоминеральные удобрения на сельскохозяйственных землях, хотя с другой стороны эти металлы при определенной концентрации являются полезными микроэлементами почв [28].

В ходе эксплуатации гальванических производств металлообрабатывающих предприятий образуется два вида отходов: промышленные сточные воды и отработанные гальванические растворы, в которых содержатся токсичные примеси тяжелых металлов (хром, никель, цинк, кадмий), цианистые соединения, фенолы и т.д. Регенерация гальванических растворов для повторного использования сложная и дорогостоящая и не всегда осуществимая мера. Поэтому в большинстве случаев их направляют на очистные сооружения для обезвреживания.

Осадки, выделенные на очистных сооружениях предприятий, вывозятся на свалки или захороняются (складируются) в случайных местах, где ионы тяжелых металлов постепенно выщелачиваются и попадают в водоемы.

При сбросе токсичных сточных вод гальванических производств в канализационные коллекторы нарушается работа биологических очистных сооружений и часть токсичных соединений «проскакивает» через биологические очистные сооружения в водоемы. Это приводит к накоплению токсичных тяжелых металлов в речном иле, в тканях водорослей, рыб и других организмов, а также в осадках биологических очистных сооружений, становящихся непригодными в качестве удобрения и требующих захоронения.

Таблица 8

Нефтесодержащие отходы в Республике Башкортостан
(на 1 января 1997 года)

	Объемы нефтесодержащих отходов							
	Уфанеф-техим	СНОС	НОВОЙЛ	УНПЗ	Башнефть	УС МНП	Уфаорг-синтез	Линейное управление магистраль-ными трубо-проводами
1. Объем отходов:								
образовавшихся в 1995 г.	14902,0	3757,0	14617,0	55847,0	72,3	2000,0	2504,0	20,0
утилизированных в 1995 г.	28,1	2544,0	2331,0	58480,0	23,8	10,5		2,0
наличие на 1.01.96 г.	315140,0	1049600,0	21700,0	26480,0	369700,0	181467,0	20000,0	
2. Накопители:								
площадь, га	30,4	100,4	12,0	0,84	60,0	26,1	1,25	
их объем, тыс. $м^3$	1900,0	2760,0	28,0	27,0	370,0	512,0	62,0	

Предотвращение попадания тяжелых металлов и других токсичных соединений в водоемы требует комплексного подхода к очистке сточных вод с переработкой и утилизацией образующихся осадков. Поэтому работа с гальваническими отходами должна быть направлена на совершенствование гальванического производства, раздельный сбор и переработку отработанных гальванических растворов, а также на переработку и утилизацию образующихся осадков.

Совершенствование гальванического производства должно сократить водопотребление на всех операциях, обеспечить снижение объемов образования осадков на очистных сооружениях и ликвидировать сброс цианидов в водоемы [33].

Наиболее легкореализуемым методом утилизации осадков сточных вод гальванических производств признано использование их в качестве компонентов кирпича, черепицы и керамзита [49]. Такой метод утилизации осадков сточных вод в составе кирпича очень прост и с успехом эксплуатируется на керамическом заводе в г. Палемонас (Литва), г. Новгороде, г. Воронеже. Испытания показали, что такой кирпич удовлетворяет санитарным и технологическим требованиям.

Осадки, содержащие гидроокиси железа, пригодны для получения сурика. Технология его получения не требует сложного и остродефицитного оборудования и вполне осуществима. Опыт производства железного сурика из осадков травильного производства метизного завода имеется в г. Миньяре Челябинской области, г. Ярославле, аналогичные работы выполнены в г. Уфе [30].

Проблемой утилизации собственных гальваношламов серьезно занимается АО «Автонормаль». За период 1991-1996 годы предприятие вывезло на предприятия АО «Ачполиметалл» и АО «Челябинский электролитноцинковый завод» 38 тыс. тонн вновь образующихся и накопленных гальваношламов. В результате освобождены две шламовые карты из трех и переданы для рекультивации [39].

Ежегодно в Республике образуется более 520 тыс. $м^3$ учтенных древесных отходов. В настоящее время ресурсы древесного сырья используются нерационально и малоэффективно, практически нет утилизации, особенно низкокачественной и тонкомерной древесины и лесосечных отходов. Крайне низки цены утилизации отходов лесопиления и деревообработки. Основной причиной недостаточного использования низкотоварной древесины и древесных отходов является несовершенство и недостаточное количество выпускаемого оборудования для их сбора и переработки, а также отсутствие экологической заинтересованности предприятий.

В последние годы утилизацией древесных опилок успешно занимается фирма «Брик». В течение только 1996 года фирмой переработано

1220 тонн отходов с получением топливных брикетов, основным потребителем которых является Министерство путей сообщения [21].

Острая ситуация, требующая немедленного принятия мер, сложилась с отходами сельскохозяйственного производства: это отходы животноводства, а также ядохимикаты и минеральные удобрения, запрещенные к использованию или пришедшие в непригодность.

Отходы животноводства являются опасными загрязнителями окружающей природной среды, создающими напряженную санитарно-гигиеническую обстановку и могущими отрицательно влиять на здоровье населения. Ежегодно в Республике образуется более 25 млн. тонн этих отходов, которые при полном использовании в качестве органических удобрений позволили бы внести на каждый гектар посевной площади более 6 тонн органики. В использовании отходов животноводства в качестве удобрений нет порядка, они вывозятся на поля бессистемно, от случая к случаю. Так, в 1994 году внесение органических удобрений по сравнению со среднегодовыми объемами за 1986-1990 годы сократилось в 2,2 раза. В результате происходит их накопление около животноводческих помещений и часть их, особенно жидкие, во время ливневых дождей и весеннего паводка смываются в водоемы, приводя к гибели водной флоры и фауны. Учитывая непрерывность образования отходов животноводства и процессов загрязнения ими водных объектов, а также возможность их использования в биотехнологиях в качестве сырья, было бы целесообразно переработать и использовать их для получения ценных удобрений, кормовых добавок для нужд животноводства, а также различных веществ для фармакологической промышленности и медицины.

Успешный опыт по переработке птичьего помета по технологии «Бионекс» имеется на Турбаслинской птицефабрике, где начиная с 1994 года ежегодно производится из птичьего помета 11 тыс. тонн органоминерального удобрения [31].

Опасное загрязнение окружающей среды происходит в результате хранения минеральных удобрений и пестицидов на открытых площадках и необустроенных складах, что приводит их в негодность. Условия хранения их на большинстве сельхозпредприятий не отвечают санитарным и экологическим требованиям, представляя реальную угрозу здоровью населения и окружающей природной среде; применяемые способы захоронения ядохимикатов и химических удобрений не могут гарантировать экологическую безопасность. Пришедших в негодность и запрещенных к применению учтенных ядохимикатов накоплено более 200 тонн.

В связи с этим целесообразно создание на базе предприятий химической промышленности установок по их утилизации или обезврежива-

нию, а также передвижной установки для обезвреживания непригодных ядохимикатов и минеральных удобрений на местах.

На северных отвалах ПО «Башкируголь» складировано около 4 млн. тонн отходов брикетного производства, представляющих собой угольные шламы и брикетную крошку. Сбор, транспортировка и складирование в отвалах и отстойниках этих отходов сопряжены с большими эксплуатационными расходами и капитальными затратами, а также занятием сельскохозяйственных земель; при хранении этих отходов происходит систематическое загрязнение воздушного бассейна пылью и токсичными соединениями (сернистая кислота, углекислый газ, бенз/а/пирен и др.), а также загрязнение грунтовых вод рядом токсичных соединений.

В настоящее время степень использования углеотходов не превышает 15 %. Разработан и проверен ряд технологий по использованию этих отходов в качестве нового типа топливоминерального сырья в различных отраслях народного хозяйства (производство кирпича, пористых заполнителей, цемента, огнеупорных материалов, удобрений и т.д.), однако они не нашли применения в Республике.

В процессах металлообработки при всех видах шлифовальной и абразивной обработки, электроискровой, анодомеханической, электрохимической обработки, травления деталей образуются шламы и пыли, имеющие, как правило, II и III класс токсичности. Типовой состав таких отходов: 5-30 % абразива, 50-80 % мелкодисперсных металлических частиц, 15-20 % смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ). В его составе присутствуют хром, вольфрам, никель, ПАВы, нефтепродукты и т.д. Ежегодный объем образования пылей и шламов около 200 тыс. тонн, они практически не перерабатываются и не учитываются, а вывозятся вместе с мусором на свалки.

Поверхностно-активные вещества и нефтепродукты являются одними из самых распространенных загрязнителей природы. Годовой объем этих отходов только на 35 машиностроительных предприятиях г. Уфы составляет более 11000 м^3 в год отработанных СОЖ, 10000 м^3 в год обводненных нефтепродуктов, 600 м^3 в год отработанных ПАВ и моющих растворов. В составе этих отходов содержатся поверхностно-активные соединения и нефтепродукты, взвешенные вещества и другие примеси.

Для утилизации отработанных СОЖ, ПАВ, моющих растворов и обводненных нефтепродуктов требуется концентрирование органической части этих растворов. Это целесообразнее производить на общегородских центрах, которые могут располагаться на самостоятельных площадках или использовать свободные площади промышленных предприятий. Концентрированные СОЖ, ПАВ, моющие растворы и нефтепродукты целесообразно использовать как вспучивающий агент при производстве керамзита,

как защитный слой форм для отливки железобетонных конструкций на ЖБЗ и т.д.

На АО «УМПО» пущена в эксплуатацию мощная установка по регенерации отработанных СОЖ, обеспечивающая регенерацию всего объема отработанных СОЖ предприятий г. Уфы. Однако, она уже два года не работает на полную мощность из-за отсутствия системы приема отработанных СОЖ других предприятий [21].

В Республике сложилась крайне неблагоприятная ситуация с переработкой отходов медицинских учреждений, включая процессы сбора, удаления и обезвреживания отходов. Токсичные, инфицированные медицинские отходы в необезвреженном виде собираются вместе с твердыми бытовыми отходами и направляются на городские свалки бытовых отходов, что создает неблагоприятную санитарно-эпидемиологическую обстановку, опасную для окружающей природной среды и населения.

В настоящее время отсутствуют нормативные материалы, регламентирующие условия переработки медицинских отходов, нет эффективных технологий, отсутствуют критерии гигиенического контроля за эффективностью переработки отходов и степени опасности образующихся продуктов и их влияние на окружающую среду и человека. Необходимо проблему обезвреживания медицинских отходов решать одновременно с организацией раздельного сбора и утилизацией твердых бытовых отходов [85].

Производства по переработке одноразовых шприцов организованы на Салаватском ПТЖХ, УГПО «Электроаппарат», Уфимском ПО «Геофизприбор». В течение 1996 года переработано 52 тонны шприцев в сантехнические и электротехнические изделия.

В Уфе на территории Уфимского предприятия УИН МВД успешно работает пущенная в 1997 году в эксплуатацию установка по переработке автопокрышек, не пригодных для использования [32].

Отработанные масла как на нефтяной, так и на синтетической основе представляют существенную экологическую опасность. Это обусловлено их низкой биоразлагаемостью, а в ряде случаев – токсичностью и канцерогенностью. Попадание в отработанные смазочные материалы значительного количества мазута, пластических смазок, синтетических масел, хлорсодержащих соединений делает невозможной их переработку с использованием существующих в стране технологических процессов с технической или экологической точки зрения.

Основными направлениями использования отработанных смазочных материалов является очистка и регенерация отдельно по маркам, переработка смесей отработанных смазочных материалов с получением базовых масел или топлив, использование очищенных масел для смазки

грубых узлов трения, пресс-форм при производстве железобетона, как основу или компоненты консервационных материалов и т.д.

В настоящее время система сбора и утилизации отработанных смазочных материалов, организованная «Роскомнефтепродукты» не работает и демонтирована из-за финансовых затруднений. Она предполагала сбор, очистку и переработку масел с целью использования в качестве топлива или повторного использования в качестве смазочных масел.

Из 34 тыс. тонн отработанных масел, образовавшихся в 1996 году, на переработку в АО «Башкирнефтепродукт» передано всего 3,5 тыс. тонн, из которых реализовано потребителям 1,7 тыс. тонн, в основном для использования в качестве топлива в котельных.

В последние годы принимаются меры по утилизации токсичных отработанных масел и нефтепродуктов. Появилось соответствующее Постановление Кабинета Министров Республики Башкортостан, разрабатывается целевая Республиканская программа по сбору и утилизации отработанных масел и нефтепродуктов. ИППЭиП начата работа по созданию на территории АО «Уфанефтехим» установки по утилизации (регенерации) моторных масел [21].

Ежегодно в Республике образуется около 73 тыс. тонн шлаков доменного производства и более 76 тыс. тонн шлаков сталеплавильного производства. Всего накопилось более 4,5 млн. тонн этих шлаков.

На Белорецком металлургическом комбинате налажена грануляция доменного шлака производительностью 60-70 тыс. тонн, выполнен проект второй ванны гранулирования шлаков производительностью до 80 тыс. тонн в год. Гранулированные шлаки будут использоваться в производстве среднемарочных вяжущих, как заполнители бетона и на отсыпке дорог.

В г. Сибай прямо на урезе воды городского пруда (р. Таналык) организована свалка шлаков меднолитейного производства объемом 1 млн. тонн. Эти шлаки могут быть использованы при строительстве дорог, а после некоторой переработки – как фильтрующий материал.

При умягчении воды на крупных предприятиях, котельных и ТЭЦ используется на первом этапе известковое молоко, железосодержащий коагулянт и иногда магнезит. В результате из воды выпадает осадок сложного состава и повышенного влагосодержания. Этот осадок чаще всего откачивается в накопители, где постепенно обезвоживается. Количество образующегося осадка в пределах 100-500 г/м^3 обрабатываемой воды по сухому веществу. По составу этот осадок как известняк, поэтому после сушки и прокалки может быть использован повторно в процессе водоподготовки.

На втором этапе водоподготовки (ионообменное умягчение или обессоливание) образуется жидкий отход (рассол) более известный как элюат. Содержание солей в элюате от 1 до 10 грамм на литр воды – это или поваренная соль или сульфат натрия. Традиционно элюат сбрасывают без очистки в водоемы, хотя водоемы нашей Республики перегружены по сульфатам.

В настоящее время разработан целый ряд технологий, в том числе и типовые проекты, по замкнутому водоснабжению ТЭЦ, котельных и других умягчительных установок. Предлагается постепенное внедрение замкнутых систем водоснабжения на ТЭЦ, котельных и установок водоподготовки [35].

Ежегодно в Республике образуется около 28 тыс. тонн золы и золошлаковых отходов ТЭЦ, а всего накопилось более 112 тыс. тонн. Эти отходы находят широкое применение при производстве керамзита, кирпича и других строительных материалов. Из-за отсутствия заинтересованности предприятий («Башкирэнерго», «Башкируголь») не организована полная утилизация этих отходов. В таблице 9 приведен список предприятий Республики, занимающихся переработкой отходов и объемы перерабатываемых отходов.

Существующая в Республике схема обращения с твердыми бытовыми отходами отличается от типовых схем, принятых в развитых странах (рис. 2). В результате на свалки поступают в смеси как утилизируемые, так и неутилизируемые отходы.

Положение усугубляется тем, что из-за отсутствия производств по переработке промышленных отходов и полигонов для токсичных отходов предприятия вывозят их на свалки ТБО или захороняют в накопителях. В результате идет интенсивное накопление отходов на свалках ТБО (рис. 3). При этом в Республике ни один город, ни один райцентр, ни одно село не имеют нормально спроектированного и нормально эксплуатируемого полигона для них. Это связано с ошибочным мнением, что ТБО, а, следовательно, и свалки ТБО, являются безвредными, не оказывающими решающего действия на окружающую среду [85].

Инвентаризация мест захоронения отходов, проведенная МЧС и экобезопасности в 1996 году, показала, что в Республике имеется около 800 объектов размещения отходов, из них 640 свалок ТБО, в том числе 300 из них несанкционированных. Так как свалки расположены на неудобьях, оврагах, в отработанных карьерах, из-под массива ТБО высачиваются токсичные сточные воды.

Выделяющиеся при разложении ТБО и периодических пожарах газы отравляют атмосферу, а сам вид свалок психологически угнетает жителей городов и поселков.

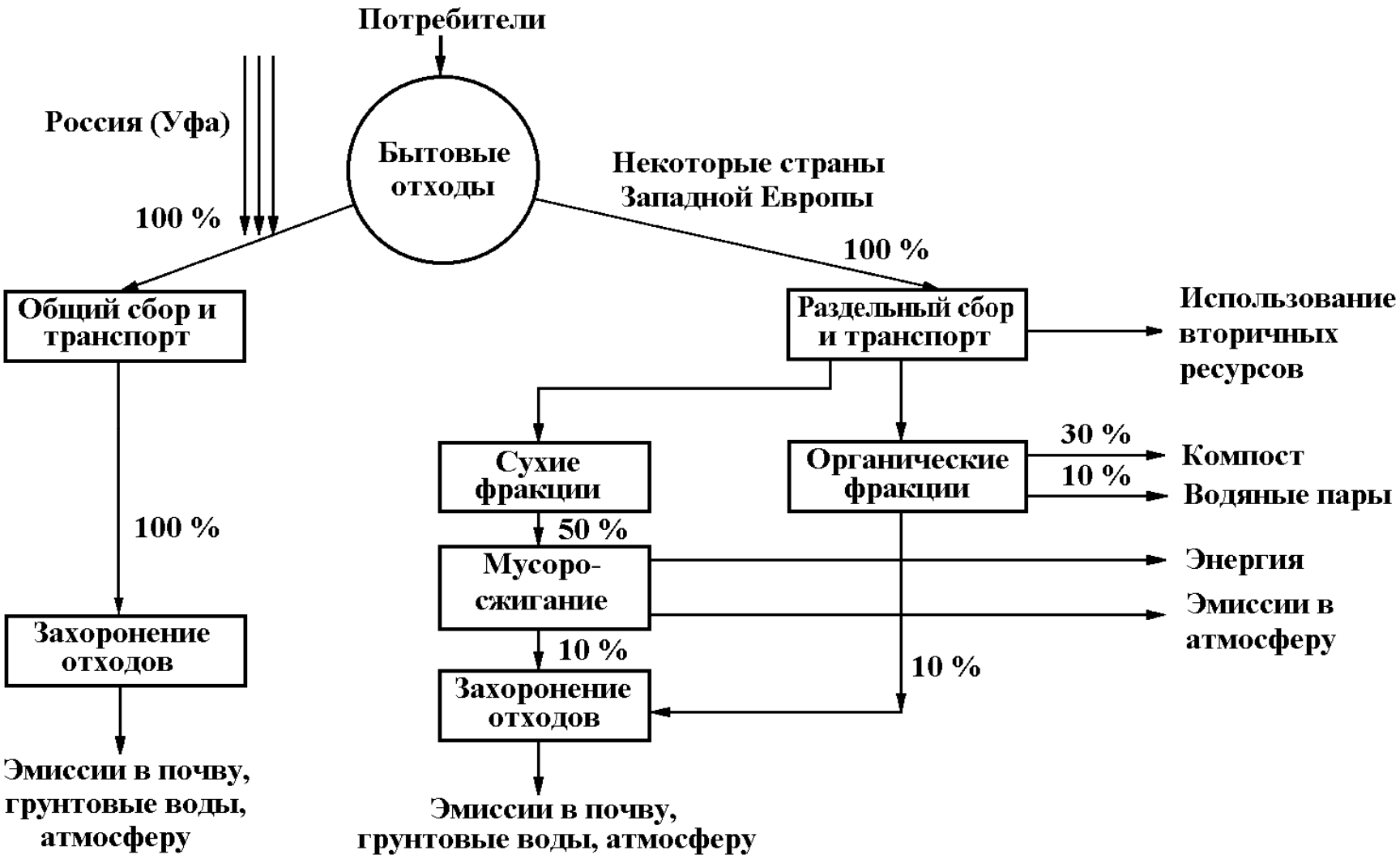


Рис. 2. Варианты удаления отходов

Таблица 9

Информация о специализированных предприятиях-переработчиках отходов

Наименование предприятия	Наименование перерабатываемого отхода	Получаемая продукция	Объем переработки отходов за текущий год, тонн						
			1991 год	1992 год	1993 год	1994 год	1995 год	1996 год	ИТОГО
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Фирма “БРИК”	древесные опилки	брикет для топлива	—	—	256,0	502,0	1022,0	1220,0	3000,0
2. АНК “Башнефть”	нефтешлам		—	—	—	—	14907,0	40353,0	55260,0
3. ИППЭиП (установка ДРЛ)	отработанные ртутьсодержащие лампы	металлическая ртуть	—	—	—	—	11,306	27,389	38,695
4. ЗАО ПО “Искож”	отработанные ртутьсодержащие лампы	металлическая ртуть	—	—	—	13,966	32,665	18,603	65,234
	кромочные отходы цеха искусственной кожи	товары народного потребления: линолеум, пленки и др.	—	—	—	—	503,3	411,4	914,7
	отходы печатных красок	пигменты	—	—	—	—	0	2,1	2,1
5. Салаватский ПЖРЭТ	использованные шприцы	товары народного потребления	—	—	—	—	4,1	3,23	7,33
6. “Геофизприбор”	использованные шприцы	товары народн. потребления	—	—	—	—	—	44,0	44,0

Таблица 9 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7. “Электроаппарат”	использованные шприцы	товары народного потребления	—	—	—	—	17,276	14,685	31,961
8. ПКФ “СКАТ”	шлак мартеновского производства	скрап, железо, щебень	—	—	—	—	17662,0	54000,0	71662,0
9. ОАО “НеФАЗ”	отходы сухой краски	краска	—	—	—	—	50,0	30,0	80,0
10. Турбаслинская птицефабрика	птичий помет	удобрение “Бионекс”	—	—	—	—	2945,0	2930,0	5875,0
11. УНПЗ	нефтешлам	нефть	—	—	—	—	58480,0	40583,0	99065
12. НОВОЙЛ	нефтешлам	нефть	—	—	—	—	1000,0	34371	35371
13. «Уфанефтехим»	нефтешлам	нефть	—	—	—	—	0	7100,0	7100
	СЖК	солидол	—	—	—	—	11869,0	4776,0	16645
14. “Кровля”	макулатура	рубероид	33356,0	24274,0	16817,0	13128,0	11995,0	0	99570,0
15. Туймазинская бумажная фабрика	макулатура	бумага	—	—	—	4864,0	3616,0	0	
16. АО “Минудобрения”	пиритный огарок		274160,0	229880,0	189836,0	102647,0	110697,0	81448,0	988668,0
	фосфогипс		1028,0	300,0	2141,0	152,0	0	0	3621,0
17. “СНОС”	нефтешлам	нефть	—	—	—	—	23660,0	—	
18. АО “Каучук”	отработанный катализатор ИМ-2201		1290,0	1598,0	2501,8	1388,0	2763,0	1602,9	11143,65

Таблица 9 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18. АО “Каучук”	отработанный активир. уголь		—	—	—	—	297,0	304,0	601,0
	осмол регенерации ДМФА		—	—	481,0	790,5	1045,0	26,0	2342,5
19. АО “Каустик”	фракция известняка (недопал)	стеновые блоки	—	—	—	—	7900,0	900,0	8800
	жидкие хлорорганические отходы		—	—	—	—	—	60,0	60,0
	осадок дистеллерной жидкости	стеновые блоки	189000,0	165000,0	161000,0	258000,0	111000,0	136000,0	1020000,0
21. “БМСК”	вскрышные породы	щебень	2000000	1120000,0	2000000	837900,0	472500,0	420000,0	6359500
20. АО “Сода”	кальцийсодержащие отходы		—	—	—	—	110623,0	135713,0	246336
22. Учалинский ГОК	вскрышные породы	щебень	2000000	2025720	1000000	1711200,0	1436400,0	1000000	9945808
23. АО «Автонормаль»	гальваношлам	цинк	64,0	11882,0	12857,0	4668,0	2027,0	6814,0	38312,0
24. УС МНП	нефтесодержащие отходы	нефть	—	—	—	—	10,5	—	
25. АОЗТ “Низковольтник”	осадок очистных сооружений гальванического производства	добавка в черепицу	—	—	—	—	—	68,4	68,4
26. Кумертауская ТЭЦ	зола угольная						17400,0	26126,0	43526,1

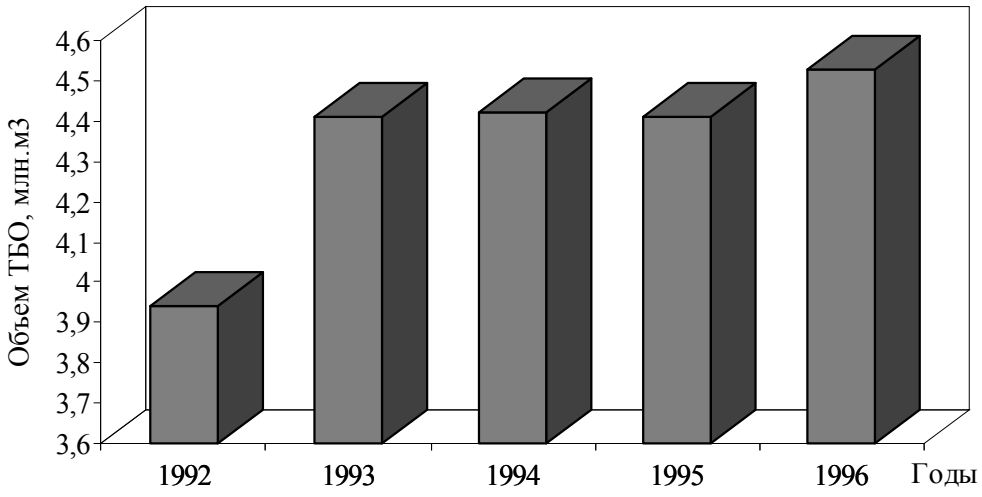


Рис. 3. Динамика образования твердых бытовых отходов в Республике Башкортостан

К сожалению, все многолетние разговоры о необходимости строительства полигонов ТБО не имеют практического воплощения. За последние годы выполнено лишь 5 проектов полигонов ТБО, из них только 2 имеют положительное заключение экологической экспертизы, не построено ни одного полигона ТБО, в то время как в Татарстане одновременно идет проектирование и строительство 12 таких объектов, а в г. Мамадыш – уже запущен в эксплуатацию.

За последние 5 лет резко снизилось использование многих видов отходов в качестве вторичного сырья и они вывозились на свалки ТБО (табл. 10). В то же время изменилась структура отходов, в частности, увеличилось количество пластмассы, макулатуры, стекла за счет широкого применения упаковочных материалов. Одновременно происходит резкий рост образования твердых бытовых отходов (табл. 11, 12).

В таблицах 13 и 14 приведены данные по расчету платы за загрязнение окружающей природной среды и поступлению средств в экофонд Республики, а также по финансированию природоохранных работ предприятиями экофондом и госбюджетом Республики Башкортостан, из которых видно, почему у нас не строятся полигоны ТБО [21].

Таблица 10

Образование и использование основных видов вторичных ресурсов с 1991 по 1996 годы на предприятиях республики (данные выборочного учета Госкомстата РБ), тыс. тонн

№ п/п	Вид вторичного сырья	1991 год		1992 год		1993 год		1994 год		1995 год		1996 год	
		образовано	использовано	образовано	использовано	образовано	использовано	образовано	использовано	образовано	использовано	образовано	использовано
1	Макулатура	56,6	57,8	41,8	39,21	28,6	27,4	19,5	18,2	17,8	15,8	28,1	21,5
2	Текстиль	16,1	13,4	11,7	9,1	7,9	5,4	5,8	3,6	5,6	4,3	2,5	0,3
3	Стеклобой	—	—	—	—	1087,0	—	652,0	—	1390,0	—	—	—
4	Зола и шлаковые отходы	47,4	1,8	202,9	36,9	174,9	35,6	209,9	81,3	117,1	19,5	85,1	5,4
5	Кожсырье	—	—	—	—	0,4	0,01	0,165	0,005	0,074	0,004	0,4	0,26
6	Изношенные шины	0,4	0,007	0,4	—	0,3	—	0,1	—	0,2	—	0,5	0,02
7	Древесные отходы	852,0	245,1	701,6	465,1	527,8	35,5	316,4	187,1	306,0	185,4	451,3	164,7
8	Сырье полимерное	1,6	0,6	1,4	0,8	1,8	0,9	1,8	0,9	2,4	1,4	5,6	7,7

Таблица 11

Объемы поступления твердых бытовых отходов на свалки по городам Республики Башкортостан в 1996 году

Город	Численность, тыс. чел.	Объем ежегодного поступления ТБО, тыс. $м^3$	Объем ежегодного поступления ТБО, тыс. тонн
Уфа	1099,4	1569,0	405,0
Стерлитамак	259,0	335,0	67,0
Салават	157,2	235,8	31,4
Нефтекамск	122,0	183,0	36,6
Октябрьский	109,9	133,49	26,5
Туймазы	95,0	142,5	28,12
Белорецк	73,6	117,6	23,2
Ишимбай	71,8	107,7	21,5
Белебей	57,2	103,85	20,8
Сибай	53,7	80,65	16,1
Учалы	32,8	86,5	17,3

Сложившаяся в Республике ситуация с твердыми бытовыми отходами требует принятия неотложных мер. Необходимо скоординировать действия всех организаций, связанных с обращением с отходами, иначе мы окончательно отстанем от соседей, усиленно развивающих это направление. Примеры соседей очень показательны. В Ижевске строится полигон по складированию отходов площадью 40 га, состоящий из 4 карт. Дно котлована загерметизировано пленкой из ПВХ, проложены дренажные трубы, предусмотрена мойка машин, очистка дренажных и моечных сточных вод, система отвода отходящих газов. Стоимость всего комплекса около 3,5 млн. долларов, причем плата распределена на 5-7 лет. Так как пленку ПВХ может производить СПО «Каустик», стоимость работ по строительству полигона в Республике можно снизить на 20-30 %.

Таблица 12

Объемы поступления твердых бытовых отходов на свалки по Республике Башкортостан в 1996 году

Территориальное управление охраны окружающей среды	Ежегодное поступление, тыс. $м^3$	Накоплено, тыс. $м^3$	Площадь, занятая под свалками ТБО, га
Стерлитамакское	797,0	6959,5	51,3
Туймазинское	350,9	8515,9	46,6
Сибайское	109,4	2335,6	51,1
Месягутовское	76,5	1784,0	18,5
Приуфимское	77,7	1129,9	22,2
Уфимское	1700,0	7000,0	105,0
Мелеузовское	382,6	4591,8	50,9
Белорецкое	208,2	3585,3	18,6
Нефтекамское	336,7	3308,4	29,3
ИТОГО по РБ	4039,0	39210,4	393,5
ИТОГО по РБ (тыс.т)	1009,8	7842,1	

Таблица 13

Расчетная плата за загрязнение окружающей природной среды и размещение отходов, и поступление средств в экофонд по Республике Башкортостан за 1996 год

Плата за загрязнение окружающей среды	Расчетная плата, млрд. руб.			
	всего	в экологический фонд (90 %)		
		за загрязнение атмосферы	за загрязнение водоемов	за размещение отходов
Расчетная	3464,9	44,7	1887,9	1185,8
Согласованная	176,5	30,8	26,5	101,6
Поступление в экофонд	43,7			

Таблица 14

Финансирование природоохранных работ
по Республике Башкортостан

Источники финансирования	Объемы финансирования по направлениям, млрд. руб.			
	всего	охрана атмосферного воздуха	защита водоемов от загрязнения	утилизация отходов
Выделено из экофонда на реализацию экологических программ	6,6			
Выделено из бюджета республики на реализацию экологических программ	3,1		0,3	
Капитальные вложения предприятий в мероприятия по охране окружающей среды	1068,6	641,7	357,0	3,8

Другую концепцию переработки отходов приняла Москва и Московская область, которые опираются на иностранные инвестиции. При этом основные платежи откладываются на 2-3 года в надежде на последующее определение источников погашения займов. В настоящее время по этой схеме в г. Москве и Московской области построены 3 и строятся 8 мусороперерабатывающих заводов, обезвреживающих 80 % объемов образующихся отходов [42, 89]. Возникает вопрос, – как поступить нам? На наш взгляд должны быть приняты следующие приоритеты по обращению с отходами.

1. Принять все меры для уменьшения объемов образования и накопления отходов, а также снижения токсичности вывозимых на свалки отходов и их влияния на окружающую природную среду. Эти мероприятия можно сгруппировать следующим образом:
   — развитие законодательной базы по обращению с отходами;
   — усиление работ по внедрению малоотходных технологий;
   — ускорение развития сети по раздельному сбору и переработке утилизируемых отходов;

— разработка и внедрение систем защиты поверхностных и грунтовых вод от влияния свалок ТБО и накопителей промотходов;
— организация экологического обучения населения.

2. Законодательно определить источники финансирования работ, связанных с обращением с отходами, особенно с ТБО.
3. Определить приоритеты по строительству полигонов ТБО, – причем проблема с полигонами ТБО должна быть разделена на две части: 1) обезвреживание (изоляция) и рекультивация старых и действующих свалок; 2) организация новых полигонов ТБО, предусматривающих сортировку и переработку утилизируемой части ТБО.
4. Создание структуры, позволяющей организовать сортировку и утилизацию ТБО.

В городах и районах Республики должна быть организована сеть раздельного сбора отходов и их утилизации. Остальная часть отходов должна поступать на соответствующие установки переработки, состав которых зависит от основного профиля города. За счет раздельного сбора и переработки выделенных компонентов можно почти на 60 % уменьшить объем твердых бытовых отходов, вывозимых на свалку.

Даже при внедрении этих технологий значительная часть отходов будет вывозиться на свалку, поэтому должны быть отработаны полигонные технологии, позволяющие резко снизить воздействие городских свалок и полигонов захоронения отходов на окружающую природную среду.

Как показывает мировой опыт, все полигоны – мусороперерабатывающие заводы дотационны или имеют скрытую дотацию в виде высокой цены за принимаемые ТБО. В составе суммарных затрат основная доля эксплуатационных расходов, которые могут быть существенно снижены при максимальной переработке утилизируемых отходов.

На рис. 4 приведена оптимальная схема по обращению с отходами. В этой схеме предполагается одновременное использование химических, термических и биотермических процессов, соотношение которых будет зависеть от структуры отходов и технических возможностей города.

Вторичная переработка отходов – это промежуточное решение. Должны быть приняты меры по недопущению образования отходов. Это можно достичь лишь одним методом. Производитель отходов должен полностью отвечать за образующиеся отходы, за их последующую переработку или уничтожение.

Предлагаемая схема (рис. 4) должна быть внедрена с учетом использования проверенных в условиях России технологий переработки раздельно собранных или отсортированных на свалке отходов. В ряде случаев эти технологии рентабельны, остальные должны дотироваться из экофонда республики, бюджетов городов и районов.

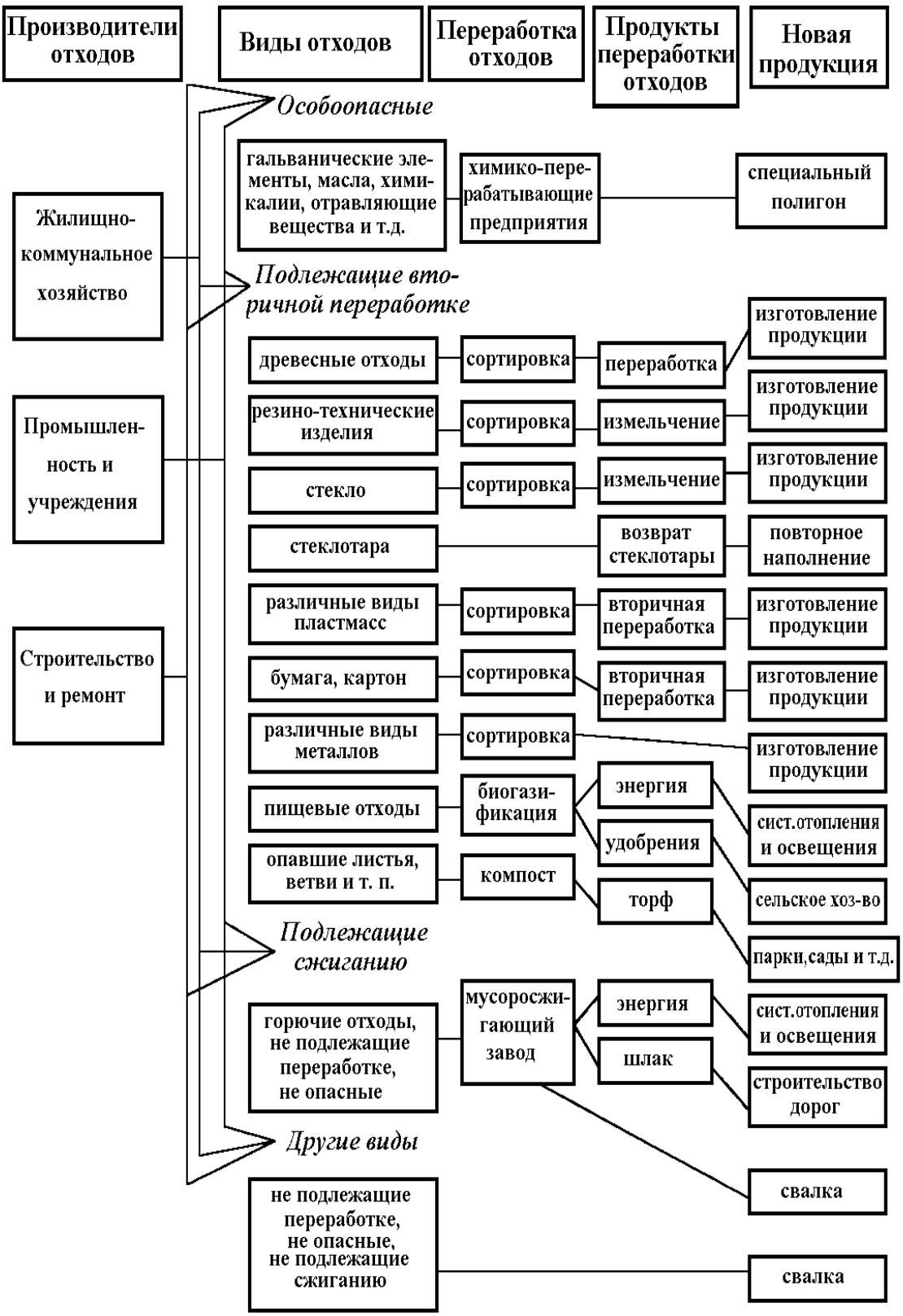


Рис. 4. Схема переработки твердых бытовых отходов

В мировой практике известно более 20 методов обезвреживания и утилизации ТБО. Целесообразность использования того или иного варианта зависит от состава и свойств ТБО в данном городе или регионе, потребности в тепловой энергии или удобрениях, климатических условий, санитарно-эпидемиологической обстановки, численности обслуживаемого населения и других факторов.

В этих условиях можно рассматривать следующие альтернативные варианты обезвреживания и переработки отходов:

— сортировка и утилизация вторичного сырья;
— сжигание ТБО с утилизацией тепла;
— аэробное биотермическое компостирование;
— комплексная схема с компостированием основной массы ТБО и термической переработкой некомпостируемых фракций;
— захоронение ТБО в обычном и спрессованном виде на полигонах;
— производство строительных материалов из ТБО.

Во всех случаях предусматривается полная механизация всех производственных процессов и предварительная сортировка перерабатываемых компонентов.

В результате деятельности предприятий в Республике образуются, кроме нефтешламов, значительные объемы других нефтесодержащих и горючих отходов, осадки сточных вод автомоек, адсорбенты и т.д. Так как в республике отсутствуют мощности по сжиганию этих отходов, они вывозятся на свалки или изолируются в накопителях и полигонах. В такой ситуации последние становятся источником вторичного загрязнения окружающей среды нефтепродуктами, поэтому эти отходы должны обезвреживаться термическим путем вместе с ТБО.

В мире разработано около 40 технологий по сжиганию ТБО, они отличаются тепловым режимом, аппаратурным оформлением, подготовкой ТБО для сжигания и т.д. Одна из наиболее привлекательных технологий разработана в России. Она заключается в сжигании ТБО в барботируемом шлаковом расплаве. Технология применима для отходов любой калорийности и влажности. Производительность единичного агрегата может составлять 40-200 тыс. т/год. Вместо большого количества экологически опасного остатка (до 25 % по массе), содержащего тяжелые металлы и диоксины, получается инертный шлак, являющийся сырьем для производства строительных материалов [13, 70].

Для переработки 1 тонны бытовых отходов, в зависимости от их состава и влажности, потребляется 150-400 $м^3$ кислорода, 0,0-200 кг угля (угольная пыль, отсев) или 0,0-100 $м^3$ природного газа. Процесс пригоден для сжигания одновременно с бытовыми отходами и некоторых горючих промышленных отходов, т.е. может быть использован как концевой для

сжигания неутилизируемой части ТБО при мусороперерабатывающем заводе крупных городов.

Поскольку в установках по сжиганию капитальные затраты распределяются примерно поровну на печь и систему очистки дымовых газов, представляется целесообразным после тщательного изучения использование для сжигания неутилизируемой части ТБО имеющихся печей. У нас в Республике это: производство сажи в г. Туймазы, цементная печь в г. Стерлитамаке, металлургическая в г. Белорецке и керамзитовые печи почти во всех городах.

В республиках бывшего СССР в основном работают заводы по компостированию. При этом ТБО обезвреживаются и превращаются в компост – ценное органическое удобрение, используемое в основном для городского озеленения. Предварительно из отходов извлекают утильные компоненты (лом черных и цветных металлов, стекло, пластмассы, бумагу, текстиль), являющиеся вторичным сырьем в промышленности. В настоящее время работают в странах СНГ 12 заводов мощностью от 170 до 2000 тыс. $м^3$ ТБО в год.

Компост представляет собой рыхлый продукт с запахом земли, в котором содержится до 1 % азота, 0,6 % фосфора, 0,3 % калия, 2,5 % кальция и 60 % органического вещества.

Оптимальными условиями строительства завода по механизированной переработке ТБО в компост являются: наличие гарантированных потребителей компоста (органического удобрения или биотоплива) в радиусе до 20 км; размещение завода у границы города на расстоянии до 30 км от центра сбора ТБО; численность обслуживаемого населения не менее 200 тысяч человек.

В схему комплексных заводов, наряду с оборудованием для сортировки и компостирования ТБО, включают также оборудование для сжигания или пиролиза некомпостируемых отходов.

По капитальным затратам и эксплуатационным расходам наиболее привлекательно строительство комплексных заводов. Комплексный завод дороже мусороперерабатывающего, но обеспечивает практически безотходную технологию. Причем возможно строительство в две очереди: сначала мусороперерабатывающий завод, в дальнейшем достраивается вторая очередь с термическим обезвреживанием, либо предусматривается возможность использования имеющихся печей (цементная, металлургическая, керамзитовая) с дооборудованием системы газоочистки.

В значительном количестве случаев ни биокомпостирование, ни термическое сжигание ТБО по ряду причин не могут быть применены. Тогда предпочтительнее захоронение ТБО на специально обустроенных полигонах. Чтобы уменьшить возможное влияние полигона на окружаю-

щую среду, необходимо сделать гидроизоляцию с применением непроницаемых прочных пленок.

Для уменьшения объема захоронения и выщелачиваемости применяется прессование и уплотнение отходов с добавлением и без добавления специальных реагентов. Технология с добавлением спецреагентов позволяет перерабатывать почти любые твердые и жидкие отходы, химические вещества, упаковочные материалы, пластик, шины, краску, строительные отходы и т.д. В результате переработки можно получать простые неответственные материалы: заборные столбы, древесностружечные плиты, настилы на пол, строительные блоки, кровельные покрытия, бордюры. Эти изделия стерильны, инертны, не гниют, не разлагаются, не горючи. Завод по производству строительных материалов из ТБО на основе данной технологии в определенной ситуации может быть также рентабельным. Однако применение этой технологии требует дополнительного согласования в условиях Республики [62].

В тех случаях, когда не требуется изготовление строительных материалов, спрессованные ТБО можно размещать в бывших карьерах, горных выработках и т.д., надежно гидроизолировав их от грунтовых и поверхностных вод. Применяемое для прессования оборудование выпускается как в России, так и за рубежом. По всем экономическим показателям этот вариант наиболее дешевый, но требует тщательной подготовки системы защиты и изоляции полигона, а также брикетирования ТБО. В Республике имеются несколько выработанных карьеров глин (в Уфе – микрорайон Шакша, в Стерлитамаке, Кумертау, Туймазах и т.д.), которые могут быть использованы в этих целях.

Как действующие, так и уже закрытые полигоны ТБО, вследствие необустроенности, наносят колоссальный вред окружающей среде. Поэтому не менее актуальным является вопрос об обезвреживании существующих свалок.

В условиях РБ целесообразно обезвреживание полигонов путем рекультивации. После закрытия полигона по специальному проекту необходимо производить трехслойную засыпку полигона с прокладкой в слое фильтрующего материала системы перфорированных трубопроводов для сбора и использования биогаза. При необходимости предусматривать систему отвода и обезвреживания фильтрата и атмосферных осадков.

Как правило, рекультивированная территория бывшей свалки используется в качестве зон отдыха, для открытых спортивных сооружений, для лесонасаждений. Например, за рубежом многие площадки для гольфа оборудованы на территории закрытых свалок. Конкретно предложение о методе рекультивации полигона ТБО может быть дано после проведения необходимых изыскательских работ.

Анализ представленных данных позволяет сформулировать следующую концепцию по обезвреживанию и переработке ТБО в Республике:

1. Для уменьшения объемов организовать сортировку ТБО и добиваться переработки утилизируемой части.
2. Захоронение ТБО вести только на специально оборудованных полигонах.
3. В крупных городах с развитой промышленностью необходимо сооружение полных комплексов по переработке ТБО с обязательной сортировкой и использованием утилизируемой части. Небольшая часть неутилизируемых остатков ТБО и горючие неутилизируемые промотходы подлежат высокотемпературному сжиганию во вновь построенных или имеющихся цементных, металлургических и керамзитовых печах, дооснащенных высокоэффективной системой газоочистки. В г. Уфе потребуется последовательное строительство 3–4 комплексов разной технологии на северной, южной, восточной и западной окраинах города.
4. В небольших городах, имеющих однородные промышленные предприятия, целесообразно сооружение полигонов по захоронению ТБО, основанное на использовании отечественных технологий и материалов. При наличии нескольких подобных населенных пунктов в районе 50...70 км возможно строительство общего цеха по переработке утилизируемой части ТБО.
5. Для районных центров и мелких городов нужны простейшие сооружения с максимальным использованием природных или искусственных образований, хорошо защищенных от влияния грунтовых и поверхностных вод.
6. По мере сооружения новых полигонов необходимо заниматься рекультивацией существующих свалок ТБО.
7. Основным источником финансирования мероприятий по обезвреживанию и переработке отходов должны быть собственные средства Республики, а привлекаемые инвестиции направляться лишь на приобретение высокоэффективного оборудования и технологий.
8. Для координации действий по практической реализации указанной концепции необходима разработка целевой Республиканской программы и организация специального центра по обезвреживанию и переработке отходов.

ГЛАВА 3. ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ МЕГАПОЛИСА УФА. СОСТАВ, ДИНАМИКА ОБРАЗОВАНИЯ, ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ

3.1. Промышленные отходы

В крупном городе ежедневно потребляется огромное количество продукции для удовлетворения нужд населения и потребностей промышленности, образуется соответствующее количество отходов (табл. 15).

Одной из причин ухудшения экологического состояния города Уфы является несовершенство сложившейся к настоящему времени системы образования, перемещения и способов обработки городских отходов [36].

Ежегодно более 200 тысяч тонн отходов складируется на территориях предприятий, свыше 50 тысяч тонн вывозится на городскую свалку или выбрасывается на неблагоустроенные близлежащие территории. Например, на ПО «Химпром» накоплено 550 тыс. тонн известкового шлама, содержащего хлорорганику, 260 тысяч тонн осадков БОС, содержащих супертоксиканты. На машиностроительных и металлообрабатывающих предприятиях накапливается значительное количество отходов гальванических производств, СОЖ, отходы лакокрасочных производств. Большие объемы отработанных СОЖ вывозятся на городскую свалку. На нефтеперерабатывающих заводах накопилось почти 0,5 млн. тонн нефтешламов и других нефтесодержащих отходов. В иловых картах предприятия «Уфаводоканал» накоплено около 150 тыс. тонн осадков биологических очистных сооружений.

Многообразие видов отходов, нестационарность их составов и свойств, широкий диапазон объема образования обуславливает сложность решения проблемы их обработки и утилизации; в результате на многих предприятиях осуществляется неорганизованная эвакуация отходов с использованием существующих систем транспортировки жидких и твердых отходов, образующихся в жилищном и коммунально-бытовом секторах города.

Из всего многообразия отходов, образующихся в городе, основной экологический ущерб наносится промышленными и аналогичными им производственными отходами, среди которых выделяется значительный объем токсичных (табл. 16).

Таблица 15

Количество потребляемых ресурсов и отходов современного города с числом жителей 1 млн. человек [78]

Потребляемые ресурсы и отходы	Количество, т
Вода	625 000
Пища	2 000
Топливо	
Уголь	4 000
Нефть	2 000
Газ	2 700
Топливо для автомобилей	1 000
Сточные воды	500 000
Твердые отходы	2 000
Загрязненный воздух	
Твердые частицы	150
Оксиды серы	150
Оксиды азота	100
Оксид углерода	450
Углеводороды	100

Отходы, образующиеся на промпредприятиях, чрезвычайно многообразны по составу; различны также объемы их образования – от нескольких килограмм и литров, до тысяч тонн и кубометров ежесуточно, в зависимости от специфики предприятия (табл. 16, 17, 18). При этом, в связи с изменением технологий производства, а так же с переходом предприятий на выпуск новых видов продукций состав и количество отходов постоянно изменяется.

Основные составляющие отходов в городе: нефтеотходы, древесина, бумага, резина, текстиль, кожа, строительный мусор, формовочная земля, гальванические отходы, отходы химического производства. В перечень токсичных отходов входят: ртутные лампы, отходы, содержащие шестивалентный хром и хлорид бария, хлорорганические соединения, полициклическую ароматику и т.д.

Основными производителями крупнотоннажных отходов являются предприятия химической и нефтеперерабатывающей, автотранспортной и машиностроительной отраслей промышленности.

Таблица 16

Наличие токсичных отходов в г. Уфе (1996 год)

Отходы	Наличие на начало отчетного периода, тонн	Образовалось за отчетный год, тонн	Использовано на предприятии, тонн	Полностью обезврежено на предприятии, тонн	Передано другим предприятиям, тонн	Наличие на конец отчетного года, тонн
ИТОГО, в том числе по классам опасности	879277,435	386352,702	73465,886	280474,531	88312,557	871765,7
1 КЛАСС ОПАСНОСТИ	33,81	40,392	20,0	1,5	17,782	37,3
2 КЛАСС ОПАСНОСТИ	4908,736	34524,251	21920,335	314,696	14998,735	3479,9
3 КЛАСС ОПАСНОСТИ	391475,441	83973,132	46087,887	62,014	56794,49	382555,0
4 КЛАСС ОПАСНОСТИ	482859,448	267814,927	5437,664	280096,321	16501,55	485693,5

Таблица 17

Наличие нетоксичных отходов производства и потребления на предприятиях г. Уфы согласно статотчетности (1995 год)

Наименование группы отходов	Наличие на начало года, тонн	Образовалось за отчетный год, тонн	Использовано на предприятии, тонн	Передано другим предприятиям, тонн	Размещено, тонн		Наличие отходов предприятий на конец отчетного года, тонн
					на свалке	на промплощадке предприятия	
ТБО	45,7	22688,5	99,0	0	22629,3	0	5,9
Металлолом	38,2	25260,5	0	25224,7	16,3	21,6	36,1
Древесные	276,4	22648,0	13496,1	8172,8	1213,5	31,0	11,0
Строительные	1187,6	25987,6	19114,4	2275,6	3949,7	807,0	1027,8
Макулатура	15,6	2674,2	90,1	1951,0	648,7	0	0
Отходы РТИ	4,4	832,9	49,0	295,8	217,0	165,2	110,3
Полиэтилена	0	290,0	290,0	0	0	0	0
Пластмасс	0	29,3	5,8	23,5	0	0	0
Шламы и недопал ТЭЦ	237750,0	26333,0	0	0	2200,0	196983,0	151633,0
Стеклобой	0	9827,0	8426,0	311,0	1090,0	0	0
Прочие	333,0	8619,4	4714,2	2881,3	859,2	518,6	518,6
ВСЕГО	238463,3	145190,3	46284,6	41560,2	27630,5	87289,7	153342,7

Небольшая часть (19 %) отходов утилизируется и перерабатывается на месте их образования или на других предприятиях, имеющих соответствующую технологию, и в дальнейшем используются в качестве вторичных материальных ресурсов.

Таблица 18

Номенклатура основных промышленных отходов г. Уфы и их объемы (по данным опроса ИППЭиП, 1995 год)

Наименование отходов	Количество, тонн
Ртутьсодержащие отходы	0,5
Гальванические отходы	3173,0
Нефтесодержащие отходы	16911,0
Осадки локальных очистных сооружений	328228,0
Нефтешламы	449504,0
Отработанные масла	1007,0
Древесные отходы	44134,0
Известковые отходы ПО “Химпром”	550000,0
Полимерные отходы	577,0
Лом черных и цветных металлов	6146,0
Отходы СОЖ и ПАВ	120,0
Отработанные растворители и отходы ЛВЖ	462,0
Известковые отходы	428000,0
Макулатура	514,0
Отходы текстиля	750,0
Отходы резины	620,0
Отходы стекла	2525,0
Отходы катализаторов, ионитов и сорбентов	4200,0
Асбестсодержащие отходы	130,0
Шлаки литейные	1825,0
Горелая формовочная земля	1550,0
Осадки БОС ПО “Химпром”	260000,0
Отработанные кислоты	15362,0
Прочие отходы	5192,0
Ил городских очистных сооружений канализации	136614,0
ВСЕГО	2136866,5

Известны несколько путей эвакуации отходов с территорий промпредприятий города: сброс в систему городской канализации, сброс в систему водостока, вывоз на полигоны ТБО в смеси с бытовым мусором, вывоз на несанкционированные свалки, на полигоны токсичных отходов, на предприятия по переработке отходов.

Сброс отходов в систему городской канализации создает огромную проблему по утилизации образующихся на очистных сооружениях станций аэрации осадков, количество которых составляет около 1000 $м^3$/сут. Наличие в осадках компонентов отходов промпредприятий является основной причиной, исключающей применение осадка сточных вод в качестве удобрения в сельском хозяйстве. Сброс отходов через систему водостоков является одной из основных причин отравления водоемов и образования донных отложений, ликвидация и обезвреживание которых превратились в серьезную проблему, поэтому применение таких методов эвакуации нежелательно.

Эвакуация промотходов в смеси с бытовым мусором является причиной загрязнения атмосферы при его сжигании и отравления почвы и грунтовых вод при захоронении на свалках ТБО. При этом резко возрастают объемы ТБО, вывозимые на свалки.

Практически все элементы окружающей среды региона подвергаются неконтролируемой эмиссии вредных веществ, содержащихся в отходах. Основными причинами подобного положения являются:

— чрезвычайно высокая концентрация промышленных производств в городе, так, например, нефтехимических и гальванических производств;
— низкая степень использования сырья и материалов на производствах, использование устаревших технологий производства;
— отсутствие в городе организованной системы сбора, переработки, обезвреживания и захоронения отходов;
— отсутствие действенных экономических и законодательных рычагов для создания малоотходных производств, максимально возможной утилизации образующихся и организованного захоронения неутилизируемых отходов;
— сложившееся представление о необязательности обработки отходов на производящим их объекте, бездеятельность предприятий в вопросах раздельного сбора, переработки отходов на месте их образования;
— отсутствие системы контроля за образованием и обработкой отходов.

Переработку и обезвреживание отходов необходимо рассматривать в качестве одной из основных задач промышленных предприятий. Однако, учитывая многообразие видов промышленных отходов, стесненность промплощадок многих уфимских предприятий, отсутствие централизованного производства технологического оборудования, решение проблемы переработки, обезвреживания и захоронения необходимо организовать с участием и под контролем муниципалитета или природоохранных органов.

3.2. Твердые бытовые отходы

Средняя норма накопления ТБО для населения определена Решением Исполкома Уфимского Горсовета № 3/35 от 04.12.1981 г. Принятая норма составляет 1,0 $м^3$ на человека в год.

Нормы вывоза для промышленных предприятий, других учреждений и организаций, а также объектов социально-бытового, культурного и другого назначения не разрабатывались и не утверждались.

Из городских районов ТБО вывозятся автотранспортом треста «Спецавтохозяйство» Управления Коммунального хозяйства мэрии г. Уфы. Промышленные предприятия вывозят ТБО с ведомственного жилья и промплощадки или своим транспортом или транспортом треста «Спецавтохозяйство» по договорам. Промышленные отходы вывозятся собственным транспортом промпредприятий. Схема сбора и транспортировки отходов производства и потребления на свалку ТБО дана на рис. 5.

К твердым бытовым отходам (ТБО) относят пищевые отходы, изношенные изделия бытового назначения, различного рода использованные изделия (упаковки, стеклянная и другие виды тары). Количество образованных ТБО постоянно растет. Подсчитано, что объем бытовых отходов в расчете на одного человека увеличивается примерно на 1-4 %, а по массе на 0,2-0,4 % в год и в настоящее время составляет по нормативу в благоустроенных зданиях 200-220 кг/год, в неблагоустроенных зданиях 700-800 кг/год (2,2-2,5 $м^3$/год), в благоустроенном городе в целом (с общественными зданиями) 250-300 кг/год.

Объем вывоза ТБО из года в год возрастает. Например, в 1991 году было вывезено трестом «Спецавтохозяйство» около 1460 тыс. $м^3$ ТБО, при этом обслуживалось лишь 887,2 тыс. человек, в 1994 году было вывезено трестом «Спецавтохозяйство» было вывезено 1400 тыс. $м^3$. Кроме того, было вывезено отходов промышленными предприятиями около 150 тыс. $м^3$ (табл. 19).

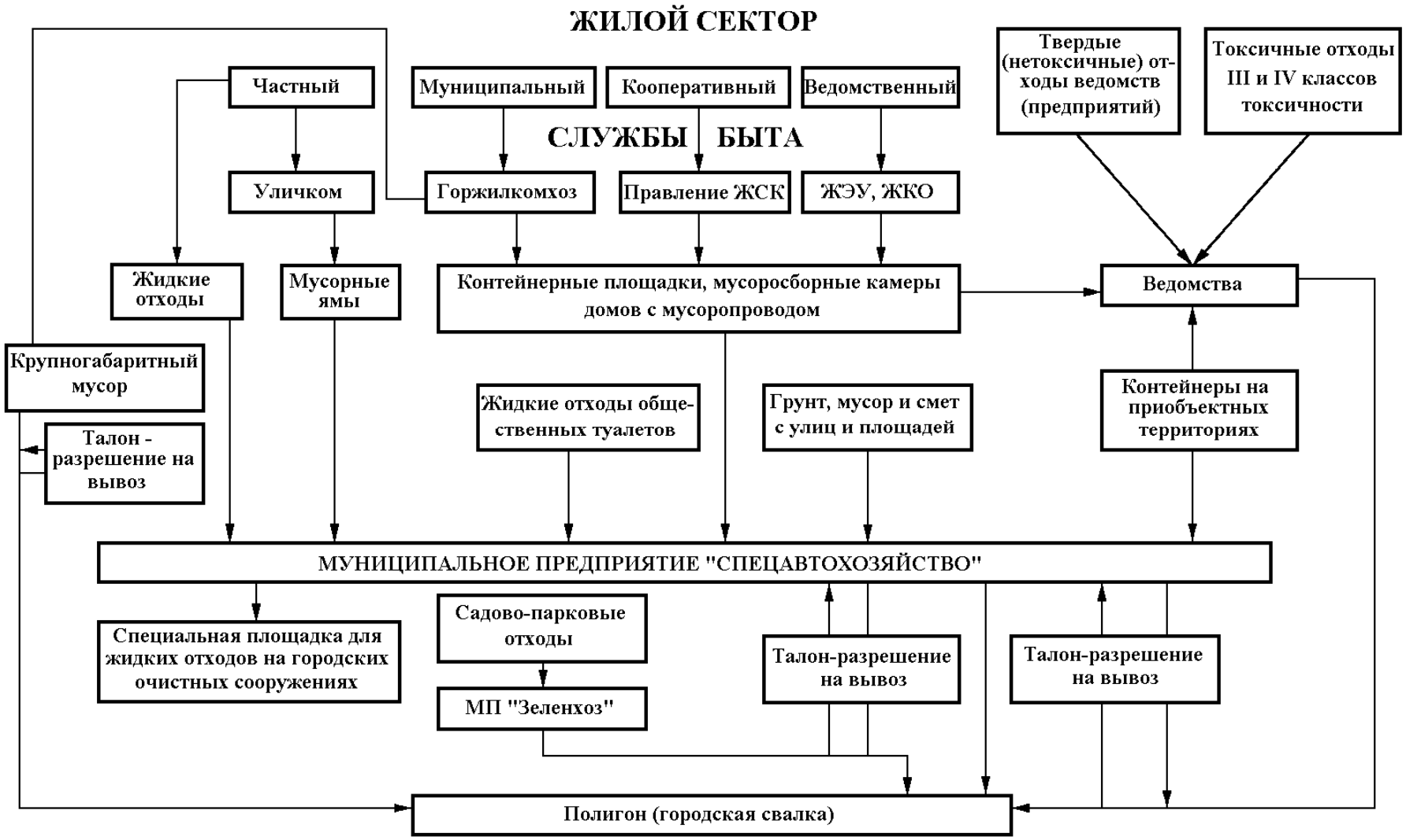


Рис. 5. Схема сбора и транспортировки ТБО, МТО и ЖО.

Твердые бытовые отходы города Уфы представлены в основном бумагой и картоном, полимерными материалами, пищевыми отходами, изделиями из черных и цветных металлов, минеральных примесей (кирпич, камни) и отсева. Состав отходов резко отличается по сезонам года, особенно по пищевым отходам. В летне-осенний период преобладают отходы овощей и фруктов, в зимне-весеннем сезоне отходы состоят в основном из картофельных очисток, гнилого картофеля и других овощей, влажность отходов значительно меньше. Ниже в таблице 20 приводятся по данным АКХ им. К. Д. Памфилова средние данные морфологического состава твердых бытовых отходов города Уфы за 1990 год.

Таблица 19

Динамика образования твердых бытовых отходов
и их вывоза на городскую свалку

	Годы			
	1991	1994	1996	2005
Спецавтохозяйство, тыс. $м^3$	1460,0	1400,0	1460,0	
Промпредприятия, тыс. $м^3$	–	150,0	153,0	
ИТОГО, тыс. $м^3$	1460,0	1550,0	1613,0	2000,0

Экспертная оценка морфологического состава ТБО в 1994 году показала резкое изменение состава ТБО, возросла доля полимерных материалов, которая составила 5,5-6,1 %, бумага, картон до 40 %, текстиль 6,0-7,1 %, стекло до 5-6,5 %.

Плотность твердых бытовых отходов зависит от сезона года и изменяется в пределах 0,21-0,25 т/$м^3$. Наименьшая плотность наблюдается с декабря по март и связана с высоким содержанием бумаги, картона и минимальным содержанием влажных пищевых отходов. К тому же при контейнерной системе сбора ТБО не происходит его увлажнение за счет дождей, как это происходит в осенний период. При расширении многоэтажного строительства следует ожидать стабилизации плотности ТБО в течение года.

Таблица 20

Средние данные морфологического состава твердых бытовых отходов города Уфы
(по сезонам года и среднегодовые), % к общей массе

№ п/п	Компоненты ТБО	Сезоны года				Среднегодовые значения	
		Зима	Весна	Лето	Осень	1990 год	1996 год
1.	Бумага, картон	34,5	36,0	33,0	29,1	33,2	35,0
2.	Пищевые отходы	32,5	28,0	35,6	44,2	35,1	29,6
3.	Дерево, листья	0,9	2,8	1,7	2,6	2,0	2,3
4.	Текстиль	5,6	5,5	3,8	4,8	4,9	4,9
5.	Кожа, резина	0,3	0,6	0,3	0,3	0,4	0,5
6.	Полимерные материалы	4,8	3,9	3,6	3,0	3,8	5,8
7.	Кости	3,4	3,0	1,8	1,2	2,3	2,3
8.	Металл черный	2,5	2,6	3,3	2,0	2,6	2,1
9.	Металл цветной	0,5	0,3	0,7	0,3	0,5	0,5
10.	Стекло	4,0	4,5	4,3	3,4	4,1	5,3
11.	Камни, керамика	0,7	0,8	1,0	0,8	0,8	1,1
12.	Опасные отходы (батарейки, бытовая химия, нитрокраска, лекарства, ядохимикаты и др.)	0,2	—	0,5	0,2	0,2	0,4
13.	Отсев менее 16 мм	10,1	12,0	10,4	8,1	10,1	10,2
	Плотность, т/м^3	0,2	0,18	0,21	0,25	0,21	0,21
	Влажность. % к общей массе	45,9	44,6	50,5	57,4	49,6	49,5
	Зольность, % на сух. вещ.	28,5	30,1	37,8	34,7	32,8	33,0

Зольность, элементарный состав, выход летучих продуктов, удельная теплота сгорания ТБО приведены в таблице 21 и не отличаются от аналогичных показателей для крупных городов. Необходимо отметить, что значительная зольность (~ 33 %) и низкая удельная теплота сгорания (~ 1350 ккал/кг) вызывает сомнение в высокой рентабельности печей по сжиганию ТБО, которые в разных вариантах предлагаются мэрии г. Уфы. Скорее, без финансовой поддержки города, эти производства могут быть нерентабельны.

Содержание биогенных элементов (азота, фосфора, калия, углерода) позволяет отнести ТБО к разряду хороших материалов для получения биотоплива или органоминерального удобрения (табл. 22). Однако, опыт работы Опытного завода по механизированной переработке бытовых отходов г. Санкт-Петербург показывает, что полученный компост содержит высокие концентрации тяжелых металлов, особенно свинца и других токсичных соединений, поэтому затруднено применение его по прямому назначению. Здесь также не следует ожидать прибыльного производства.

Согласно данным исследований Академии коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова ТБО сильно заражены возбудителями кишечных инфекций. Коли-титр достигает $1 \cdot 10^{-8}$, что на пять порядков превышает коли-титр сильно загрязненной почвы.

Система вывоза ТБО (см. рис. 5) основана на применении несменяемых контейнеров. В каждом дворе (за исключением нескольких), расставлены контейнера, находящиеся на балансе треста «Спецавтохозяйство». При застройке выше 5-ти этажей в домах установлены мусоропроводы. Практически все мусоросборочные камеры домов, имеющих мусоропроводы, не обеспечены контейнерами, в связи с чем вывоз отходов из камер производится с перегрузкой в контейнеры или в мусоровозы.

Для вывоза ТБО на свалку трестом «Спецавтохозяйство» разработаны маршрутные графики по 47 маршрутам. Для мусоровозов марок 53 М, КО-404, КО-424, КО-413. КО-415, М-30 разработаны собственные маршрутные графики. Мусоровозы работают в полуторасменном режиме (рис. 6).

Городская свалка эксплуатируется с 1962 года. Расположена на месте битумных ям АО «Уфимский нефтеперерабатывающий завод» (рис. 9). Территория, занимаемая свалкой, составляет около 94 га. Городская свалка условно разделена на 4 зоны: на первую и вторую зоны, где складируются бытовые отходы вперемешку с промышленными отходами, на промышленную зону (третью) завозятся промышленные отходы, четвертая зона – старые захоронения промышленных отходов.

Таблица 21

Элементарный состав, выход летучих продуктов и теплота сгорания твердых бытовых отходов г. Уфы в 1990 г.

Сезон года	Содержание элементов, % на рабочую массу							Выход летучих продуктов, % на сух.вещ.	Удельная теплота сгорания, ккал/кг
	Углерод	Водород	Кислород	Азот	Сера	Зола	Влажность		
Зима	19,7	2,6	15,7	0,5	0,2	15,4	45,9	65,4	1554,3
Весна	19,6	2,5	15,9	0,5	0,2	16,7	44,6	65,1	1526,8
Лето	15,6	2,0	12,6	0,5	0,1	18,7	50,5	63,6	1127,6
Осень	16,4	2,1	12,9	0,55	0,15	10,5	57,4	65,4	1169,1
Среднегодовые значения	17,8	2,3	14,3	0,5	0,2	15,3	49,6	64,9	1344,5

Таблица 22

Агрохимические показатели твердых бытовых отходов г. Уфы (данные по сезонам года и среднегодовые, 1990 год)
% на сухое вещество

Агрохимические показатели % на сухое вещество	Сезоны года				Среднегодовые данные
	Зима	Весна	Лето	Осень	
Влажность	45,9	44,6	50,5	57,4	49,6
Органическое вещество	71,5	69,9	62,2	75,3	69,7
Азот	0,92	0,9	1,01	1,30	1,03
Фосфор	0,61	0,56	0,50	0,43	0,53
Калий	0,5	0,48	0,52	0,60	0,53
Кальций	2,64	2,58	2,26	2,26	2,44
Отношение углерода к азоту (C:N)	20,7	24,9	18,8	18,8	21,1

Под массивом отходов остались засыпанными несколько родников, которые изливаются по краям свалки со стороны ручьев Фирсов овраг и Стеклянка.

Эксплуатация свалки началась с засыпки битумных ям и развивалась в сторону ручья Фирсов овраг по овражку и в сторону карьера (свалки АО «Уфаоргсинтез»).

Оценочно объем накопленных отходов на городской свалке составляет около 7 млн. $м^3$.

Свалка эксплуатируется без проекта. Выполненный Институтом «Гипрокоммунжилпроект» в 1979 году проект благоустройства городской свалки утерян, не выполнен также отвод земли под городскую свалку.

До 1991 года технология складирования отходов представляла собой навал ТБО, который разравнивался и уплотнялся бульдозерами. После 1991 года технология складирования представляет собой «высотную» схему, то есть слой ТБО толщиной 0,5-1,0 м после разравнивания и уплотнения засыпается слоем грунта, в основном глины. Послойная засыпка ТБО грунтом производится периодически. Слой ТБО толщиной 1-1,5 м

перекрывается изоляционным слоем. ТБО складируется без предварительной сортировки полезных компонентов: бумаги, полимеров, цветных металлов, стекла и т.д. Промышленные твердые отходы складируются на смежном участке, а жидкие отходы сливаются в битумные ямы. Таким образом, при эксплуатации свалки не предусматривается утилизация полезных примесей ТБО, при этом теряется примерно 40-60 % утилизируемых материалов (см. табл. 17). На разравнивании и уплотнении отходов работают 7 бульдозеров «Спецавтохозяйства» и привлеченная техника городских предприятий. Штаты по обслуживанию свалки состоят из одного начальника, двух мастеров и семи рабочих. На смежном участке со свалкой ТБО организована свалка промышленных отходов (третья зона), которая обслуживается привлеченной техникой и рабочим персоналом городских предприятий. По соседству находится полигон промышленных отходов АО «Уфаоргсинтез» с двумя обвалованными земляными емкостями.

После «фенольных» событий по решению мэрии г. Уфы в 1990 году были построены на овраге, примыкающем к ручью Фирсов овраг, две плотины с прудами-накопителями для перехвата загрязненных талых, дождевых и грунтовых вод. Накопленную воду из верхнего пруда предусматривалось откачивать частично назад на свалку, остальную часть на очистные сооружения АП «Уфанефтехим». Для этих целей возле верхней плотины сооружена насосная станция.

В настоящее время сточные воды из прудов-накопителей на очистные сооружения АП «Уфанефтехим» не перекачиваются, а возвращаются в свободные мазутные и битумные ямы или используются для полива основного массива свалки.

Учет объемов ТБО для транспорта «Спецавтохозяйства» производится по количеству рейсов, для промышленных отходов – по объему, определенному Госкомприродой для вывоза на свалку. Объем вывоза ТБО от жилищного хозяйства промышленных предприятий не контролируется.

Из-за отсутствия полигона по захоронению и предприятий по переработке токсичных отходов промышленные отходы в настоящее время (и в прошлом) предприятия вывозят на городскую свалку. Для контроля и регулирования вывоза токсичных веществ на городскую свалку Уфимский городской комитет охраны природы выдает разрешение на их вывоз.

Для уменьшения числа машин, работающих на вывозе ТБО на свалку, в Уфе применяется система перегрузки ТБО на мусороперегрузочной станции. На мусороперегрузочную станцию доставляется ТБО из

Советского, Ленинского, Кировского и Демского районов города (см. рис. 6).

Уфимская свалка твердых бытовых отходов расположена в северной части города у поселка Черкассы (рис. 7, 8).

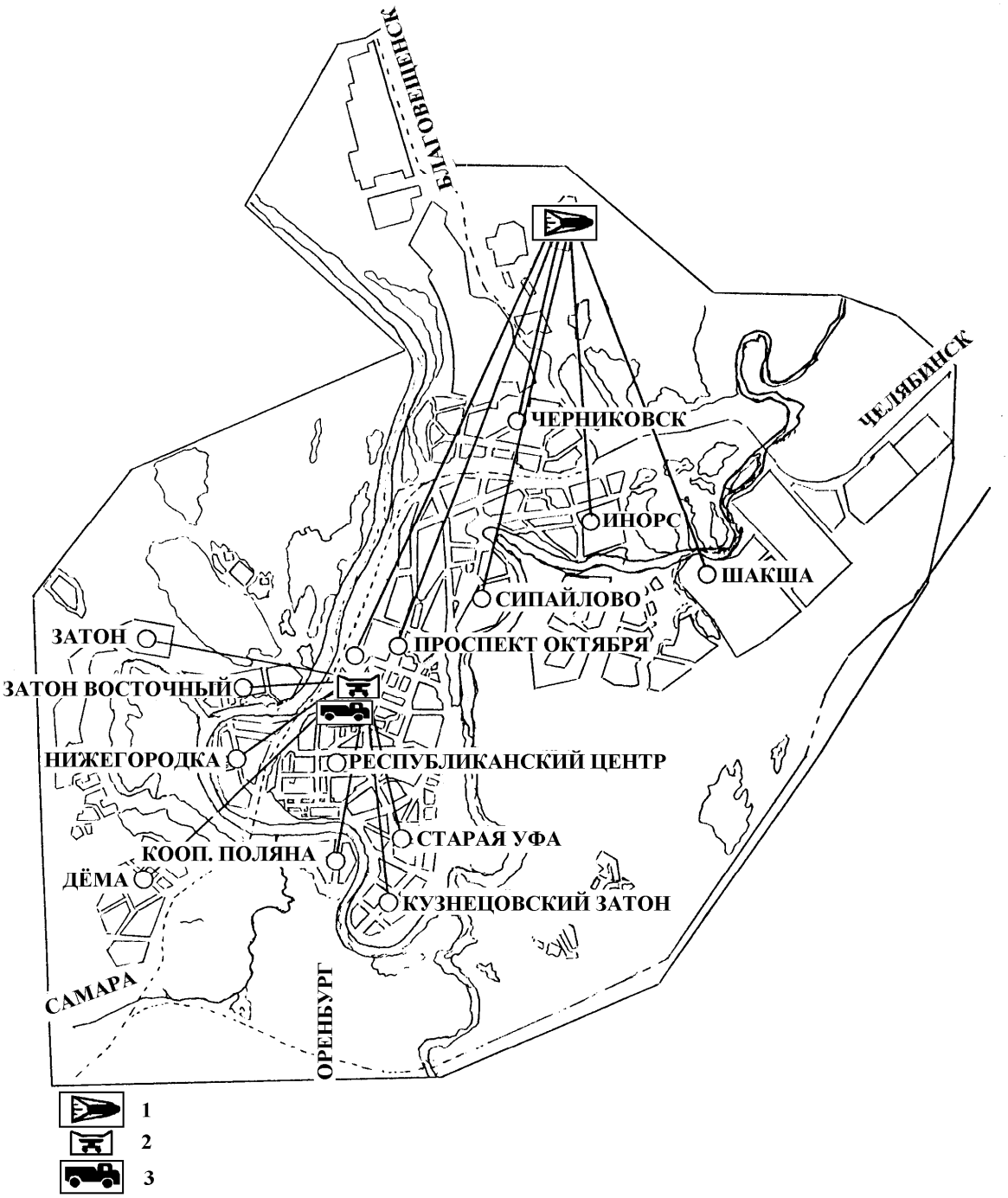


Рис. 6. Схема санитарной очистки города от твердых бытовых отходов

1 – полигон по складированию твердых бытовых отходов; 2 – мусороперегрузочная станция; 3 – база «Спецавтохозяйства»

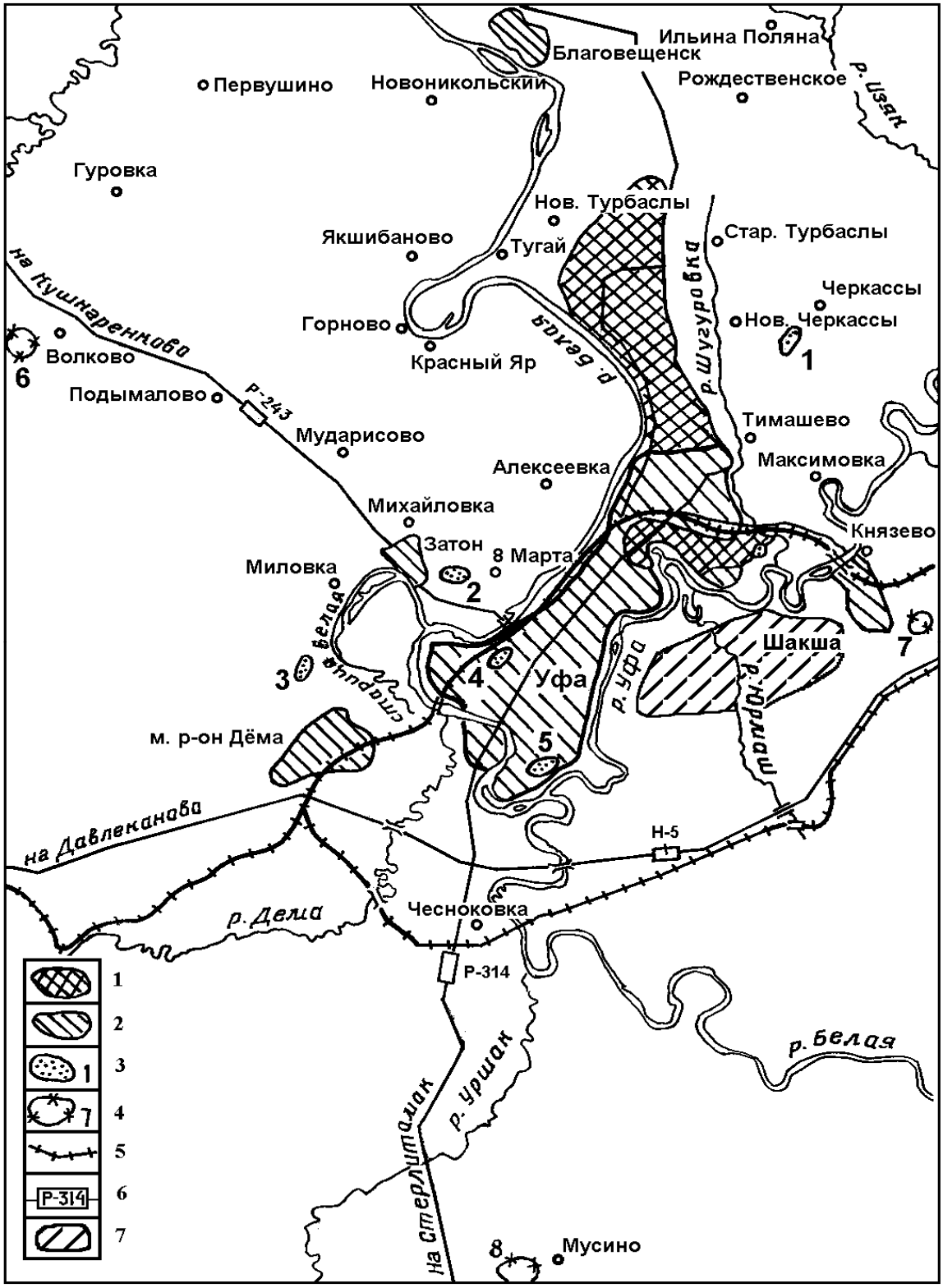


Рис. 7. Карта расположения существующих и проектируемых свалок

1 – промышленные предприятия; 2 – жилая зона; 3 – старые и эксплуатируемые свалки; 4 – проектируемые свалки; 5 – железные дороги; 6 – автомобильные дороги; 7 – перспективные районы застройки г. Уфы

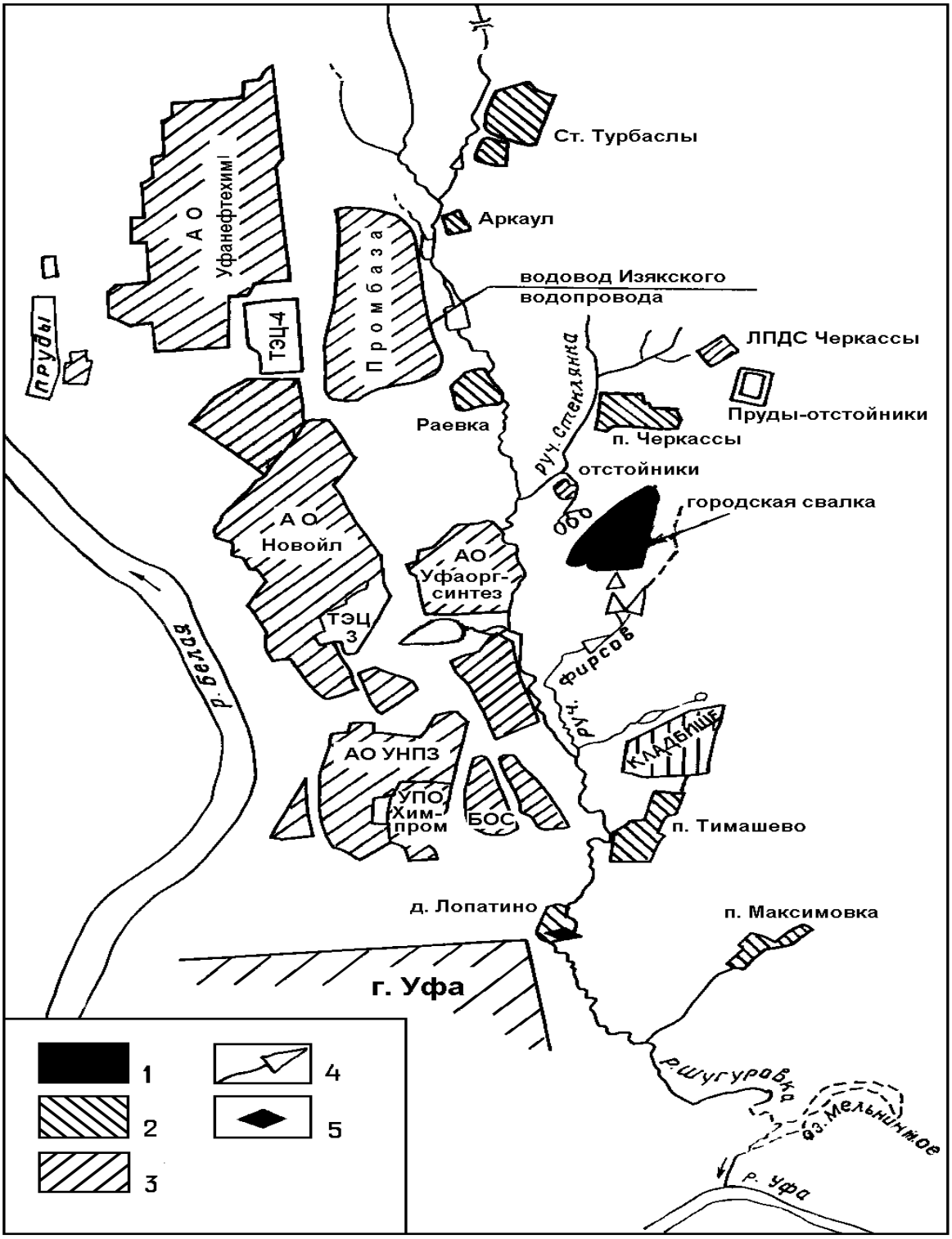


Рис. 8. Потенциальные источники загрязнения бассейна р. Шугуровка

1 – городская свалка; 2 – жилая зона (населенные пункты); 3 – промышленная зона (предприятия); 4 – защитные пруды; 5 – проектируемое гидротехническое сооружение

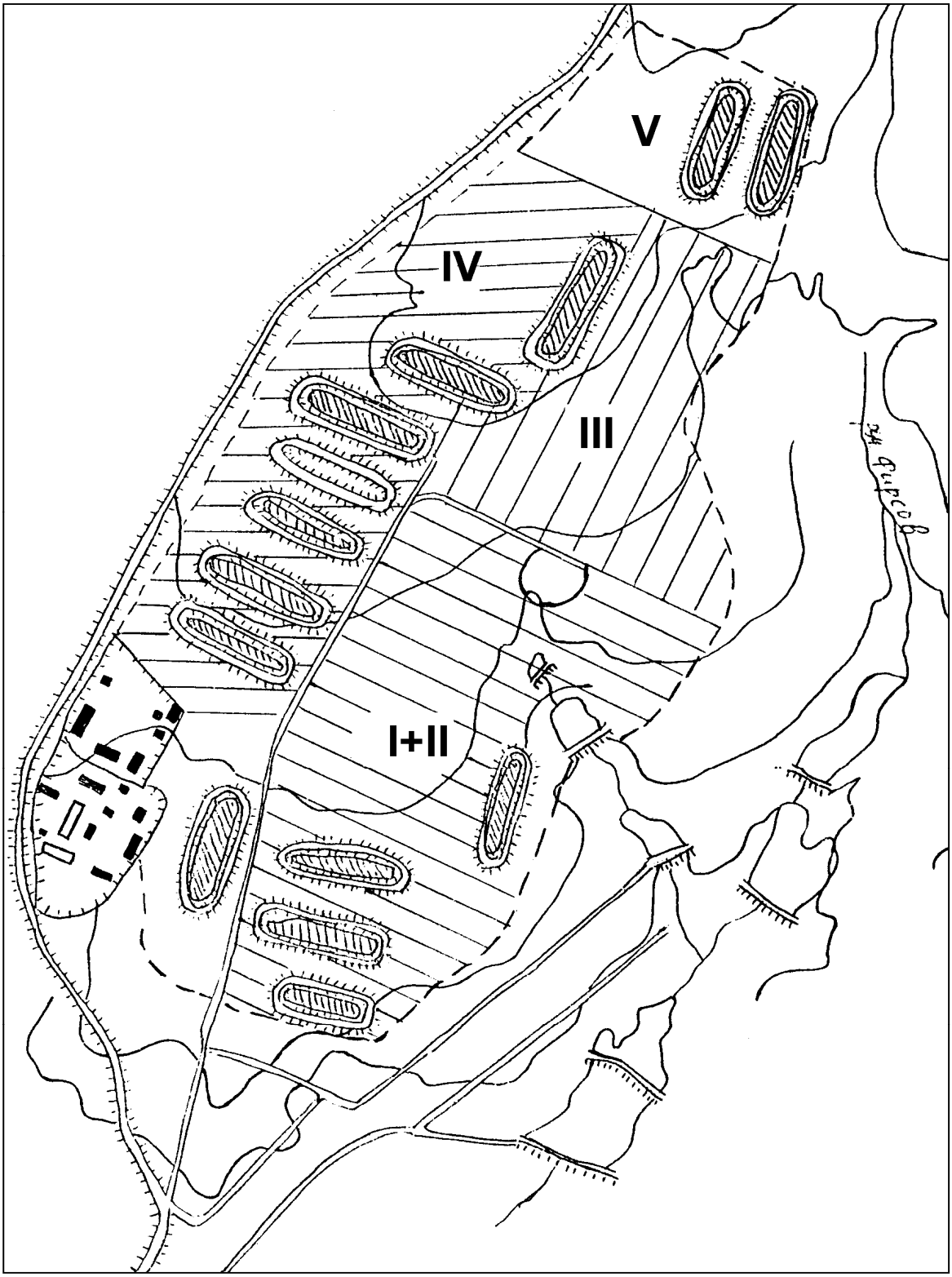


Рис. 9. Схема районирования свалки

I и II – зона складирования бытовых и нетоксичных промышленных отходов; III – зона складирования промышленных отходов; IV – старое захоронение промышленных отходов; V – полигон складирования АО Уфаоргсинтез

Мусороперегрузочная станция эстакадного типа имеет 2 погрузочных и 2 разгрузочных поста. Разгрузка ТБО из верхней площадки осуществляется практически непосредственно в мусоровозы марки КО-415, которыми ТБО вывозятся на свалку.

Среднее расстояние вывоза ТБО в целом по городу составляет 28 км, расстояние от мусороперегрузочной станции до свалки ТБО 22 км.

Промышленные предприятия отходы вывозят собственным транспортом.

Расположение Уфимской свалки ТБО на севере от города на одном месте имеет целый ряд недостатков:

1. Уфимская свалка ТБО расположена на левом берегу р. Шугуровка, которая впадает выше Южного водозабора г. Уфы и представляет реальный источник загрязнения питьевых вод (см. рис. 7, 8).
2. Город Уфа имеет вытянутую планировку в направлении юг – север, в этом направлении имеется лишь три маршрута движения транспорта, движение дополнительного потока мусоровозов в этих направлениях осложняет и без того сложную транспортную обстановку в городе; удлиняется маршрут движения мусоровозов от жилых массивов до свалки.
3. В проекте перспективного развития г. Уфы, разработанном институтом «Урбанистика» (г. С.-Петербург), предусматривается устройство полигонов ТБО дополнительно в трех-четырех направлениях. Предварительные направления: Кушнаренковское, Белорецкое, Магнитогорское, Стерлитамакское (рис. 7).
4. Уфимская городская свалка с первых дней эксплуатировалась без проекта, без жесткой регламентации приема отходов по составу. До 1990 года на свалку городские власти не обращали особого внимания. После «фенольных» событий были последовательно выполнены целый ряд мероприятий, резко улучшивших экологическое состояние вокруг свалки. Эти мероприятия можно группировать следующим образом: оснащение городской свалки техникой и материалами, строительство двух плотин на овраге, по которому стекают грунтовые, талые и дождевые воды в ручей Фирсов овраг и насосной станции для перекачки сточных вод с верхнего пруда на биологические очистные сооружения АП «Уфанефтехим», произведена частичная обваловка свалки, послойная засыпка отходов грунтом, сооружение дорог внутри свалки и т.д. Однако экологическое состояние свалки остается напряженным.

При застройке города несколько старых свалок были застроены без выполнения защитных мероприятий. Это свалка в «старой Уфе» (бывшее озеро), край болота в микрорайоне Инорс, в Нижегородке, квартал вдоль Бульвара Ибрагимова, овраг вдоль улицы Ульяновых, площадка за дорогой Уфа–Бирск возле ПО «Химпром» и другие. Как известно [19], в этих

массивах даже при тщательной изоляции грунтами наблюдаются процессы образования биогаза. Его компонентами являются метан, окись углерода, водород, сероводород, а также десятки других соединений. Выделение и распространение биогаза в окружающей среде, его накопление в зданиях и сооружениях может приводить к целому ряду опасных явлений, таких как взрывоопасные ситуации, дефицит кислорода, токсикологически неблагоприятные условия, угнетающие растительность, образование токсичных сточных вод и т.д. Негативные воздействия старых свалок в г. Уфе не изучались, хотя имеется целый ряд исследований в этом направлении в городах Москва, Санкт-Петербург, особенно в Германии после объединения [19, 53, 54, 95].

ГЛАВА 4. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ГОРОДСКОЙ СВАЛКИ И ИХ РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ ЭКОЛОГО-ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

4.1. Рельеф и климатические условия

Свалка расположена в северной части г. Уфы (см. рис. 7) в пределах так называемого «Уфимского полуострова» (Бельско-Уфимская водораздельная равнина). Участок свалки с запада и северо-запада ограничен р. Шугуровка и ее левым притоком руч. Стеклянка (рис. 8), а с востока и юго-востока – руч. Фирсов (левый приток р. Шугуровка). Абсолютные отметки колеблются от 80-85 м (урезы рек Белая и Уфа) до 116-130 м (урезы рек Шугуровка, Стеклянка, Фирсов), 142 м (нижние пруды – накопители промышленных стоков) и 187 м (верхние пруды-накопители). Свалка бытовых отходов находится на отметках 165-171 м.

Сток атмосферных осадков с участка свалки осуществляется в реки Шугуровка и Фирсов. Склоны рек довольно крутые, слабо задернованные. В ручей Фирсов поступает основная часть загрязненных поверхностных вод. Для защиты р. Шугуровка от попадания загрязненных ливневых и талых вод на ручье Фирсов и открывающихся в него оврагах построено несколько прудов (см. рис. 8, 9).

Климат района по данным метеостанции «Уфа-Дема» континентальный, амплитуды колебаний температуры воздуха в многолетнем разрезе достигают 88°С (от минус 49°С до плюс 39°С). Среднемесячная температура января составляет минус 14,9°С, а июля плюс 18,9°С; среднемноголетняя годовая температура плюс 2,8°С. Продолжительность безморозного периода равняется 128 дням (колеблется по годам от 76 до 176 дней).

Температурный режим почвы в целом повторяет годовой ход температуры воздуха. Среднегодовая температура почвы +4°С; колеблется от –16°С в январе до +24°С в июле. Глубина промерзания почвы в среднем составляет 94 см (колеблется по годам от 63 до 130 см). Нормативная глубина промерзания согласно СНиП 2.01.01-82 составляет 180 см.

Район исследований относится к зоне достаточного увлажнения (гидротермический коэффициент около 1,1). Средняя годовая упругость водяного пара 7,2 мб, относительная влажность воздуха 75 %. Недостаток

насыщения воздуха в среднем за год составляет 3,6 мб. Среднее годовое количество осадков равняется 789 мм/год. Максимальное суточное количество осадков достигает 58 мм. В среднем за год отмечается до 0,5 дней с осадками 30,0 мм, до 3 дней с осадками более 20 мм, до 34 дней с осадками более 5,0 мм. Испарение с поверхности суши составляет 442, а с водной поверхности 705 мм (табл. 23).

Таблица 23

Величина испарения с водной поверхности, с поверхности суши и снега в течение года

Месяцы	Испарение с поверхности суши и снега, мм	Испарение с водной поверхности, мм
01	3,4	0
02	0,8	0
03	17,4	0
04	48,8	104
05	66,3	137
06	84,2	133
07	102,0	120
08	75,6	114
09	33,3	62
10	9,6	35
11	0	0
12	0,3	0
Год	442	705

4.2. Поверхностные воды и их химический состав

Основная часть свалки расположена на водосборе ручья Фирсов, впадающего в р. Шугуровка. Река Шугуровка – правобережный приток р. Уфа, берет начало в 2,5 км севернее с. Старые Турбаслы. Бассейн реки холмистый, залесен до 30 %, распахан до 40 %. Площадь водосбора составляет: в 100 м ниже устья ручья Стеклянка (водопост 1) – 50 км^2, в 240 м ниже автодорожного моста (выше устья ручья Фирсов, водопост 2) – 64 км^2 (рис. 10). Средний уклон водотока не превышает 6,8 %, средне-

взвешенный уклон – 3,5 %. Уклон между ручьями Стеклянка и Фирсов – 2,2 %. Русло р. Шугуровка – извилистое, шириной от 1,0 до 2,5 м. На участке свалки глубина в межень достигает 0,3 на перекатах и 1,5 м на плесах. Средняя скорость течения изменяется от 0,2 до 0,8 м/с. Шугуровка относится к типу рек с четко выраженным весенним половодьем, которое длится в среднем от 6 апреля до 9 мая.

Расчетные наивысшие уровни р. Шугуровка приведены в таблице 24, а расчетные значения годового стока разной обеспеченности при C_v* = 0,44; $C_v=2C_s$ приводятся в таблице 25. В период весеннего половодья проходит 82 % годового стока, в период летне-осенней межени – 3 %.

Таблица 24

Расчетные наивысшие уровни р. Шугуровка

Фаза водного режима	Наивысшие уровни воды Р % обеспеченности (МБС)					
	1 %	3 %	5 %	10 %	25 %	50 %
1) Весеннее половодье Водопост 1	126,20	126,00	125,80	125,65	125,30	124,9
Дождевые паводки	124,75	124,00	124,50	124,40	124,28	–
2) Весеннее половодье Водопост 2	116,00	116,85	116,75	116,55	116,25	115,9
Дождевые паводки	115,65	115,45	115,25	115,25	115,05	–

На левом склоне долины р. Шугуровка в пределах рассматриваемого участка открываются несколько небольших оврагов. В период дождевых паводков на их водосборах могут образоваться временные водотоки с максимальными расходами 0,285-0,76 м^3/с при 1 % обеспеченности и 0,207-0,373 м^3/с при 5 % обеспеченности.

С восточной и юго-восточной стороны территория городской свалки ограничена руч. Фирсов. Он берет начало в 1,5 км юго-восточнее с. Новые Черкассы и является левым притоком р. Шугуровка. Бассейн ручья холмистый, распахан до 60 %, практически не залесен. Русло извилистое, засоренное, шириной 1,5-2,0 м. Глубина вреза – 0,5 м на перекатах, до

* C_v – коэффициент вариации, C_s – коэффициент асимметрии.

0,5 м на плесах. В межень ширина ручья до 1 м, глубина от 0,05 м на перекатах до 0,5 м на плесах, уклон водной поверхности – 0,015.

Ручей Фирсов – водоток с четко выраженным весенним половодьем, которое длится с середины первой декады апреля до начала последней декады апреля. Пик половодья наступает в середине месяца и длится несколько часов. В зимний период русло ручья промерзает, образуются наледи, поэтому в начале половодья вода течет поверх льда и снега, постепенно размывая их. С мая по октябрь устанавливается летне-осенняя межень. Подъем уровней в период дождей не превышает 0,5 м.

Таблица 25

Расчетные значения годового стока р. Шугуровка

Характеристика	Годовой сток Р% обеспеченности								
	1 %	3 %	5 %	10 %	25 %	50 %	75 %	90 %	95 %
Водопост 1									
Среднегодовой расход, $м^3/с$	0,807	0,693	0,693	0,559	0,439	0,329	0,238	0,173	0,127
Среднегодовой объем стока, 10^6 $м^3/с$	25,46	21,85	20,15	17,62	13,64	10,38	7,509	5,464	0,005
Слой годового стока, мм	508	436	402	352	276	207	150	109	800
Водопост 2									
Среднегодовой расход, $м^3/с$	1,015	0,873	0,806	0,707	0,556	0,421	0,307	0,225	0,186
Среднегодовой объем стока, 10^6 $м^3/год$	32,01	27,53	25,42	22,30	17,53	13,28	9,692	7,096	5,866
Слой годового стока, мм	430	397	348	274	202	151	111	91,7	

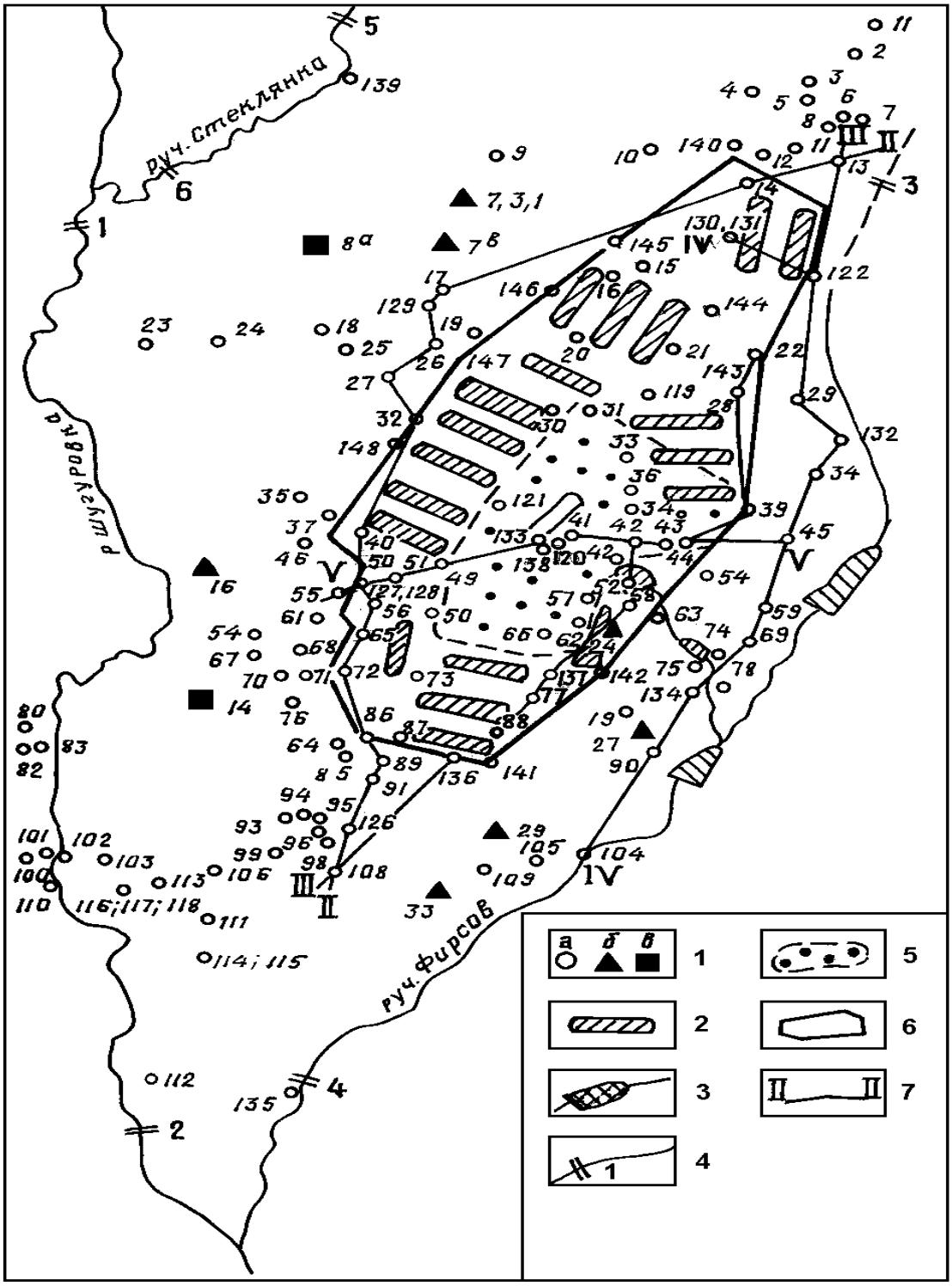


Рис. 10. Схема гидрогеохимического опробования междуречья Шугуровка – Фирсов

1 – водоисточники: а – скважина, б – источник, в – колодец; 2 – пруды-накопители промышленных сточных вод; 3 – защитные пруды; 4 – водомерный пост (водопост); 5 – свалка бытовых отходов; 6 – граница защитных мероприятий; 7 – линия гидрогеологического разреза

Расчетные уровни в период весеннего половодья и дождевых паводков приводятся в табл. 26, а расчетные значения годового стока разной обеспеченности при C_v = 0,51-0,56 и $C_s = 2C_v$ приводятся в табл. 27. В период весеннего половодья проходит 85 % годового стока, в период летне-осенней межени – 12 %, а зимней – около 3 %.

Таблица 26

Расчетные уровни ручья Фирсов

Фаза водного режима	Наивысшие уровни воды Р % обеспеченности (МБС)					
	1 %	3 %	5 %	10 %	25 %	50 %
Водопост 3 (выше свалки)						
Весеннее половодье	170,51	170,45	170,42	170,37	170,30	170,22
Дождевые паводки	170,49	170,41	170,40	170,36	170,27	
Водопост 4 (ниже свалки)						
Весеннее половодье	119,44	119,39	119,36	119,32	119,26	119,20
Дождевые паводки	119,28	119,25	119,23	119,21	119,16	

На левом склоне долины ручья Фирсов в пределах рассматриваемого участка имеется несколько небольших оврагов, которые могут сформировать дождевые паводки с максимальными расходами 0,314-0,715 м^3/с (1 %-ой обеспеченности) и 0,151-0,373 м^3/с (5 %-ой обеспеченности).

С северо-западной стороны территория городской свалки ограничена руч. Стеклянка, который берет начало от родника в 1 км севернее с. Новые Черкассы и является левым притоком р. Шугуровка. Бассейн ручья холмистый, залесенность около 3 %. Средний уклон водотока 11,6 %, средневзвешенный – 10,6 %. Уклон на рассматриваемом участке 4,8 %. Русло ручья извилистое, меандрирующее, шириной 3-5 м.

В межень ширина составляет 1,0-2,5 м, глубина – 0,1 м на перекатах и 0,5 м на плесах. Средняя скорость течения изменяется в пределах 0,1-0,5 м^3/с. Весеннее половодье длится около 30 дней (с 6 апреля по 9 мая), продолжительность стояния наивысших уровней – от нескольких часов до 1-1,5 суток. В суровые и малоснежные зимы река промерзает. Летне-осенняя межень длится с мая по октябрь. В период дождевых паводков подъем уровней не превышает 0,8 м.

Таблица 27

Расчетные значения годового стока ручья Фирсов

Характе-ристика	Значения характеристик Р % обеспеченности								
	1 %	3 %	5 %	10 %	25 %	50 %	75 %	90 %	95 %
	Водопост 3 (выше свалки)								
Среднегодовой расход, $м^3/с$	0,023	0,020	0,017	0,015	0,011	0,008	0,005	0,003	0,002
Среднегодовой объем стока, $м^3/с$	0,727	0,658	0,547	0,464	0,342	0,237	0,156	0,102	0,078
Слой годового стока, мм	363	303	274	232	171	119	77,9	51,2	38,9
	Водопост 4 (ниже свалки)								
Среднегодовой расход, $м^3/с$	0,102	0,088	0,079	0,068	0,051	0,036	0,025	0,017	0,013
Среднегодовой объем стока, $м^3/год$	3,217	2,850	2,485	2,132	1,615	1,135	0,789	0,540	0,421
Слой годового стока, мм	392	331	303	260	197	138	96,2	65,8	51,4

Расчетные наивысшие уровни различной обеспеченности приводятся в табл. 28, а расчетные значения годового стока разной обеспеченности при $C_v = 0,48$ и $C_s = 2C_v$ приводятся в табл. 29.

В период весеннего половодья проходит 82 % годового стока, в период летне-осенней межени 15 %, зимой – около 3 %.

На левом склоне долины ручья Стеклянка открывается несколько оврагов, на водосборах которых в период дождевых паводков формируются максимальные расходы воды 0,067-9,77 $м^3/с$ (1 %-ой обеспеченности) и 0,032-5,47 $м^3/с$ (5 %-ой обеспеченности).

Влияние городской свалки на химический состав р. Шугуровка, а в дальнейшем и р. Уфа, проявляется главным образом через ручей Фирсов. Химический состав рек Шугуровка, Фирсов ряд лет изучался трестами «ЗапуралТИСИЗ» (1978-80 гг.), «МосТИСИЗ» (1990-91 гг.), институтом проблем прикладной экологии и природопользования (ИППЭиП) (1994-95 гг.) и другими организациями. Кроме состава вод указанных рек оценивался также состав вод прудов (верхнего и нижнего на правом притоке

ручья Фирсов), ручья Стеклянка и ее притоков. Химический состав поверхностных вод приведен в табл. 30. Как видно из нее (№№ 1-3) вода р. Шугуровка в осенне-зимний период имеет минерализацию 1,4-1,5 г/л, состав гидрокарбонатно-сульфатный, хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатный натриево-кальциевый, pH 7,78-8,26 тип воды II*. Характерны повышенные значения хлор-иона (превышающие фон для районов южного Предуралья в 3-17 раз) и нитрат-иона (18 мг/л).

Ручей Стеклянка, впадающий в р. Шугуровка выше свалки, характеризуется минерализацией воды 1,1-1,2 г/л, невысокими, по сравнению с притоками, концентрациями хлор-иона (см. табл. 30, № 4-7), слабощелочными и щелочными значениями pH (1,12-8,20). Состав воды гидрокарбонатно-сульфатный, сульфатно-гидрокарбонатный кальциевый натриево-кальциевый, а притоков – хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатный натриево-кальциевый, тип воды II.

Таблица 28

Расчетные наивысшие уровни ручья Стеклянка

Фаза водного режима	Наивысшие уровни воды P % обеспеченности (МБС)					
	1 %	3 %	5 %	10 %	25 %	50 %
водопост № 5						
Весеннее половодье	131,20	130,96	130,43	130,40	130,02	130,94
Дождевые паводки	130,02	130,00	129,95	129,84	129,85	
водопост № 6 (устье)						
Весеннее половодье	127,50	127,25	127,15	126,95	126,55	126,20
Дождевые паводки	126,40	126,25	126,15	126,00	125,75	

* Систематизация природных вод по химическому составу произведена на базе классификации О. А. Алекина [12] с дополнением Е. В. Посохова [76], согласно которой выделены четыре типа вод с соотношниями: при $rCl < rNa$ — I - $rHCO_3^- > rCa^{2+} + rMg^{2+}$ (гидрокарбонатный натриевый тип) и II- $rHCO_3^- < rCa^{2+} + rMg^{2+}$ (сульфатный натриевый тип); при $rCl > rNa$ — IIIа- $rCl^- < rNa^+ + rMg^{2+}$ (хлормагниевый тип) и IIIб- $rCl^- > rNa^+ + rMg^{2+}$ (хлоркальциевый тип). Наименование водам дано по преобладанющим (свыше 20 % экв) анионам и катионам в порядке их возрастания.

Таблица 29

Расчетные значения годового стока ручья Стеклянка

Характе-ристика	Значения характеристик Р % обеспеченности								
	1 %	3 %	5 %	10 %	25 %	50 %	75 %	90 %	95 %
водопост № 5									
Среднегодовой расход, $м^3/с$	0,131	0,112	0,102	0,088	0,068	0,049	0,034	0,024	0,019
Среднегодовой объем стока, $м^3/с$	4,137	3,517	3,209	2,770	2,139	1,540	1,073	0,749	0,593
Слой годового стока, мм	435	370	338	292	225	162	113	78,8	62,4
водопост № 6 (устье)									
Среднегодовой расход, $м^3/с$	0,224	0,191	0,175	0,151	0,118	0,085	0,060	0,042	0,033
Среднегодовой объем стока, $м^3/год$	7,080	6,029	5,512	4,770	3,714	2,681	1,882	1,321	1,056
Слой годового стока, мм	432	368	336	291	226	163	115	80,5	64,4

Химический состав воды ручья Фирсов в течение года подвергается значительным колебаниям. Минерализация воды колеблется от 0,1 до 0,9 г/л, содержание хлоридного иона – основного показателя загрязненности воды – выше свалки не превышает 7,1-28,4 мг/л, а ниже свалки достигает 114,8-166,8 мг/л (см. табл. 30, № 8-16).

Состав воды изменяется от гидрокарбонатного кальциево-натриевого до сульфатно-хлоридного, хлоридно-гидрокарбонатного натриево-кальциевого, магниево-натриево-кальциевого, тип воды – I, II и IIIа, pH – 7,38-8,3. Содержание биогенных элементов в воде невысокое (NO_3^+ – 6,0-12 мг/л, NH_4^+ – 0,53-3,0 мг/л), а фенолов превышает ПДК в 53-55 раз.

Наибольшие концентрации тяжелых металлов обнаруживаются в прудах-накопителях. В верхнем накопителе, расположенном в основании бытовой свалки, содержание (мг/л): меди – от 0,029 до 0,27, свинца – от 0,008 до 0,042, кадмия – от 0,0003 до 0,004, цинка – от 0,13 до 0,61, железа – 0,005 до 14,0, марганца – от 0,002 до 1,06, хрома от 0,005 до 0,14, а в

нижнем: меди – от 0,0026 до 0,02, свинца – от 0,003 до 0,004, кадмия – от 0,0026 до 0,003, цинка – от 0,1 до 0,18, железа – от 0,02 до 0,85, марганца – от 0,01 до 0,67, хрома – от 0,001 до 0,01.

В пробе воды верхнего пруда, отобранной в 1991 году (22.04), обнаружены диоксины (до 0,56 нг/дм^3 по суммарному эквиваленту загрязнения).

4.3. Геолого-гидрогеологические условия

Основание свалки до изученной глубины (100-120 м) слагают породы четвертичного, неогенового и пермского возраста. Сводный стратиграфо-литологический разрез (сверху вниз) следующий:

1) насыпной слой (***tQ_4***) представлен бытовым мусором, отходами нефтехимической и других видов промышленности (бетон, кирпич, пластмасса и др.), а также глинами и суглинками с растительными остатками. Грунт слежавшийся, возраст отсыпки более 20 лет. Максимальная мощность слоя составляет до 11,3 м, а со стороны правого овражка ручья Фирсов над верхним прудом достигает 18 м;
2) почва (0,1-0,8 м);
3) суглинки и глины четвертичного возраста (***dQ***) коричневые от мягкопластичной до полутвердой консистенции с включением щебня известняка. Распространены повсеместно, за исключением левого коренного склона долины р. Шугуровка, где на поверхность выходят общесыртовая свита и соликамский горизонт. Глубина залегания подошвы четвертичных глинистых отложений составляет 1,5-13,2 м;
4) общесыртовые (***N^3_2 – Q_1***) глины коричневые от полутвердой до тугопластичной консистенции, плотные с углистыми включениями, с частыми и тонкими прослойками песка. Распространены в центральной и локально юго-западной частях территории мощностью 5,8-33,4 м;
5) акчагыльские (***N_2ak***) глины коричневые с желтоватым оттенком твердой и полутвердой консистенции, с прослоями песка. Распространены в центральной части участка исследований мощностью до 31 м;
6) кинельские (***N_2kn***) глины коричневато-серые, полутвердой консистенции, с большим содержанием обломочного материала коренных пород, ракушек, с прослоями песка и щебнисто-гравийных грунтов. Распространены практически повсеместно и выклиниваются лишь по левому коренному склону р. Шугуровка и в северо-восточной части территории. Залегают до глубины 10,5-81,5 м, мощность их 1,4-51,1 м;
7) шешминские породы, залегающие в верхней части уфимского яруса (***P_2ss***) представлены, красновато-коричневыми, аргиллитоподобными

глинами, алевролитами, маломощными прослойками песчаника и известняка. Распространены в северо-восточной части территории;

8) соликамские породы, слагающие нижнюю часть уфимского яруса (***P_2sl***) распространены на всей исследуемой территории и представлены глинами, а также зеленовато-серыми мергелями, разрушенными до состояния дресвы и щебня. Соликамские отложения залегают в виде прослоев и линз, местами выклиниваются. В подошве слоя в карбонатных породах встречены полости, заполненные рыхлым текучим глинисто-щебнистым материалом, размерами по вертикали от 2 до 9 м. Они вскрыты скважинами 1, 3, 6 и 10 в интервале глубин соответственно 74,0-79,6, 52,0-56,5, 34,5-42,5 м. Кровля уфимского яруса отбивается на абсолютных отметках 87,0-126,4 м (центральная часть), 140,0-150,0 и 180,0-191,7 м (остальная часть исследуемой территории). Общая мощность уфимских пород составляет 20-56,5 м;

9) кунгурский ярус (***P_1k***) представлен гипсами беловато-серыми, трещиноватыми, кавернозными. Трещины и каверны закольматированы вторичным глинистым плотным материалом. Кровля гипсов отмечена на абсолютных отметках 43,4-79,5 м (юго-восточная часть), 102-115 м (северо-восточная часть).

Гидрогеологические условия исследуемой территории [5] характеризуются наличием подземных вод в четвертичных, неогеновых, уфимских и кунгурских отложениях (рис. 11-15).

Горизонт грунтовых вод приурочен к делювиальным суглинкам и глинам четвертичного возраста, а на участках их выклинивания – к общесыртовым глинам. Грунтовые воды залегают на глубинах 0,5-9,8 м, но преимущественно – на глубине 2,0-4,0 м. Мощность горизонта 1,5-9,4 м, средняя – 5,5 м. Абсолютные отметки уровня вод изменяются от 127,1 м на юге участка до 194,1 м на северо-востоке. Движение потока грунтовых вод происходит с северо-востока на юг и на запад (от водораздела к ручью Фирсов и р. Шугуровка; рис. 11). На карте гидроизогипс вырисовываются три купола растекания грунтовых вод, которые располагаются под резервуарами с нефтеотходами. В западной части участка происходит переток грунтовых вод в соликамские породы, слагающие коренной склон р. Шугуровка.

Коэффициенты фильтрации ($K_ф$) четвертичных глинистых отложений составляет 0,02-2,8 м/сут. Наибольшие значения $K_ф$ (>1,0 м/сут) наблюдается на юго-востоке, в районе правого отвержка ручья Фирсов, наименьшие – на правом склоне ручья Фирсов. На большей части площади распространения горизонта грунтовых вод $K_ф$ равен 0,1-0,5 м/сут. $K_ф$ насыпных грунтов изменяется от 1,6 до 17,9 м/сут.

Таблица 30

Химический состав поверхностных вод района городской свалки

№ проб-бы	Место отбора	Дата отбора	pH	Сумма ионов, г/л	Основные ионы , мг/л ,мг-экв/л, % экв								Индекс состава воды
					HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^++K^+	NH_4^+	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	р.Шугуровка, выше впадения руч.Стеклянка	16.10.95	8.22	1,5	384,3 6,30 29,3	666,63 13,88 64,6	35,54 1,00 4,7	18,00 0,29 1,4	210,5 10,50 48,9	35,63 2,93 13,6	184,92 8,04 37,5	0,60	NaCa CS II
2	р.Шугуровка, (водопост 2), выше руч.Фирсов	16.10.95	8,26	1,4	366,00 6,00 29,0	477,3 9,94 48,0	169,5 4,78 23,1	—	214,6 10,71 51,7	31,86 2,62 12,6	169,97 7,39 35,7	0,70	NaCa ClCS II
3	р,Шугуровка, ниже впадения руч. Фирсов	16.10.95	7,78	1,4	378,20 6,20 30,0	480,6 10,01 48,4	158,6 4,47 21,6	—	202,4 10,10 48,8	34,41 2,83 12,7	178,15 7,75 37,5	0,70	NaCa ClCS II
4	руч.Стеклянка, водопост 6	16.10.95	7,12	1,1	451,40 7,40 47,7	356,4 7,42 47,9	24,6 0,69 4,4	—	174,1 8,69 56,0	36,84 3,03 19,5	87,17 3,79 24,5	0,70	NaCa CS II
5	руч.Стеклянка, водопост 6	16.10.95	8,15	1,2	494,10 8,10 51,3	309,5 6,44 40,8	38,3 1,08 6,8	17,00 0,16 1,1	255,0 12,73 80,6	23,23 1,91 12,1	22,22 1,14 7,3	0,75	Ca SC II
6	ручей, приток руч.Стеклянка	16.10.95	8,20	1,3	646,6 10,6 58,9	228,0 4,75 26,4	87,5 2,47 13,6	12,0 0,19 1,1	190,3 9,49 52,7	29,55 2,43 13,5	140,07 6,09 33,8	0,70	NaCa SC II
7	ручей, приток руч.Стеклянка	16.10.95	7,95	1,2	475,80 7,80 48,9	187,6 3,91 24,5	142,2 4,01 25,2	14,0 0,22 1,4	161,9 8,08 50,7	17,14 1,41 8,8	14835 6,45 40,5	2,10	NaCa ClSC II
8	руч.Фирсов, выше свалки, водопост 3	27.02.80	7,41	0,7	366,00 6,00 69,7	82,30 1,71 19,9	28,40 0,80 9,3	6,00 0,10 1,2	106,8 5,34 62,0	14,27 1,17 13,6	48,30 2,10 24,4	0,55	NaCa C II

Таблица 30 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
9	руч.Фирсов, выше свалки, водопост 3	14.04.80	7,52	0,1	67,10 1,10 70,1	4,00 0,08 5,1	7,10 0,20 12,7	12,00 0,19 12,1	22,60 1,13 72,0	3,41 0,28 17,8	3,68 0,16 10,2	0,70	Ca C_{IIIa}
10	руч.Фирсов, выше свалки, водопост 3	16.10.95	8,30	0,7	451,40 7,40 80,3	65,0 1,35 14,7	16,40 0,46 5,0	—	117,39 5,86 63,6	12,28 1,01 11,0	53,82 2,34 25,4	0,70	NaCa CI_{I}
11	руч.Фирсов, ниже свалки, водопост 4	27.11.79	7,61	0,8	390,40 6,40 53,2	40,33 0,84 7,0	166,85 4,70 39,0	6,00 0,10 0,80	122,60 6,13 50,9	25,01 2,05 17,0	88,78 3,86 32,1	1,10	NaCa ClC_{IIIa}
12	руч.Фирсов, ниже свалки, водопост 4	27.02.80	7,38	0,9	463,60 7,60 58,4	32,92 0,69 5,3	163,30 4,60 35,4	8,00 0,12 0,9	140,40 7,02 54,0	21,47 1,76 13,5	97,29 4,23 32,5	3,00	NaCa SC_{II}
13	руч.Фирсов, ниже свалки, водопост 4	14.04.80	7,39	0,1	109,80 1,80 75,0	4,00 0,08 3,3	14,20 0,40 16,7	8,00 0,12 5,0	32,00 1,60 66,7	4,51 0,37 15,4	9,89 0,43 17,9	1,30	Ca C_{II}
14	руч.Фирсов, устье	24.04.80	7,61	0,5	183,00 3,00 45,9	67,49 1,41 21,6	71,00 2,00 30,6	8,00 0,12 1,9	62,00 3,10 47,5	10,37 0,85 13,0	59,34 2,58 39,5	3,00	NaCa $SClC_{II}$
15	руч.Фирсов, ниже свалки, водопост 4	12.10.95	7,90	0,8	329,40 5,40 55,8	50,0 1,04 10,7	114,8 3,24 33,5	—	111,32 5,56 57,4	24,56 2,02 20,9	25,54 2,10 21,7	0,70	MgNaCa ClC_{IIIa}
16	руч.Фирсов, ниже свалки, водопост 4	16.10.95	7,90	0,7	353,80 5,80 58,1	45,00 0,94 9,4	114,83 3,24 32,5	—	105,25 5,25 52,6	14,71 1,21 12,1	80,96 3,52 35,3	1,40	NaCa ClC_{II}

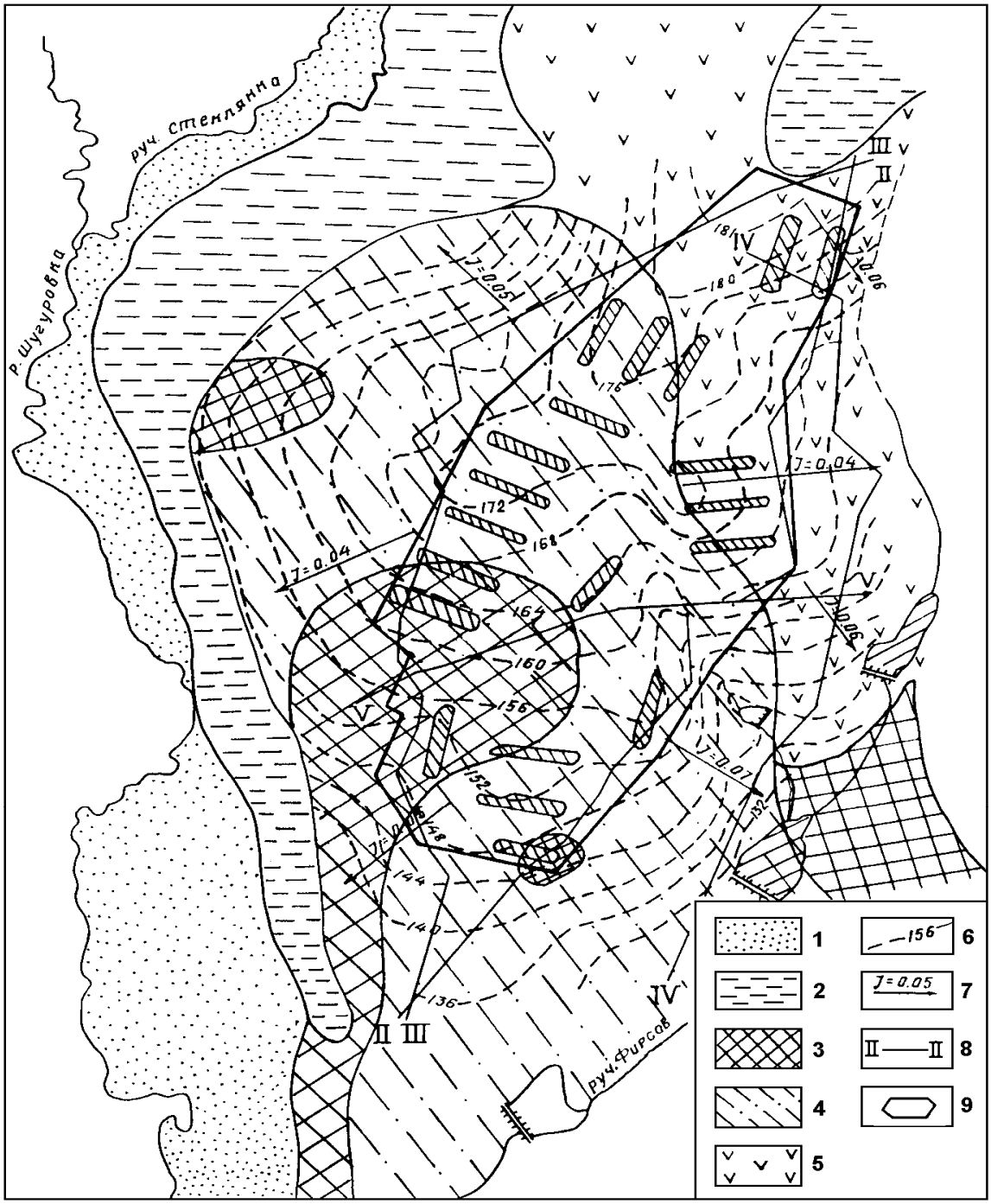


Рис. 11. Карта гидроизогипс и распространения подземных вод в междуречье Шугуровка-Фирсов

1 – водоносный горизонт в аллювиальных четвертичных отложениях; 2 – водоносный комплекс в уфимских отложениях; 3 – воды спорадического распространения в неогеновых отложениях; 4,5 – грунтовые воды в четвертичных и общесыртовых отложениях, распространенных: 4 – на неогеновых, 5 – на уфимских; 6 – гидроизогипсы (м); 7 – гидравлические уклоны грунтовых вод; 8 – линия гидрогеологического разреза; 9 – граница защитных мероприятий

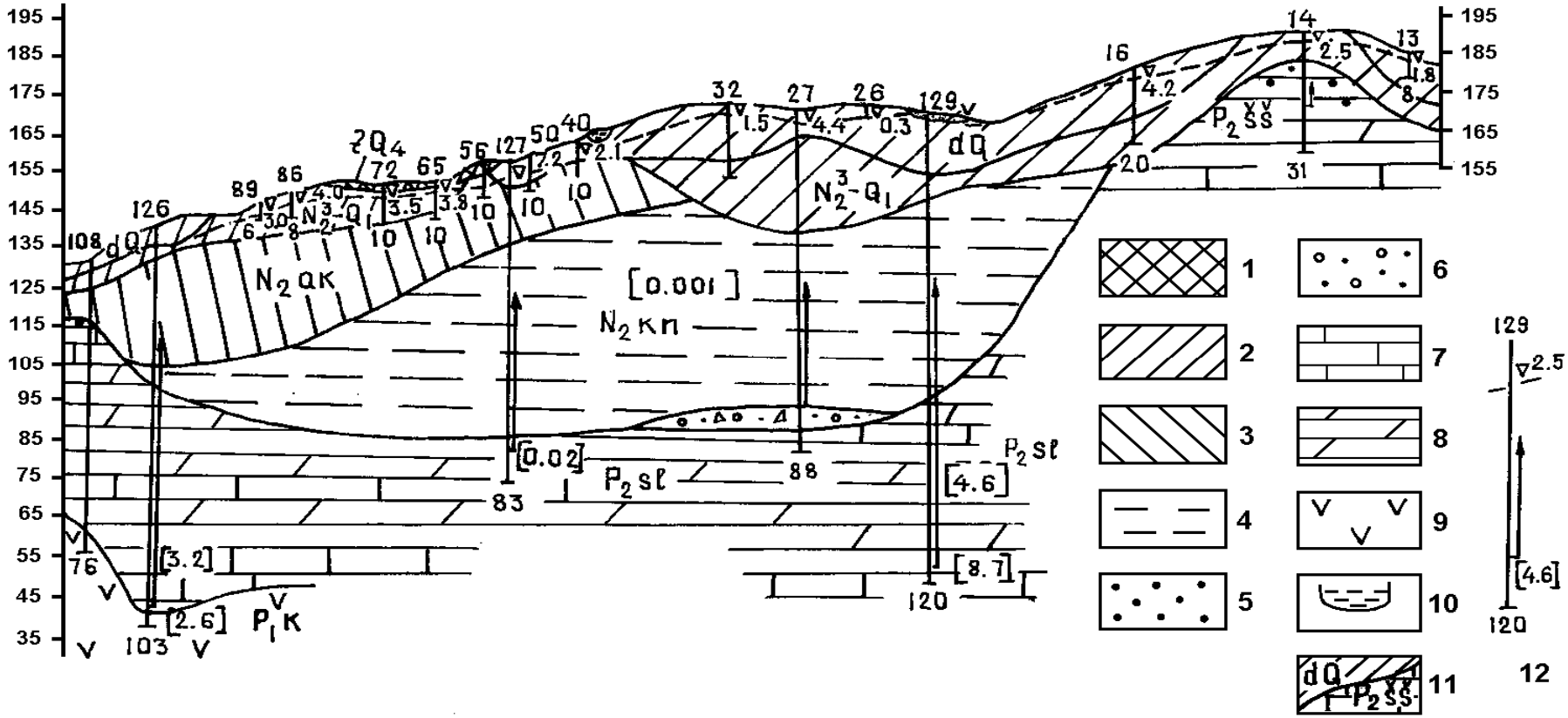


Рис. 12. Гидрогеологический разрез по линии II–II

1-9 – породы: 1 – насыпной слой (свалка), 2 – суглинки, 3 – глины, 4 – плотные (аргиллитоподобные) глины, 5 – пески, песчаники, 6 – песчано-гравийные отложения, 7 – известняки, 8 – мергели, 9 – гипсы; 10 – пруды-накопители; 11 – литологические и гидростратиграфические границы; 12 – скважина: вверху – номер по рис. 10, внизу – глубина, штрихи – уровень грунтовых вод, стрелка соответствует напору межпластовых вод, в квадратных скобках – коэффициент фильтрации пород (м/сут) в опробованном интервале

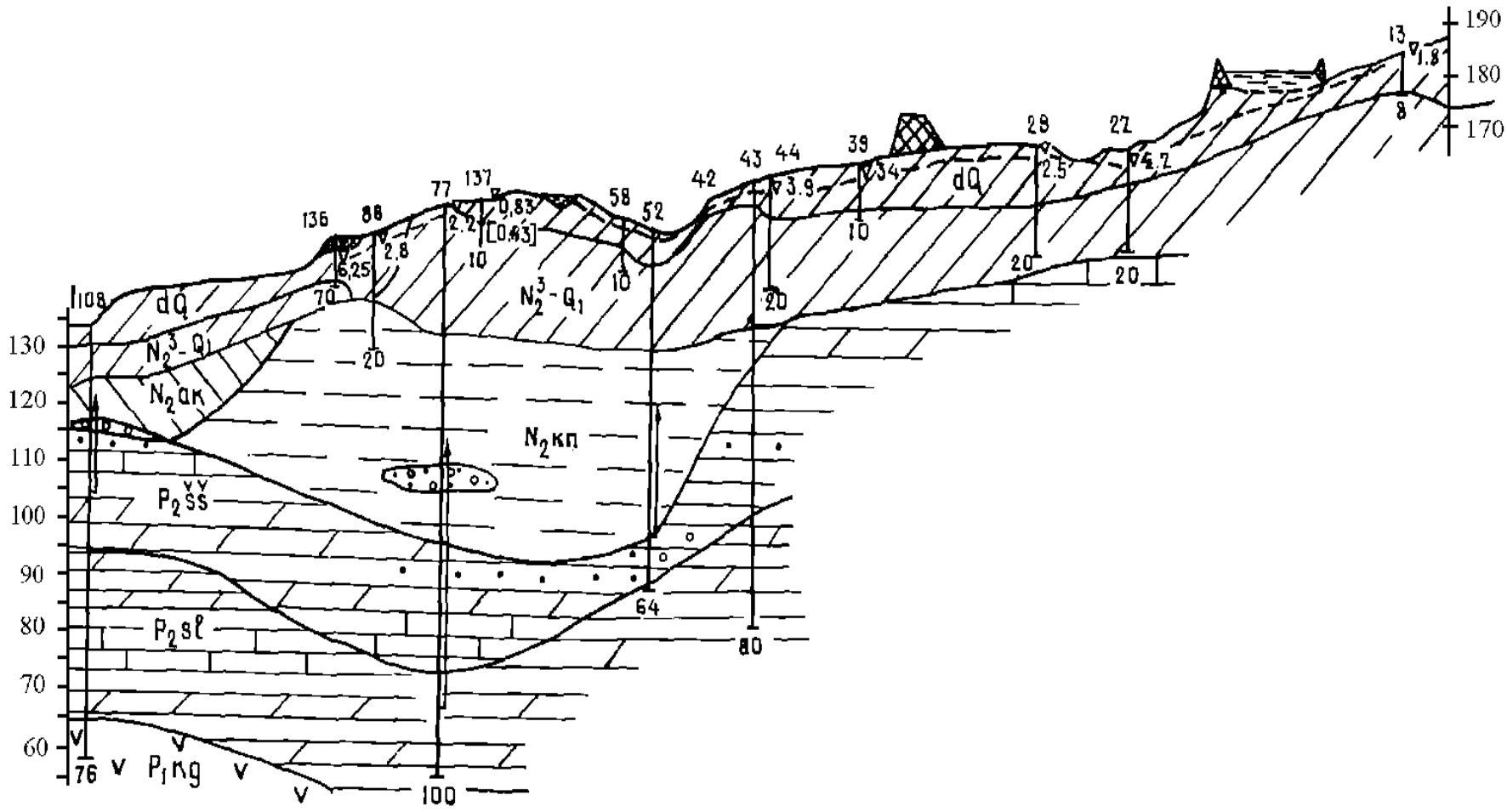


Рис. 13. Гидрогеологический разрез по линии III–III

Условные обозначения см. на рис. 12

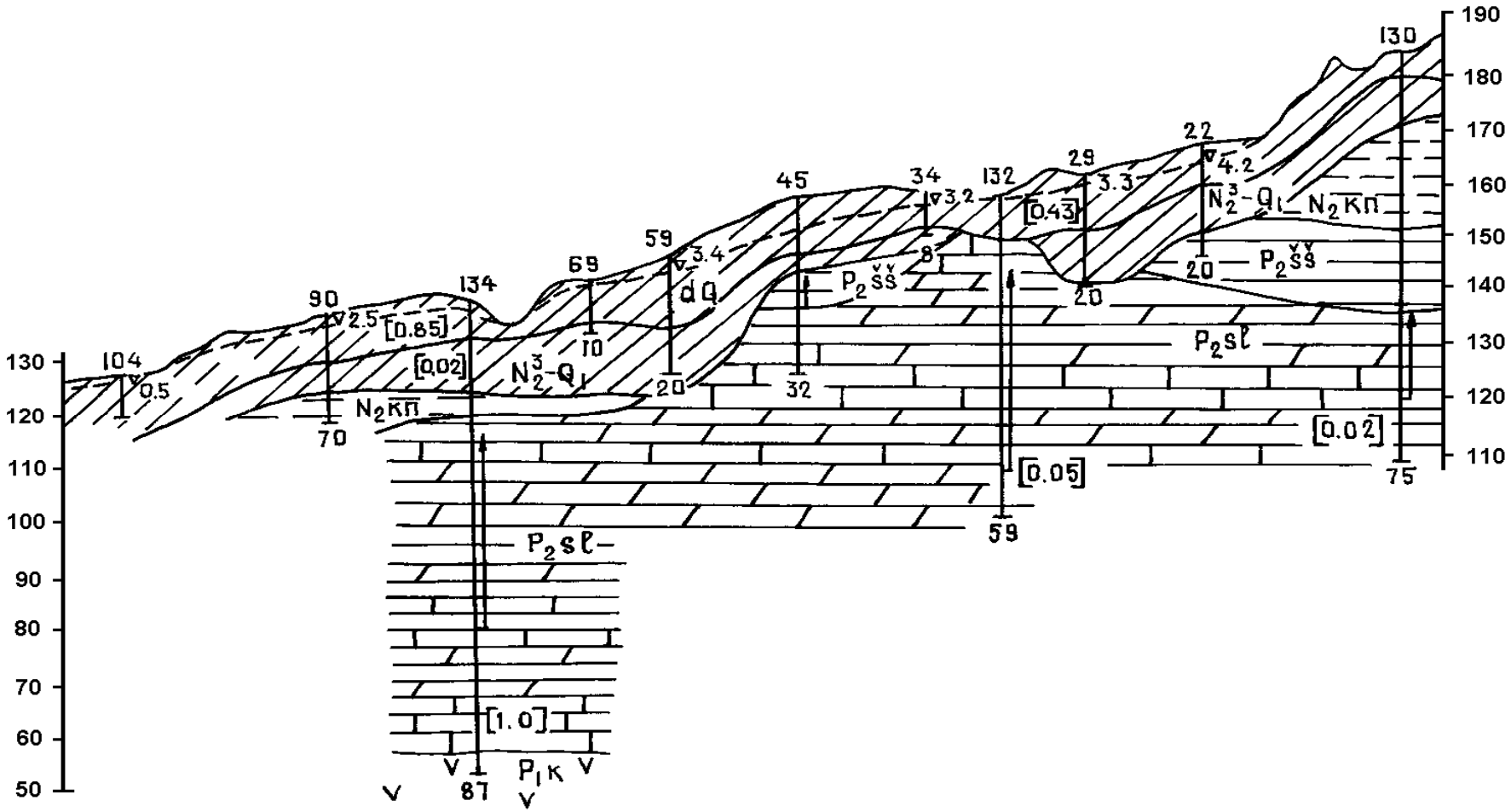


Рис. 14. Гидрогеологический разрез по линии IV-IV

Условные обозначения см. на рис. 12

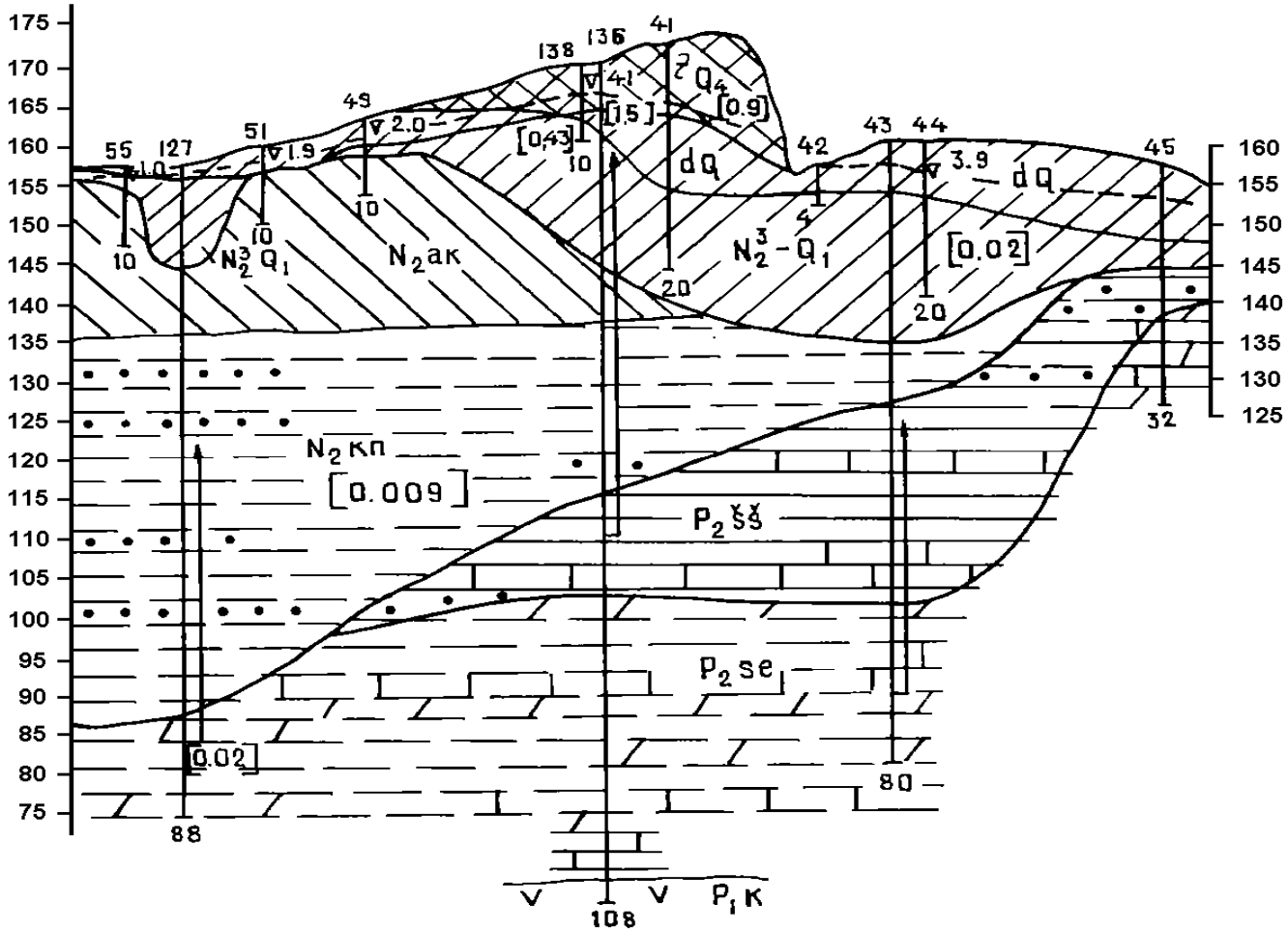


Рис. 15. Гидрогеологический разрез по линии V–V

Условные обозначения см. рис. 12

Подъем уровня грунтовых вод в весенний паводок составляет 1,0-2,4 м, а в осенний – 0,8-1,5 м; уклоны уровня – 0,02-0,08 (в среднем 0,04).

Аллювиальный четвертичный водоносный горизонт развит в долине р. Шугуровка. Уровень аллювиальных вод зафиксирован на глубине 0,5-1,4 м от дневной поверхности. Этот горизонт имеет распространение за пределами участка исследований.

Подземные воды в неогеновых отложениях приурочены преимущественно к гравийно-щебнистым грунтам, залегающим в толще или в основании неогеновых глин. Они обладают напором, величина которого достигает 9-28,9 м. На участках, где неогеновые породы выходят на поверхность, он образует единый горизонт с водами в делювиальных четвертичных отложениях. Глубина залегания уровня 1,0-3,0 м.

В уфимских отложениях подземные воды приурочены к прослоям известняков и мергелей. Они вскрыты на глубине 20,0-88,0 м и являются напорными. Величина напора под кровлей водоносных пластов изменяется от 3,9 до 46,9 м. Максимальная величина напора наблюдается в центральной части площадки, где уфимский ярус перекрыт мощной толщей глин неогена. Уровни вод устанавливаются на глубинах от 8,0 до 41,0 м. Коэффициент фильтрации водовмещающих пород изменяется, в основном, от 0,02 до 8,7 м/сут. По результатам налива (скв. 45) в трещиноватые известняки получен коэффициент фильтрации равный 33,5 м/сут.

Карстовые воды в кунгурском ярусе приурочены к прикровельной выщелоченной, трещиноватой и закарстованной части гипсов. Степень трещиноватости и закарстованности зависит от глубины эрозионного расчленения этих образований плейстоценовыми и плиоценовыми долинами рек системы Белой и Уфы. Мощность трещинно-карстовой зоны изменяется от нескольких до 30-40 м. Воды вскрываются на глубинах 38,8-105 м. Высота напора составляет 33,0-68,0 м, абсолютные отметки установившегося уровня 111,2 (долина р. Шугуровки), 134,8 м (водораздельное пространство), а пьезометрические уровни зафиксированы на глубине 1,15-30,5 м (см. рис. 11-15). Направление движения карстовых вод с северо-востока на юго-запад. Уклон потока равен 0,008. Коэффициенты фильтрации гипсов изменяется от 2,6 до 65 м/сут. Наибольшие значения характеризуют ослабленные (трещиноватые и закарстованные) зоны.

Анализ соотношения уровней подземных вод в этажнорасположенных горизонтах четвертичного, неогенового и пермского возраста свидетельствует о тенденциях нисходящих перетоков через слабопроницаемые слои, гидрогеологические «окна» преимущественно литолого-фациального происхождения. Величины вертикальных градиентов фильтрации изменяются от 0,1 (южная часть) до 1,2-1,5 (центральная и северная часть).

Основная часть территории свалки по степени устойчивости и карстовым процессам, согласно относится к относительно устойчивым (5 категория: карстовые полости в толще гипсов отсутствуют, глубина залегания кровли карстующихся пород более 60 м, слабая изрезанность кровли и др.). Обрамляющие свалку участки (рис. 16) относятся к категории несколько пониженной устойчивости (4 категория). На склонах долин рек Шугуровка, Стеклянка, Фирсов выделяются небольшие участки, относящиеся к категориям недостаточной устойчивости, неустойчивой и очень неустойчивой (III, II, I категории).

4.4. Геохимическое состояние подземных вод

Геологическая среда в пределах территории г. Уфы, особенно в ее северной (промышленной) части, представляет собой сложную постоянно изменяющуюся природно-техногенную систему. Здесь происходит интенсивная трансформация химического состава вод и изменение естественного взаимодействия в системе вода–порода–газ–органическое вещество. В загрязненных подземных водах обнаруживаются такие концентрации различных химических веществ, которые для естественных условий формирования подземных вод являются уникальными (аномальными), а с экологических позиций – устрашающими [1, 3, 8, 10, 48, 71].

Питание всех водоносных горизонтов на территории свалки происходит путем инфильтрации атмосферных осадков. Кроме атмосферных осадков в последние десятилетия значительную роль в пополнении запасов подземных вод, особенно первого от поверхности неоген-четвертичного водоносного горизонта грунтового типа, стали играть утечки из прудов-накопителей. Доля техногенного источника в пополнении запасов подземных вод достигает 25-30 % и более. Именно этот горизонт в силу особенностей своего строения и залегания оказался наиболее подверженным загрязнению различными токсичными компонентами. Глинистые отложения, являющиеся важным показателем при оценке защищенности подземных вод от загрязнения характеризуются хорошей водопроницаемостью и имеют различную мощность.

Выполненные расчеты [1] времени проникновения загрязненных вод в этажнорасположенные водоносные горизонты свидетельствуют о том, что в верхний из них загрязняющие вещества проникают за время менее года (от нескольких суток до 100-150 дней). В нижележащие (до 20-30 м) водоносные горизонты время проникновения загрязнения с глубиной увеличивается до 10-15 лет. По отдельным гидрогеологическим «окнам» этот процесс происходит и за год.

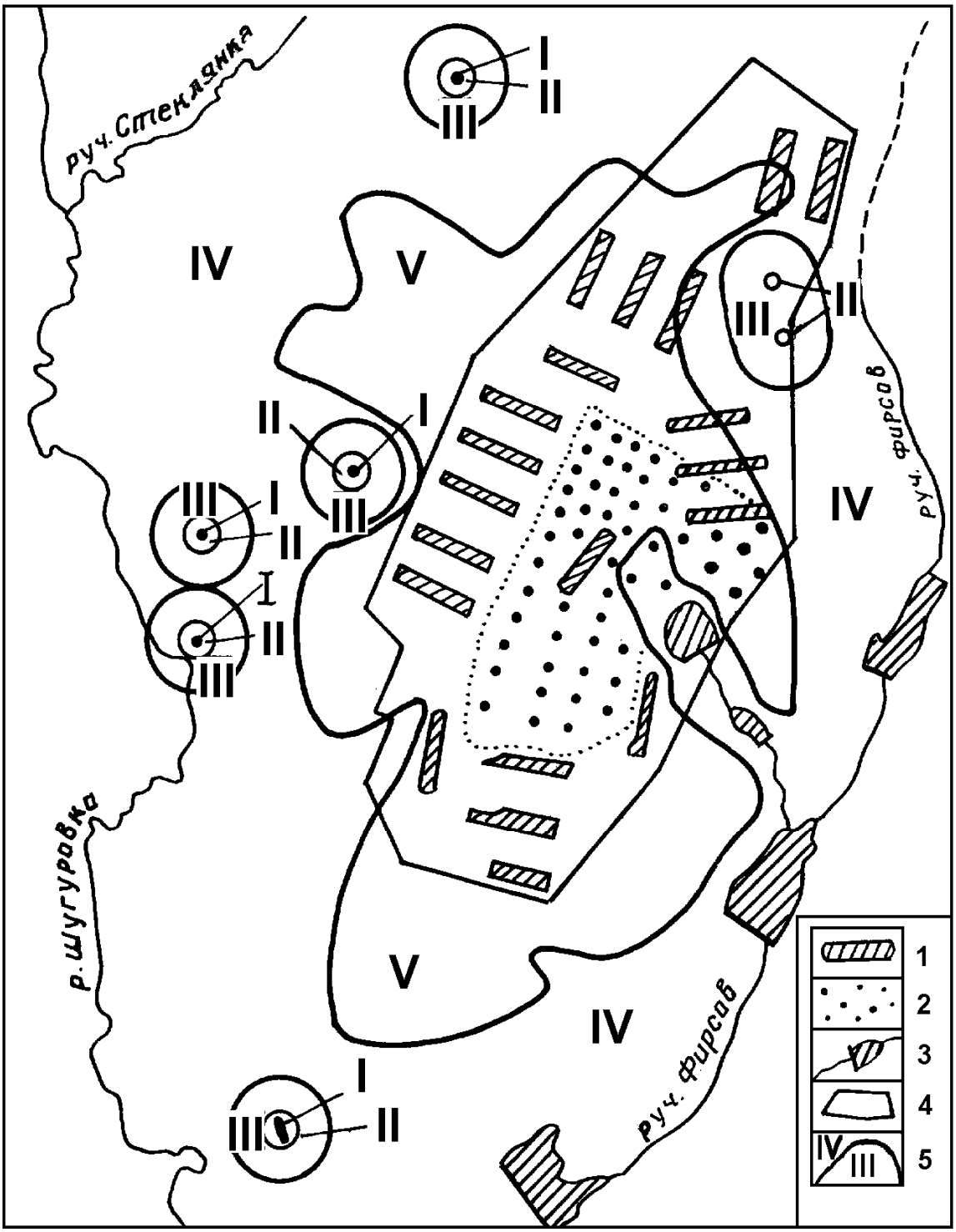


Рис. 16. Районирование междуречья Шугуровка-Фирсов по степени устойчивости к карсту

1 – пруды-накопители; 2 – территория свалки бытовых отходов; 3 – защитные пруды; 4 – граница защитных мероприятий; 5 – граница участков по степени устойчивости к карсту

Для решения сложных задач, касающихся эколого-гидрогеологического состояния территории свалки, был проведен комплекс натурных и экспериментальных исследований, включающий бурение скважин с отбором проб горных пород и подземных вод из разных водоносных горизонтов (см. рис. 10). Опробовались также естественные выходы (источники) подземных вод, атмосферные осадки и поверхностные воды. Изучался общий ионно-солевой, микрокомпонентный и газовый состав подземных вод, выполнен анализ водорастворимого и поглощенного комплекса почв и горных пород, их минералогический и гранулометрический составы, определялись концентрации диоксинов, фенолов, нефтепродуктов, пестицидов, металлов в породах и подземных водах. Определение свинца, кадмия, меди производилось методом инверсионной вольт-амперометрии на полярографе ИВА-3, а кобальта, никеля, цинка, марганца – атомно-абсорбционный спектрофотометрии на приборе «Carl Zeiss Jena» марки AAS-3, ртути на анализаторе «Юлия – 2м» методом атомной адсорбции холодного пара.

Диоксины анализировались на хромато-масс-спектрометрах фирмы Finnigan MAT INCOS 50 (США) с чувствительностью 100 пг по 2,3,7,8-ТХДД (тетрахлордибензо-n-диоксин) и Auto Spec-Ultima фирмы VG (Англия) чувствительностью 1 пг по 2,3,7,8-ТХДД (принятые в данной работе аналитические обозначения концентрации диоксинов: пг = 10^{-12} г (пикограмм) и нг = 10^{-9} г (нанограмм). Методика анализа основана на экстракции диоксинов органическими растворителями из проб воды, почвогрунтов, в которые предварительно вводится изотопно-меченый стандарт. Далее экстракт очищается от сопутствующих соединений, мешающих определению диоксинов и анализируются с помощью сочетания газовой хроматографии и масс-спектрометрии в режиме селективного детектирования ионов с заданными массами [24, 55].

Выполненные исследования на территории свалки показывают, что грунтовые воды имеют сложный химический состав: хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатный, гидрокарбонатно-хлоридный, хлоридный магниево-кальциевый, кальциево-натриевый, аммонийно-натриевый (табл. 31, № 1-16). Тип воды изменяется от I (гидрокарбонатного натриевого), II (сульфатного натриевого) до III а (хлормагниевого) и III б (хлоркальциевого), одновременно возрастает минерализация подземных вод от 0,4 до 13,2 г/л. При этом увеличивается содержание хлор-иона от 16-44 до 1700-3021 мг/л [3, 8, 9, 10]. Отмечены высокие концентрации нитратов (30,3-63,8 мг/л), аммония (до 1160 мг/л), нефтепродуктов (от 0,04 до 10,4 мг/л), фенолов (до 0,3 мг/л), бенз/а/пирена (2,7-42,6 нг/л), тяжелых металлов, диоксинов (табл. 32). На территории свалки содержание тяжелых металлов в воде колеблется (мг/л): меди 0,006-27,9, свинца 0,05-9,4, кадмия

Таблица 31

Химический состав подземных вод на территории уфимской городской свалки

N проб / N водопункта по рис. 10	Индекс возраста пород / глубина отбора, м	Дата отбора	pH	Сумма ионов, г/л	Главные ионы, мг/л, мг-экв, % экв								Индекс состава воды
					HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^++K^+	NH_4^+	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1 / 63	dQ / 5.0	27.12. 1979	6,91	3,39	542,9 8,9 15,7	121,8 2,5 4,5	1597 45 79,6	6,0 0,1 0,2	634,0 31,7 56,1	93,1 7,6 13,5	396,1 17,2 30,4	0,1	$Cl_{IIIб}^{NaCa}$
2 / 41	dQ / 7,0	14.02. 1980	7,15	0,6	170,8 2,8 31,6	167,1 3,5 39,2	92,3 2,6 29,2	—	104,0 5,2 58,6	22,7 1,9 20,9	41,9 1,8 20,5	1,8	$ClCS_{IIIa}^{NaMgCa}$
3 / 58	dQ / 2,4	30.10. 1990	7,42	3,9	957,7 15,7 25,5	108,7 2,3 3,7	1546 43,6 70,8	—	581,3 29,0 47,1	107,1 8,8 14,3	546,4 23,8 38,6	3,0	$CCl_{IIIб}^{NaCa}$
4 / 15	dQ / 3,50	18.08. 1992	8,60	0,5	317,1 5,2 71,7	12,0 0,3 3,4	63,7 1,8 24,9	—	84,3 4,2 57,3	31,7 2,6 35,5	12,3 0,5 7,3	1,2	ClC_{IIIa}^{MgCa}
5 / 17	dQ / 4,0	18.08. 1992	8,70	0,6	366,0 6,0 76,9	4,0 0,8 1,0	60,9 1,7 22,0	—	88,4 4,4 56,5	34,1 2,8 36,0	13,4 0,6 7,5	1,5	ClC_{IIIa}^{MgCa}
6 / 123	dQ / 8,0	16.10. 1995	8,14	0,4	115,9 1,9 32,6	20,5 0,4 7,4	109,4 3,1 52,8	25,8 0,4 7,2	54,7 2,7 46,8	22,0 1,8 31,1	10,1 1,3 22,1	0,6	CCl_{IIIa}^{NaMgCa}

Таблица 31 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
7 128	dQ 1,62	16.10. 1995	7,79	0,7	427,0 7,0 76,3	45,0 1,2 10,3	43,7 1,2 13,4	—	151,8 7,6 82,7	12,2 1,0 10,9	13,6 0,6 6,4	0,6	C_{IIIa}^{Ca}
8 131	dQ 2,27	4.10. 1995	5,79	5,3	1049 17,2 20,3	179,2 3,7 4,4	2222 62,7 73,9	74,1 1,2 1,4	1195 59,6 70,3	10,6 0,9 1,0	559,3 24,3 28,7	0,7	$CCl_{IIIб}^{NaCa}$
9 135	dQ 3,3	16.10. 1995	7,82	0,8	341,6 5,6 52,5	125,1 2,6 24,4	87,5 2,5 23,1	—	121,4 6,1 56,8	6,1 0,5 4,7	94,5 4,1 38,5	0,2	$ClSC_{II}^{NaCa}$
10 136	dQ 6,25	17.08. 1995	5,91	3,6	341,6 5,6 9,4	282,8 5,9 9,8	1699,7 47,9 80,0	29,0 0,5 0,8	564,2 28,2 47,0	18,5 1,5 2,5	694,0 30,2 50,5	2,0	$Cl_{IIIб}^{CaNa}$
11 137	dQ 2,58	16.10. 1995	6,99	4,6	1074 17,6 24,9	302,0 6,3 9,8	1640 46,3 65,6	30,3 0,5 0,7	439,2 21,9 31,1	49,1 4,0 5,7	1016 44,2 62,8	4,7 0,3 0,4	CCl_{IIIa}^{CaMg}
12 138	dQ 5,1	16.10. 1995	7,32	11,4	5612 92,0 67,0	50,0 1,0 0,8	1531 43,2 31,5	63,8 1,0 0,8	202,4 10,1 4,9	122,8 10,1 4,9	266 116,1	1160 69,8 33,9	C_{I}^{NNa}
13 139	dQ 1,9	16.10. 1995	7,69	0,7	457,5 7,5 87,6	29,0 0,6 7,0	16,4 0,5 5,4	—	121,4 6,1 71,1	6,1 0,5 5,7	45,1 2,0 23,2	0,9	C_{I}^{CaNa}
14 24	dQ источ- ник	16.10. 1995	6,88	6,3	1781,2 29,2 30,1	65,0 1,4 1,4	2351,0 66,3 68,5	—	931,1 46,5 47,7	29,4 2,4 2,5	1103 48,0 49,3	9,0 0,5 0,5	$CCl_{IIIб}^{CaNa}$

Таблица 31 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15 27	dQ источ- ник	16.10. 1995	7,00	2,2	512,4 8,4 23,4	135,8 2,8 7,9	874,9 24,7 68,7	—	540,4 27,0 75,1	59,0 4,9 13,5	93,8 4,1 11,4	0,6	$CCl_{IIIб}^{Ca}$
16 29	dQ источ- ник	16.10. 1995	7,93	1,1	555,1 9,1 60,5	60,0 1,3 8,3	166,8 4,7 31,2	—	190,3 9,5 63,0	12,3 1,0 6,7	104,7 4,6 30,3	0,6	ClC_{IIIa}^{NaCa}
17 27	N_2 54,70	12.08. 1992	8,56	1,2	463,6 7,6 45,9	392,6 8,2 49,4	27,7 0,8 4,7	—	148,6 7,4 44,8	56,1 4,6 27,8	104,2 4,5 27,4	0,7	CS_{II}^{NaMgCa}
18 52	N_2 39-47	14.04. 1992	8,76	0,8	243,4 4,0 36,7	300,4 6,3 57,6	22,2 0,6 5,7	—	124,0 6,2 57,0	31,6 2,6 23,9	62,0 2,1 19,1	2,0	CS_{II}^{MgCa}
19 45	P_2ss 20	18.04. 1980	7,41	0,6	414,8 6,8 91,6	20,0 0,4 5,7	17,1 0,5 7,7	—	92,2 4,6 62,1	15,5 1,3 17,1	35,4 1,5 20,8	0,5	C_{I}^{NaCa}
20 10	P_2ss 19,20	19.08. 1992	8,65	0,8	305,0 5,0 41,9	129,2 2,7 22,6	138,5 3,9 32,8	20,0 0,3 2,7	120,5 6,0 51,4	11,0 0,9 7,7	109,9 4,8 40,9	0,7	$SClC_{II}^{NaCa}$
21 14	P_2ss 19.10	13.08. 1992	8,62	1,0	402,6 6,6 45,2	118,5 2,5 16,9	196,6 5,6 37,9	—	156,6 7,8 53,5	34,1 2,8 19,2	91,8 4,0 27,3	0,8	ClC_{IIIa}^{NaCa}
22 43	P_2ss 68	14.04. 1992	8,74	0,9	316,6 5,2 40,0	343,2 7,2 55,2	22,2 0,6 4,8	—	120,0 6,0 44,1	34,0 2,8 20,6	110,1 4,8 35,3	1,0	CS_{II}^{MgNaCa}

Таблица 31 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
23 77	P_2sl 41,10	14.08. 1992	8,69	1,8	390,4 6,4 24,5	915,2 19,1 72,8	24,9 0,7 2,7	—	281,1 14,0 53,6	80,4 6,6 25,3	126,9 5,5 21,1	1,0	CS_{II}^{NaMgCa}
24 113	P_2sl 38	31.08. 1992	8,45	0,6	268,4 4,4 54,8	129,2 2,7 33,5	33,2 0,9 11,7	—	110,4 5,5 68,7	15,8 1,3 16,2	27,9 1,2 15,1	1,5	SC_{II}^{Ca}
25 117	P_2u 20,0	31.03. 1994	7,63	0,4	115,9 1,9 30,9	115,6 3,2 52,8	35,5 1,0 16,3	—	34,1 1,7 27,7	17,4 1,4 23,3	69,2 3,0 49,0	0,3	CS_{II}^{MgCaNa}
26 126	P_2sl 66,5	23.08. 1995	7,93	1,2	402,6 6,6 39,0	466,6 9,7 57,3	21,9 0,6 3,7	—	186,2 9,3 54,8	30,8 2,5 14,9	117,8 5,1 30,3	0,8	CS_{II}^{NaCa}
27 129	P_2sl 117	25.08. 1995	7,93	2,6	311,1 5,1 13,6	1491,3 31,1 82,8	46,5 1,3 3,5	—	445,3 22,2 59,3	220,8 9,6 25,6	103,3 5,7 15,1	0,9	S_{II}^{MgCa}
28 132	P_2sl 15,2	26.10. 1995	7,02	1,0	231,9 3,8 24,2	67,0 1,4 8,8	369,1 10,4 66,2	7,6 0,1 0,8	123,3 6,2 39,4	2,9 0,2 1,5	211,7 9,2 59,1	0,4	CS_{IIIa}^{NaCa}
29 133	P_2ss 50	16.10. 1995	8,15	0,5	213,5 3,5 51,4	121,8 2,5 37,3	27,3 0,8 11,3	—	70,8 3,5 52,0	6,1 0,5 7,3	63,7 2,8 40,7	0,4	SC_{II}^{NaCa}
30 134	P_2sl 87	21.08. 1995	7,97	1,0	390,4 6,4 44,7	329,2 6,9 47,8	38,3 1,1 7,5	—	161,9 8,1 56,4	30,6 2,5 17,3	85,8 3,7 26,0	0,7	CS_{II}^{NaCa}
31 140	P_2ss 4,0	16.10. 1995	1,98	0,8	250,1 4,1 38,1	238,7 5,0 46,1	60,2 1,7 15,8	—	121,4 6,1 56,3	6,1 0,5 4,6	93,8 4,2 39,1	0,6	CS_{II}^{NaCa}

Таблица 31 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
32 7в	P_2u источ- ник	16.10. 1995	7,41	1,7	768,6 12,6 51,4	60,0 1,3 5,2	377,3 10,6 43,4	—	255,0 12,7 47,8	34,3 2,8 10,6	205,6 8,9 33,5	39,0 2,2 8,1	CCl_{IIIa}^{NaCa}
33 7,3,1	P_2u источ- ник	16.10. 1995	7,64	0,7	475,8 7,8 80,7	45,0 0,9 9,7	32,8 0,9 9,7	—	149,8 7,5 77,3	11,1 0,9 9,4	29,4 1,3 13,5	0,7	C_{II}^{Ca}
34 8а	P_2u коло- дец	16.10. 1995	7,53	1,0	439,2 7,2 54,7	236,2 4,9 37,4	32,8 0,9 7,0	—	182,2 9,1 69,0	14,7 1,2 9,2	68,3 2,9 21,8	0,6	SC_{II}^{NaCa}
35 14	P_2u коло- дец	16.10. 1995	7,85	1,1	475,8 7,8 54,1	225,5 4,7 32,5	68,4 1,9 13,4	—	168,0 8,4 58,1	23,4 1,9 13,3	94,8 4,1 28,6	0,6	SC_{II}^{NaCa}
36 9	$P_1к$ 23,60	17.08. 1992	8,46	1,2	353,8 5,8 36,1	433,7 9,0 56,1	33,2 0,9 5,8	20,0 0,3 2,0	176,7 8,8 54,8	34,1 2,8 17,4	102,7 4,5 27,7	0,4	CS_{II}^{NaCa}
37 112	$P_1к$ 20	14,03. 1990	7,83	2,8	353,8 5,8 14,2	1601,6 33,3 81,4	63,2 1,8 4,4	2,0 0,03 0,1	664,3 33,2 81,0	86,8 7,1 17,4	14,7 0,6 1,6	0,6	S_{IIIa}^{Ca}
38 116	$P_1к$ 28	31.03. 1994	7,85	1,2	48,8 0,8 4,6	744,8 15,5 88,4	43,7 1,2 7,0	—	263,1 13,1 74,9	12,3 1,0 5,8	78,2 3,4 19,3	1,0	S_{II}^{Ca}
39 116	$P_1к$ 42	6.07. 1994	8,28	2,7	341,6 5,6 14,5	1550,5 32,3 83,4	30,1 0,9 2,2	—	563,7 28,1 72,6	53,1 4,4 11,3	143,4 6,2 16,1	0,7	S_{II}^{Ca}

Таблица 32

Содержание металлов, фенолов и нефтепродуктов в подземных водах на территории уфимской городской свалки, мг/л

№№ проб	№ водопункта по рис. 10 / глуб. отбора, м	Возраст водоносных пород	Дата отбора	Mn	Cu	Zn	Pb	Ag	Ni	Co	Cr	Cd	Hg	Фенолы	Нефтепродукты
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	20 / 7,0	dQ	18.04. 1980	0,518	0,0062	2,59	0,0005	0,0006	0,01	н.о.	0,026	н.о.	—	0,020	0,32
2	41 / 7,0	dQ	14.02. 1980	1,54	0,0052	1,545	0,001	0,0015	0,0019	н.о.	0,0386	н.о.	—	0,009	1,32
3	87 / 7,0	dQ	14.02. 1980	4,43	0,026	8,04	0,008	0,0089	0,0062	н.о.	0,024	н.о.	—	0,005	0,64
4	120 / 7,5	dQ	9.11. 1994	31.6	27,875	63.60	9,444	—	—	1,450	15.300	1,287	0,0023	0,3	—
5	121 / 3,0	dQ	28.10. 1994	7,24	1,025	13.00	0,042	—	—	0,110	0,800	0,0003	0,0005	0,1	—
6	138 / 5,1	dQ	13.09. 1995	0,05	0,085	1,47	0,084	—	—	0,114	0,017	0,003	3,96	—	—

Таблица 32 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
7	24 / источ-ник	N_2^3-Q_1	13.10. 1994	11.80	0,019	0,04	0,004	—	—	0,024	0,033	—	0,0005	0,234	—
8	45 / 20,0	P_2u	18.04. 1980	0,378	0,0076	0,189	0,001	0,00038	0,0019	н.о.	0,011	н.о.	0,0005	0,234	—
9	117 / 20	P_2u	4.11. 1993	0,67	0,03	<0,1	0,02	—	0,01	<0,01	<0,01	—	—	0,035	—
10	127 / 35,2	P_2u	26.10. 1995	<0,05	0,035	0,086	0,004	—	—	<0,1	<0,05	<0,0005	<0,1	0,168	0,2
11	132 / 15,2	P_2u	26.10. 1995	<0,05	0,006	0,08	<0,001	—	—	<0,1	<0,05	<0,0005	<0,1	0,047	0,3
12	133 / 13,5	P_2u	26.10. 1995	<0,05	0,013	0,055	0,007	—	—	<0,01	<0,05	<0,0005	<0,01	<0,01	0,1
13	140 / 2,4	P_2u	10.08. 1995	<0,05	0,013	0,1	0,002	—	—	0,1	<0,05	<0,0005	<0,0001	—	0,23
14	116 / 41	P_2u	4.11. 1993	0,67	0,03	0,2	0,02	—	0,01	<0,01	<0,01	—	—	0,026	104,0

Примечание к табл. 31, 32: «—» не определялось; «н.о.» не обнаружено

0,0003-1,29, цинка 0,04-63,6, железа от 0,2 до 420,8-2540, марганца 0,05-31,6, хрома 0,02-15,3 (рис. 17-22) Подвижная часть от общего содержания металлов в среднем составляет (%): Cu = 2,0-3,4; Pb до 10; Zn = 2,4-11,0; Cr = 2,6-5,6; Co = 1,5-3,7.

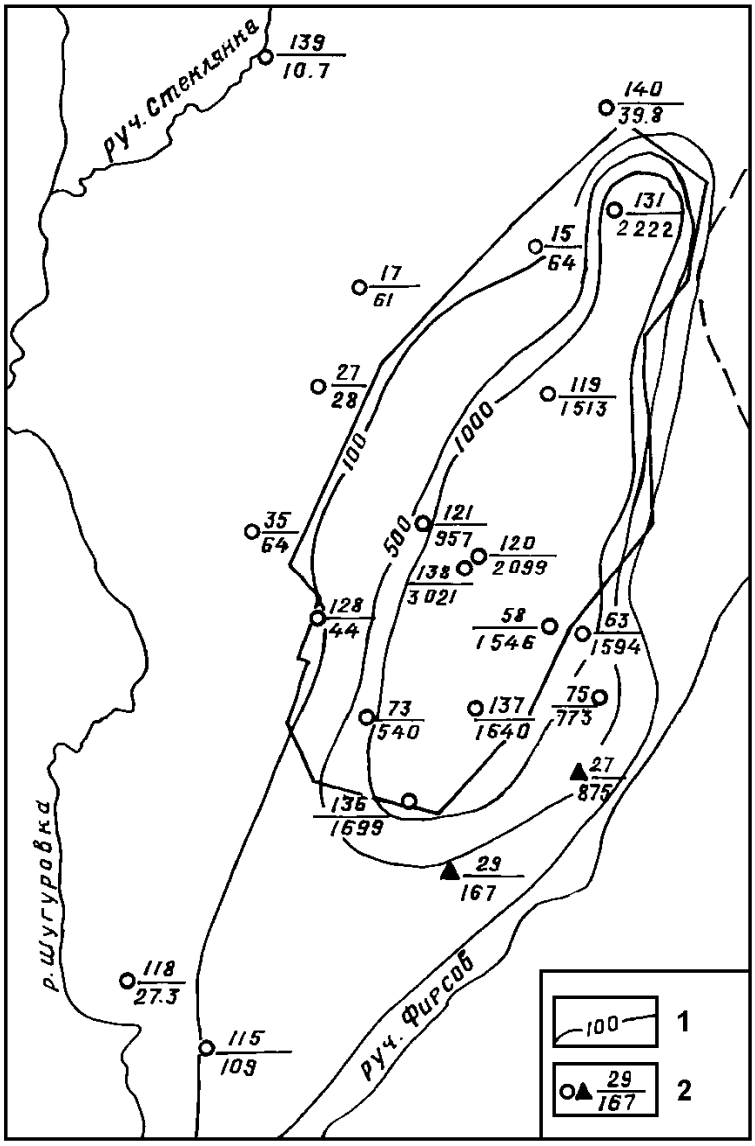


Рис. 17. Содержание хлор-иона в грунтовых водах

1 – изолиния содержания хлор-иона (мг/л);
2 – скважина: в числителе – номер водопункта по рис. 10, в знаменателе – содержание хлор-иона (мг/л)

Суммарное содержание диоксинов в грунтовых водах на свалке от 1050 до 18570 пг/дм^3 (51-929 ПДК)*, в том числе 2,3,7,8 ТХДД (полихлорированных дибензо-n-диоксинов) – от 250 до 1450 пг/дм^3. Кроме того, суммарное содержание полихлорированных дибензофуранов (ТХДФ) – от

* Максимально допустимое содержание диоксинов в воде, принятое в России в 1991 г. (приказ Минздрава №142-9/105 от 5.06.91) составляет 20 пг/л (до 1991 г. – 0,26, а в США – 0,013 пг/л).

1050 до 6720 пг/дм^3, в том числе токсичных 2,3,7,8-ТХДФ от 250 до 900 пг/дм^3. Высокие концентрации диоксинов, фенолов, тяжелых металлов отмечаются и в горных породах, заключающих подземные воды. В суглинках и глинах суммарное содержание ТХДФ на глубине 2 м достигают 12330 нг/кг, а наиболее токсичных 2,3,7,8-ТХДД 2530-7540 нг/кг (рис. 23). На глубине 4 м концентрация 2,3,7,8-ТХДД составляет 500 нг/кг, а суммарное содержание ТХДД – 1510 нг/кг. Концентрации металлов изменяется также с глубиной (мг/кг) меди от 9191-500 (глубина 2-3 м) до 46,0 (5 м) и до 28 (16 м), свинца соответственно – 296-18,5, кадмия – 27,78-0,6, ртути – 2,8-0,04 (рис. 24, 25).

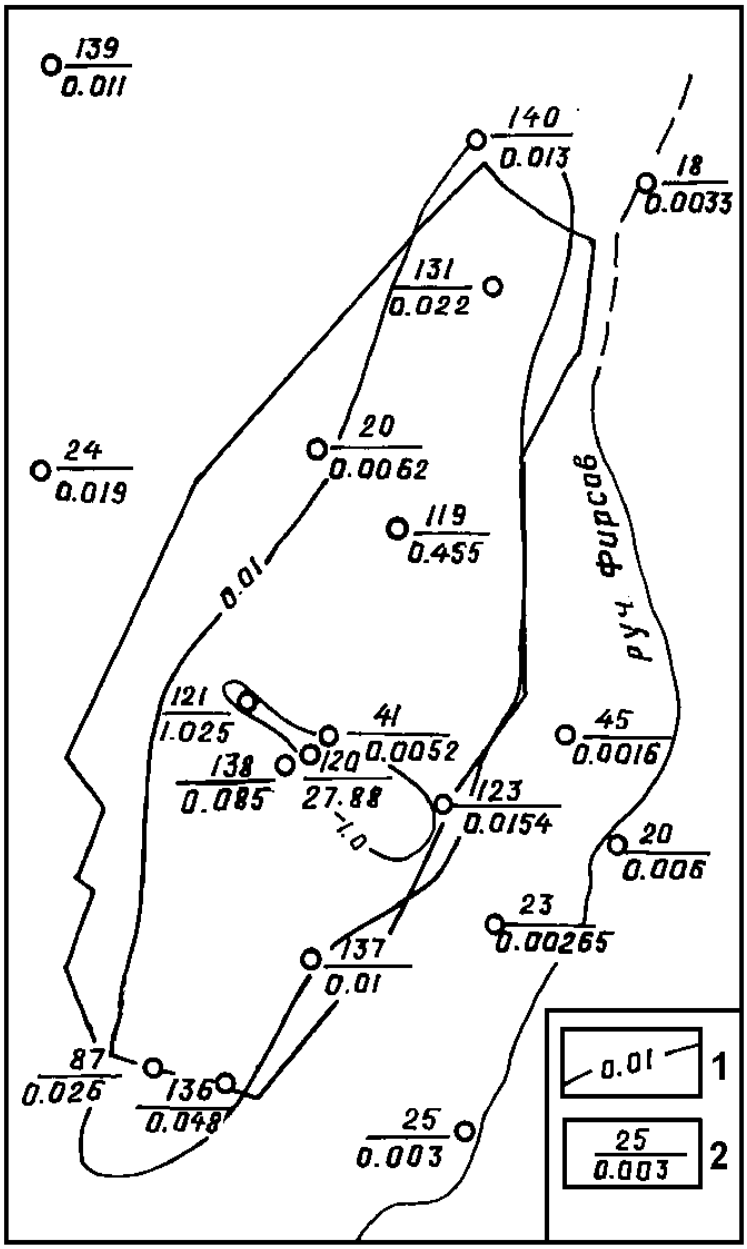


Рис. 18. Содержание меди в грунтовых водах

1 – изолиния содержания меди (мг/л); 2 – скважина: в числителе – номер водопункта по рис. 10, в знаменателе – содержание меди (мг/л)

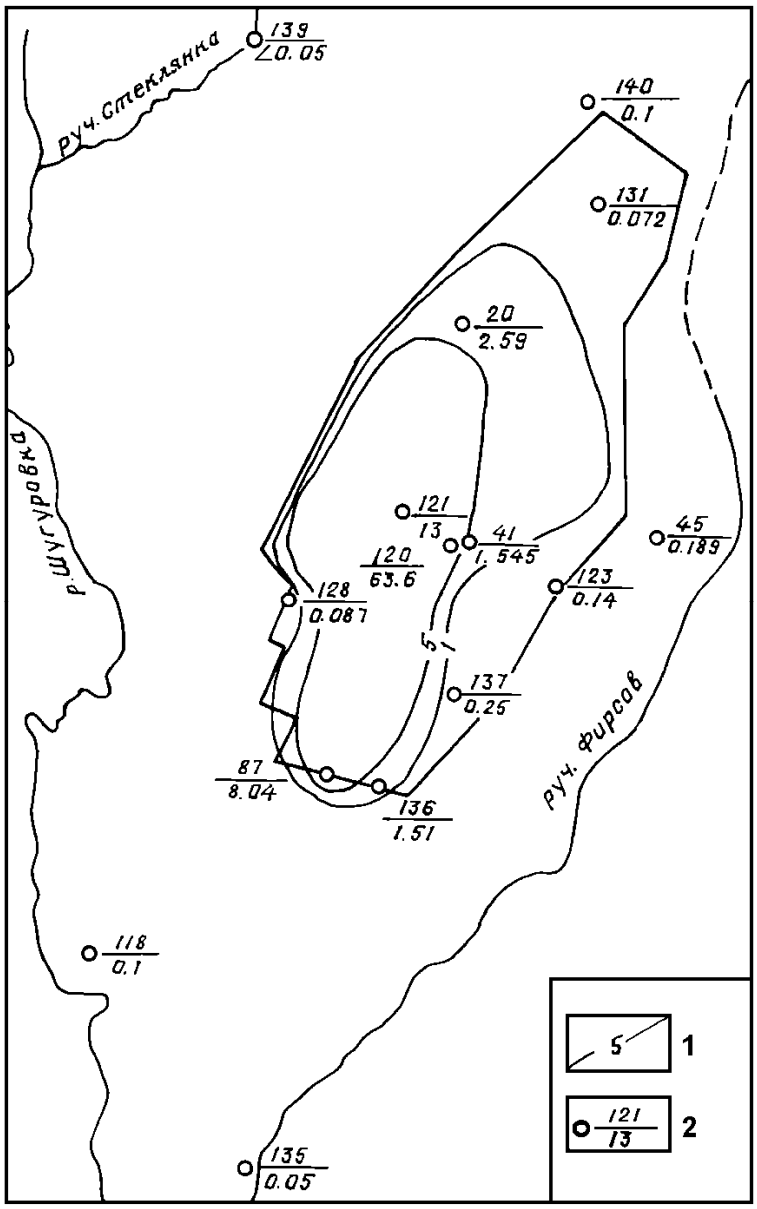


Рис. 19. Содержание цинка в грунтовых водах

1 – изолиния содержания цинка (мг/л); 2 – скважина: в числителе – номер водопункта по рис. 10, в знаменателе – содержание цинка (мг/л)

В нижележащих водоносных горизонтах отмечены также повышенные концентрации металлов, нефтепродуктов, фенолов и др. (табл. 31, 32). Даже воды кунгурских отложений, залегающие на глубине свыше 30-50 м, включая прилегающие к свалке территории заводов, содержат в очень высоких концентрациях нефтепродукты (до 26-104 мг/л), фенолы (до 0,035-9 мг/л), различные металлы (мг/л): железо – 18,8-44,4, марганец – 0,67-1,4, алюминий – 0,22-0,93.

В промышленной части города, где нефтеперерабатывающие, нефтехимические, химические и другие промышленные предприятия образуют гигантский источник загрязнения природной среды, в подземных водах, как указывалось, обнаруживаются аномально высокие концентрации

многих химических соединений (органических и неорганических). Исследования показывают, что наиболее интенсивным воздействиям геологическая среда подвергнута с поверхности до глубины 15-20 м [5]. Диоксины и тяжелые металлы в почвогрунтах на территории промышленных предприятий концентрируются в приповерхностной зоне (до 10 м). В интервале глубин от 10 до 20 м содержание их значительно уменьшается. Жидкие органические загрязнители и водорастворимые соли проникают практически на всю зону активной циркуляции. На территории АО «Химпром», сложенной глинистыми плиоценовыми породами, на глубинах до 20 м установлено присутствие как в подземных водах, так и в породах, фенолов, пестицидов (2,4-Д, 2,6-Д, 2,3-6Т и др.).

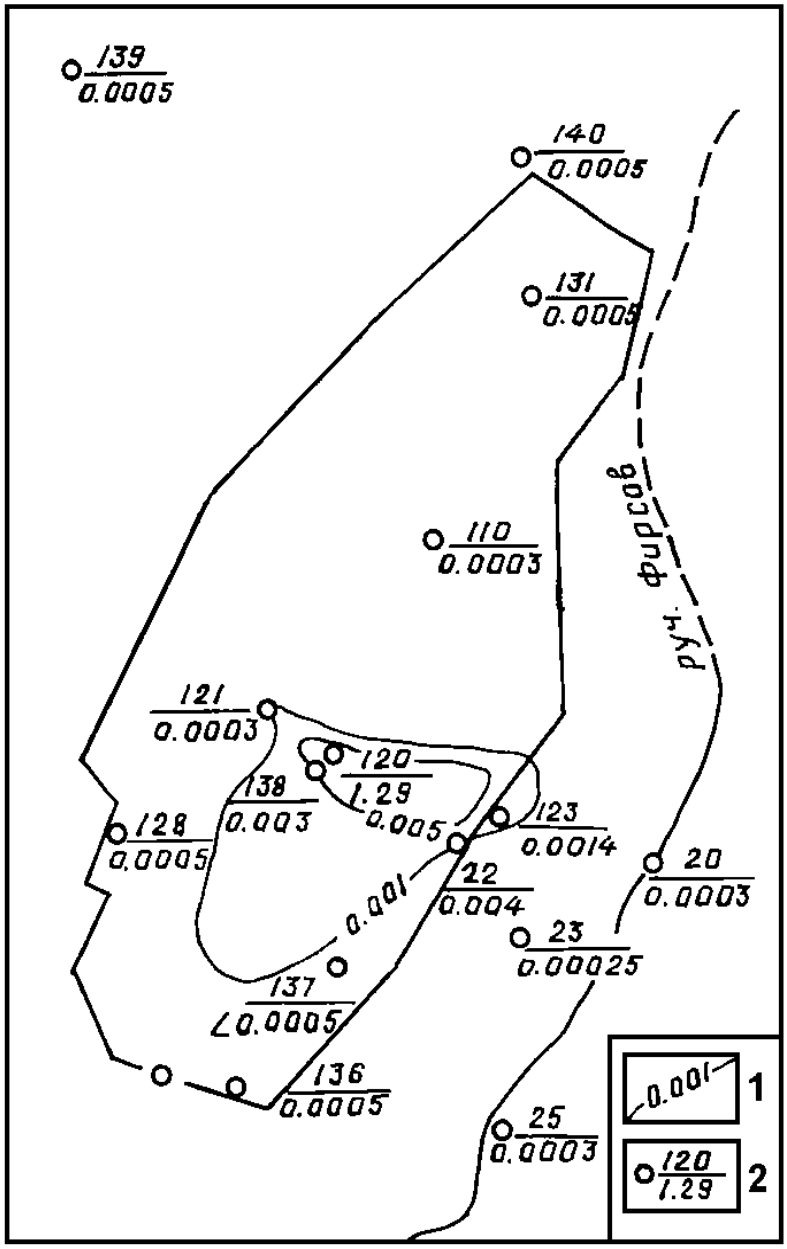


Рис. 20. Содержание кадмия в грунтовых водах

1 – изолиния содержания кадмия (мг/л); 2 – скважина: в числителе – номер водопункта по рис. 10, в знаменателе – содержание кадмия (мг/л)

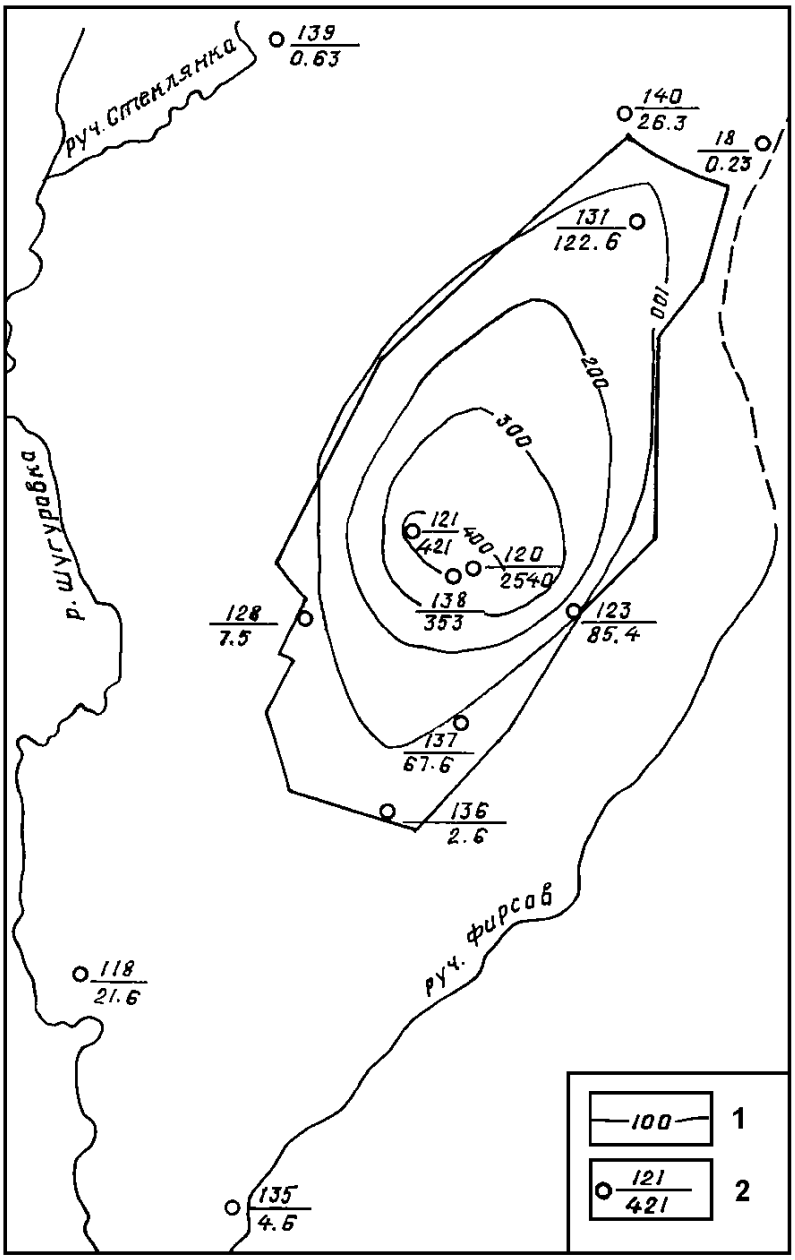


Рис. 21. Содержание железа в грунтовых водах

1 – изолиния содержания железа (мг/л);
2 – скважина: в числителе – номер водопункта по рис. 10, в знаменателе – содержание железа (мг/л)

Содержание фенолов (мг/л) в воде колеблется от 0,4 до 2575 (в породах от 0,26 до 500), 2,4-Д – от 0,21 до 425 (в породах 0,03-584), 2,6-Д – от 0,04 до 100 (в породах 0,001-320), 2,4-6Т – от 0,004 до 230 (в породах 0,005-200). В скважине глубиной 75 м, пробуренной на территории АО «Синтезспирт» и вскрывшей породы четвертичного, неогенового, уфимского и кунгурского возраста, отмечено присутствие фенолов во всех интервалах. Причем с глубиной содержание их увеличивается в интервале 59-75 м и достигает 9 мг/л.

На миграционные возможности этих ингредиентов в подземных водах большое влияние оказывают растворимость в воде, концентрация и сорбируемость их, минеральный, микроагрегатный состав, адсорбционные свойства пород и др. Опытными работами [16] установлено, что сорбция

фенолов глинистыми породами наиболее интенсивно протекает в течение первых 5 часов контакта грунта с загрязненным раствором, достигая 40 % сорбируемости пород. Затем интенсивность резко падает и за сутки достигает 50 %. В дальнейшем процесс сорбции протекает равномерно и за 4-5 суток происходит «сработка» потенциальной поглотительной способности. На пятые сутки 80 % фенолов инфильтруются через грунт, не подвергаясь сорбции.

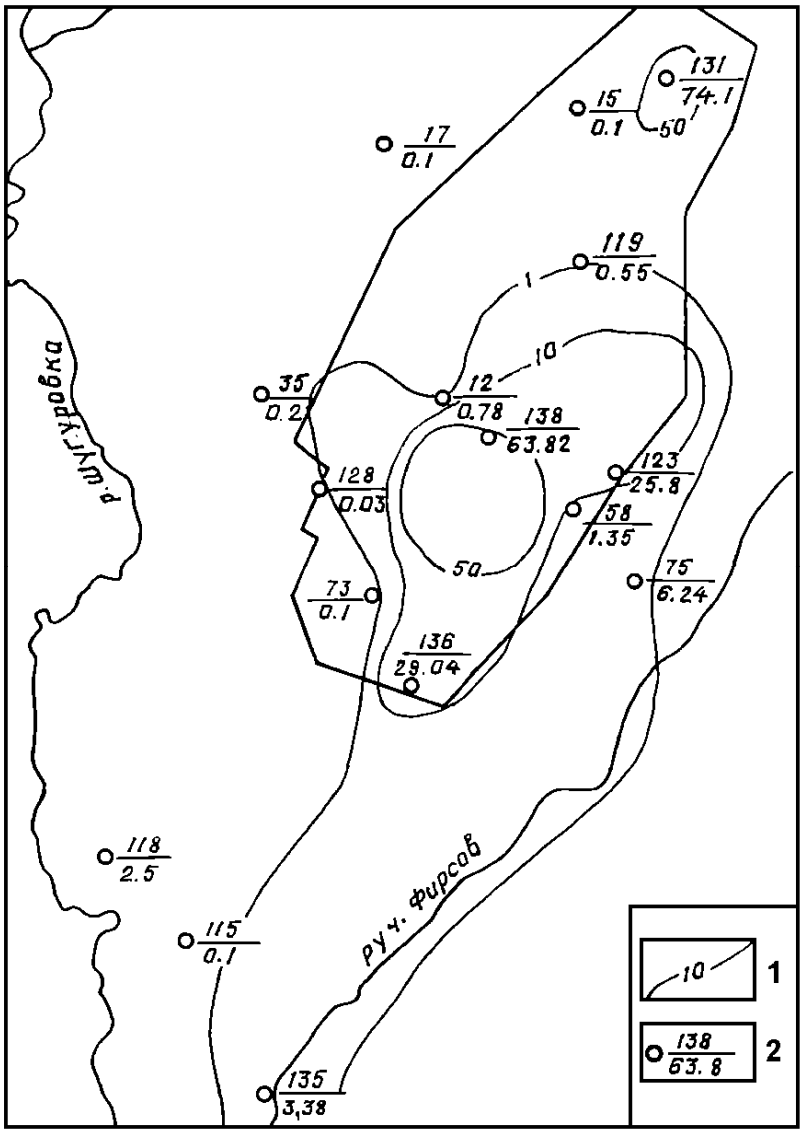


Рис. 22. Содержание соединений азота в грунтовых водах

1 – изолиния содержания соединений азота (мг/л); 2 – скважина: в числителе – номер водопункта по рис. 10, в знаменателе – содержание соединений азота (мг/л)

Фенолы, имея удельную массу 1,071-1,453 г/л, при длительном поступлении путем свободной конвекции способны глубоко проникать в горные породы, что подтверждается натурными наблюдениями (присутствием их в подземных водах на глубине до 75 м). Они растворимы и в воде, и в органических растворителях.

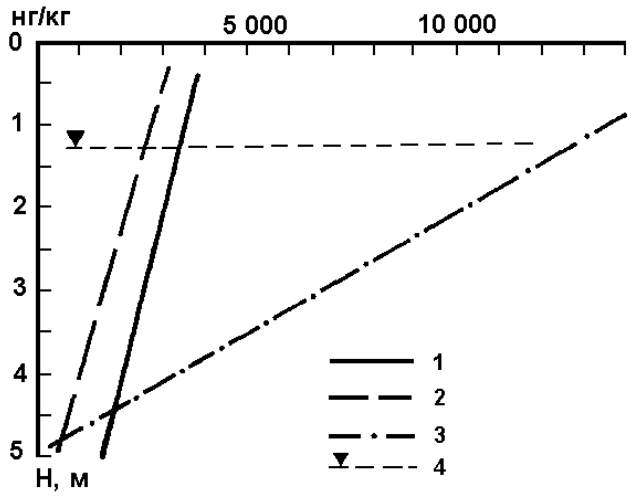


Рис. 23. Содержание диоксинов в горных породах на территории городской свалки

1 – суммарное содержание ТХДД;
2 – содержание 2,3,7,8-ТХДД;
3 – суммарное содержание ТХДФ;
4 – уровень грунтовых вод

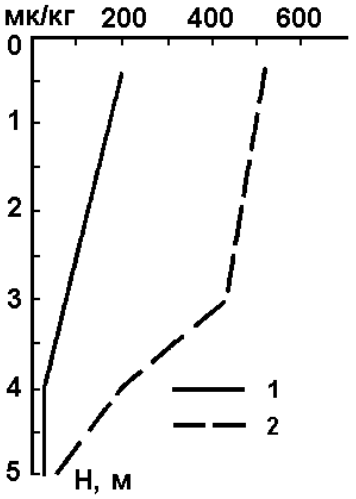


Рис. 24. Содержание свинца (1) и меди (2) в горных породах на территории городской свалки

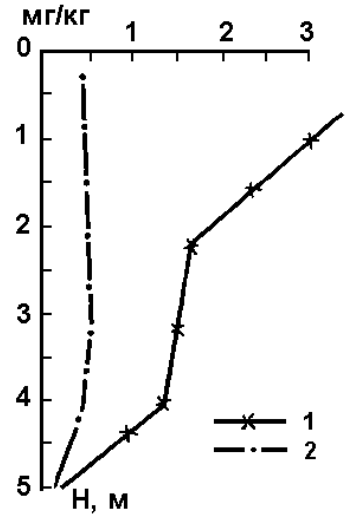


Рис. 25. Содержание кадмия (1) и ртути (2) в горных породах на территории городской свалки

Неоген-четвертичные глинистые породы, развитые в районе исследований, обладают в целом высокими сорбционными свойствами. Емкость поглощенного комплекса (ПК) их составляет 43,2-46,1 ммоль /100 г (табл. 33, рис. 26). В нем доминируют двухвалентные катионы (до 97,5-

Таблица 33

Химический состав водных вытяжек и поглощенного комплекса глинистых отложений на территории городской свалки

№ проб	Глубина отбора, м	Состав водных вытяжек, мг/100г, мг-экв, % экв.							Поглощенные катионы, мг/100г ,мг- экв, % экв				Емкость обмена, мг-экв/100г	$\frac{r\,Ca^{2+}}{rNa^{+}+rK^{+}}$
		HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+		
1	0,0-	43,0	4,0	7,0	17,0	1,8	3,9	0,8	795,5	53,9	9,1	17,8		
	0,3	0,70	0,1	0,2	0,85	0,15	0,17	0,02	37,9	4,44	0,40	0,44	43,18	45,12
		70,0	10	20	71,4	12,6	14,3	1,7	87,8	10,3	0,9	1,0		
2	1,5-	43,0	< 3	7	14	2,4	3	1,6	781,6	73,3	9,1	28,4		
	1,6	0,70		0,2	0,7	0,20	0,13	0,04	39,0	6,0	0,40	0,73	46,13	34,51
		77,8		22,2	65,4	18,7	12,2	3,7	84,5	13,0	0,9	1,.6		
3	14,0-	46,0	29	11	13	5,5	13,1	2,3	727,5	75,1	13,3	23,3		
	14,5	0,80	0,6	0,30	0,65	0,45	0,57	0,06	36,3	6,28	0,58	0,59	43,65	31,03
		47,0	35,3	17,7	37,6	26	33	3,4	83,2	14,1	1,3	1,4		

98,6 %): кальций 83,2-87,8 % и магний – 10,3-14,1 %. Глинистые минералы представлены группой монтмориллонита (80-85 %), содержание гидрослюд не превышает 10-15 %, а каолинита 3-5 % [1, 67].

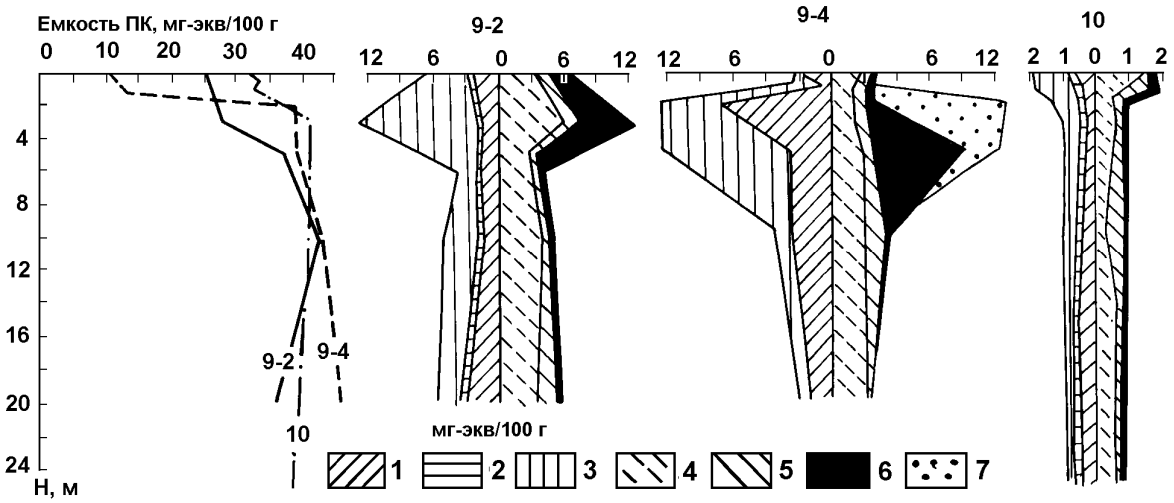


Рис. 26. Изменение емкости поглощенного комплекса и состава поровых растворов глинистых пород

1-7 – ионы: 1 – кальциевый, 2 – магниевый, 3 – натриевый и калиевый, 4 – гидрокарбонатный, 5 – сульфатный, 6 – хлоридный, 7 – нитратный

Воздействие стоков, как уже отмечалось, особенно интенсивно проявляется до глубины 10-20 м. В этих стоках предприятий обычно присутствуют, наряду с поглощаемыми, и непоглощаемые вещества, а также лиганды (адденды), которые с катионами раствора образуют комплексные соединения, сильно снижающие адсорбцию катионов и емкость ПК до 24,9-11,65 мг-экв/100 г (см. рис. 26). При этом содержание кальция в ПК падает до 43,3 %, соответственно резко возрастает концентрация натрия (до 47,1 %). Калий в ПК пород присутствует в небольших количествах – 0,9-2,3 %.

На территории свалки и нефтехимических предприятий происходят резкие изменения и в составе водорастворимых солей глинистых отложений. Если за их пределами (рис. 26, разрез 10) водные вытяжки из пород имеют минерализацию всего 76,6-105,6 мг/100 г, то на территории концентрация растворов достигает 936-1222 мг/100 г (разрез 9-2, 9-4). Среди анионов преобладают хлор (23,5-41,1 %) и нитрат (22,9-59,5 %). Доля гидрокарбонат-иона падает до 12,9 %. Среди катионов доминирует натрий (39,1-74,4 %). При этом содержание кальция снижается до 23,1-12,4 %

против 80,2-56,7 %. Концентрация магния невысокая (3,1-10,4 %, иногда до 19,3 %), а калия в пределах 0,7-10,1 %. С глубины 8-10 м минерализация водных вытяжек снижается до 200-307 мг-экв/100 г. Здесь же наблюдается максимальная емкость ПК (46,4-53,9 ммоль/100 г).

Тяжелые металлы активно сорбируются на поверхности глинистых частиц, входят в состав кристаллических решеток и дают собственные минералы в результате изоморфного замещения. На характер распределения по глубине тяжелых металлов влияют емкость ПК, наличие геохимического барьера, состав пород, содержание органических веществ и пр. Накопившиеся в почвогрунтах тяжелые металлы медленно удаляются при выщелачивании. Период полуудаления составляет для цинка – 70-150, кадмия – 13-110, меди – 310-1500, свинца – 740-5900 лет [43]. Процесс самоочищения пород практически приближается к бесконечности.

В конце двадцатого столетия к обширному перечню экологических бед, угрожающих цивилизации, добавилась еще одна – опасность общепланетарного отравления среды диоксинами [24, 83].

Появление диоксинов в природной среде на территории г. Уфы связано с крупнейшим производством хлорсодержащих гербицидов 2,4,5-Т и 2,4-Д в АО «Химпром», а также утилизацией отходов путем сжигания хлорорганических соединений.

Из большого числа диоксинов наиболее токсичными являются 2,3,7,8-тетрахлордибензо-n-диоксин, известный как 2,3,7,8-ТХДД и полихлорированные дибензолфуроны (ПХДФ). Диоксины хорошо растворяются в органических растворителях и почти не растворимы в воде. Растворимость 2,3,7,8-ТХДД в воде при температуре 25°С составляет всего 0,019 мг/л. Они сильно сорбируются почвой и органическими веществами, где могут сохраниться в течение многих лет, благодаря их химической стабильности. Период полураспада в почве 2,3,7,8-ТХДД составляет 10-20 лет [83]. Причем эта цифра считается сильно заниженной.

Геохимическая судьба и миграционные возможности диоксинов в геологической среде слабо изучены. В английском обзоре [24], а также в работе Л. А. Федорова [83] предполагается возможность проникновения их в почвенный слой на незначительную глубину. В целом считалось, что диоксины накапливаются только в гумусовом горизонте (до глубины 20-30 см). Впервые полученные данные по Уфе в ходе исследований по программе «Диоксины» [25] позволяют утверждать, что диоксины вместе с другими органическими соединениями (скорее всего в растворенном в них состоянии) проникают в подземные воды на значительную глубину (свыше 15 м).

Параметры миграции диоксинов и тяжелых металлов в подземной гидросфере, по-видимому, близки. Это подтверждается сравнением глу-

бины проникновения диоксинов (рис. 23) и тяжелых металлов (рис. 24-25) в глинистые породы на территории уфимской городской свалки (см. рис. 10 скв. 120). Как видно из рис. 23-25 характер миграции и глубина проникновения этих веществ совпадает. Миграция происходит в водонасыщенной среде при значениях pH 6,73-6,83.

Анализ химического состава родников (см. рис. 10), разгружающихся из неоген-четвертичных глинистых отложений в 100-500 м от свалки показывает присутствие в них ионов тяжелых металлов пока в небольших количествах. Концентрации некоторых легкорастворимых компонентов в воде родников достигают значительных величин (см. табл. 31): хлоридов до 2440 мг/л, нитратов до 9,04 мг/л, аммонийного азота 1,54 мг/л. Присутствие высокотоксичных загрязнителей (диоксинов и других супертоксикантов) в воде анализируемых водоисточников пока не наблюдается, хотя они присутствуют в массиве твердых бытовых отходов (ТБО). В то же время слабосорбируемые глинистыми отложениями соединения, которые являются их предшественниками (хлориды, нитраты, аммоний), появились во всех водоисточниках вокруг свалки. Это свидетельствует о том, что при латеральном потоке за счет высоких сорбционных свойств глинистых отложений (емкость ПК 50-60 мг-экв/100 г) происходит естественное очищение грунтовых вод.

Вертикальный переток загрязненных грунтовых вод в уфимский водоносный комплекс колеблется от 0,1 до 3,0 м^3/сут. Он в первую очередь определяется высокими градиентами фильтрации (до 2-3) и позволяет проникать супертоксикантам на глубину до 100 м, вплоть до регионального водоупора. В подобной ситуации не исключаются дальние латеральные переносы в трещиноватых и закарстованных в уфимских и кунгурских отложениях до р. Шугуровка и даже р. Уфа.

4.5. Оценка скорости распространения загрязняющих веществ в подземных водах

Время достижения загрязняющих веществ с поверхности земли до уровня грунтовых вод рассчитывалось по формуле В. М. Шестакова [88]:

где m – мощность зоны аэрации, м;

μ – дефицит влажности (0,1);
Q – инфильтрационное питание, м^3/сут.;
F – площадь на которой происходит инфильтрация, м^2;
K – коэффициент фильтрации пород зоны аэрации, м/сут.;

Отношение Q/F – это слой инфильтрующихся осадков (h).

Среднемноголетнее годовое количество осадков 1 % обеспеченности по станции Уфа составляет 769 мм, а испарение – 439 мм. Слой осадков (h) за год составляет 330 мм (769-439), а в сутки равен (330:365) 0,904 мм/сут = 0,0009 м/сут.

Следует отметить, что основное питание грунтовых вод происходит в теплое время года (с апреля по октябрь), в холодное время (с ноября по март) питание уменьшается на 30-40 %.

Расчет времени достижения загрязняющих веществ до уровня грунтовых вод, выполненный на IBM PC показал, что для различных точек территории свалки он не превышает 200 суток. Судя по карте гидроизогипс и линиям тока (рис. 11), разгрузка грунтовых вод происходит в основном в ручей Фирсов. Дальность растекания стоков по потоку определяется по формуле [88]:

где $R_{св}$ – радиус хранилища стоков, м;
$Q_{св}$ – расход стоков на инфильтрацию, м^3/сут. (принимается равным Q в предыдущей формуле);
t – расчетное время растекания стоков, сут. (принимается равным 10 лет, т. е. 3650 сут.);
n_a – активная пористость водоносных пород (по лабораторным данным для покровных суглинков и глин n = 0,35);
m – средняя мощность горизонта грунтовых вод, м;
V_e – скорость движения грунтовых вод, м/сут.

($V_e = I \times K$, где I – уклон подземного потока, определенный по карте гидроизогипс, K – средневзвешенный коэффициент фильтрации на пути грунтового потока).

где a – длина свалки (1575 м);
b – ширина свалки (800 м).

где h = 0,0009 м/сут.;

Следовательно

$$Q_{св} = 0{,}0009 \cdot 9792894 = 8814 \text{ м}^3/\text{сут.},$$

t = 3650 сут., n_a = 0,35, $m_{ср}$ = 10 м, V_e = 0,04 · 0,2 = 0,008 м/сут.

Дальность растекания

Таким образом, перенос загрязнения грунтовым потоком происходит за 10 лет на 775 м. Исходя из того, что складирование промышленных и бытовых отходов производится уже более 30 лет, а расстояние мест складирования до ручья Фирсов составляет 300-500 м, можно считать, что загрязнение уже достигло дрен.

Влияние городской свалки на реки Шугуровка и Уфа проявляется в основном через ручей Фирсов. Годовой объем стока с территории свалки (соответствующий годовой сумме осадков) достигает следующих значений: при 1 % -ой обеспеченности – 234, 5 %-ой – 214 и 10 %-ой – 204 тыс. м^3.

Из годового объема осадков, выпавших на массив свалки в условиях складирования по схеме выравнивания, 70 % стока приходится на испарение, 15 % составляет фильтрат и 15 %-поверхностный сток.

Поверхностный сток в створе верхнего пруда на ручей Фирсов (площадь водозабора 0,23 км^2) 1 %-ой обеспеченности составляет 53,9 тыс. м^3/год, в том числе объем талых вод 52,9 тыс. м^3/год, дождевых вод 3,9 тыс. м^3/год, максимальный объем дождевых вод 1 %-ой вероятности достигает 0,748 м^3/с.

Поверхностный сток в створе нижнего пруда (площадь водосбора 0,31 км^2) 1 %-ой обеспеченности составляет 19,8 тыс. м^3/год, в том числе объем талых вод 18,4 тыс. м^3/год, дождевых вод 1,4 тыс. м^3/год.

Подземный сток с территории свалки оценен для створов верхнего и нижнего прудов. Общий расход подземного стока в верхний пруд составляет 76,2 $м^3$/сут., в нижний пруд – 110 $м^3$/сут.

Сопоставление данных по объему, химическому составу стока в р. Шугуровка и ручей Фирсов показывает, что сточные воды, вытекающие со свалки, оказывает значительное отрицательное влияние на состав воды в р. Шугуровка.

В заключение важно подчеркнуть длительный период нахождения загрязняющих веществ в водоносных горизонтах. По данным натурных наблюдений и расчетам [1], он достигает многих десятков и даже сотен лет. Это связано с тем, что для полного вывода загрязненных вод из горизонта требуется несколько (2-3) циклов полного водообмена. А продолжительность только одного цикла в зоне активной циркуляции Предуралья изменяется от 10-20 лет до 50-80 лет. Таким образом, процессы самоочищения водоносных горизонтов и восстановление природных условий даже после ликвидации источника загрязнения продолжаются в течение десятков и даже сотен лет, т. е. превышают время жизни одного поколения.

ГЛАВА 5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛЬНО-КОМПЬЮТЕРИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ

5.1. Параметрическая интерпретация природно-техногенной геофильтрационной системы верификационно-наблюдаемого экологически неблагоприятного влияния уфимской свалки

Исследуемая природно-техногенная геофильтрационная система представляет собой совокупность параметрически интерпретированных метеорологических, гидрографических и гидрогеологических условий, направленности взаимосвязи поверхностных и грунтовых вод и их испарения, взаимодействие которых приводит к соответствующим уровенному, гидродинамическому и водобалансовому режимам [41].

Параметрические метеорологические условия интерпретируются в виде сведений о температуре воздуха, атмосферных осадках (с разделением на твердые и жидкие), снежном покрове (с регистрацией даты его развития), дефиците влажности воздуха, испарении с водной поверхности, поверхности земли, промерзаний почв (с указанием сезонной и многолетней мерзлоты), а также режимах, участках и величинах инфильтрации атмосферных осадков и испарения с уровня грунтовых вод.

Параметрические гидрографические условия интерпретируются в виде сведений о конфигурации, ширине и поперечном сечении, абсолютных отметках дна, уровнях воды, расходах и фильтрационных сопротивлениях подрусловых отложений АО, либо дополнительной длине фильтрационного потока DL, водотоков, водоемов, пойменных участков, ирригационных каналов и овражно-балочной сети, а так же о режимах, участках и величинах потерь и пополнений поверхностного потока.

Параметрические гидрогеологические условия интерпретируются в виде сведений:

— для структурного строения – о плановых контурах распространения и стратоизогипсах подошвы (кровли) соответствующих слоев;
— для расчетных параметров – о мощности, коэффициентах фильтрации, водопроводимости, свободной водоотдачи (недостатка насыщения),

упругой водоотдачи, уровне- и пьезопроводности водоносных горизонтов, в том числе его слоев, мощности и коэффициентах вертикальной фильтрации разделяющих слабопроницаемых отложений;

— для напорности водоносных горизонтов – о распределении пьезометрических поверхностей межпластовых подземных вод;

— для геофильтрационного режима – о характере изменений уровенной поверхности грунтовых и межпластовых подземных вод или пьезометрической поверхности последних.

Параметрический характер взаимосвязи поверхностных и грунтовых вод, связанный с фильтрацией, свободной и подпертой из водотоков и водоемов, а также разгрузкой в них грунтовых вод интерпретируется в виде сведений о соответствующих абсолютных отметках уровней дна водотоков и водоемов и залегающих под ними грунтовых вод.

Параметрическое естественное инфильтрационное питание грунтовых вод, связанное с соответствующими режимами, участками и величинами инфильтрации атмосферных осадков, интерпретируются в виде сведений:

— для режима – о внутригодовых периодах с положительными температурами и превышением выпавших осадков (в том числе, твердых) над величиной испаряемости с поверхности почвы;

— для участков – о площадях, свободных от экранирующих покрытий;

— для величин – о количестве проинфильтровавшихся атмосферных осадков в пределах каждого выделенного участка и соответствующего временного периода с указанием доли от всех выпавших осадков, т. е. коэффициентах инфильтрации последних.

Параметрическое испарение с уровня грунтовых вод, связанное с соответствующими режимами, участками и величинами испарения, интерпретируется в виде сведений;

— для режима – о внутригодовых периодах с положительными температурами и преобладанием испаряемости с поверхности почвы над количеством выпавших осадков;

— для участков – о площадях, свободных от экранирующих покрытий;

— для величин – об интенсивности испарения с уровня грунтовых вод, критической глубине испарения и изменении абсолютных отметок уровней грунтовых вод, а также показателе степенной зависимости их объединяющей.

Параметрический уровенный режим интерпретируется в виде сведений о характере изменения поверхностей грунтовых и напорных подземных вод или напоров последних, их амплитуд подъема (снижения) и глубин залегания.

Параметрический гидродинамический режим интерпретируется в виде сведений о характере изменения мощностей водоносных горизонтов, коэффициентов водопроводимости, свободной и упругой водоотдач, уровне- и пьезопроводности, соотношений уровней грунтовых и напорных межпластовых подземных вод, градиентов и скоростей вертикальной фильтрации.

Параметрический водобалансовый режим интерпретируется в виде сведений о характере изменения приходных и расходных составляющих водного баланса:

— потерь и пополнений поверхностных вод;
— инфильтрации атмосферных осадков;
— испарения с уровня грунтовых вод;
— боковых притоков и оттоков и подземных вод, в том числе, родникового стока;
— перетоков через слабопроницаемые водоупорные отложения;
— сработок и пополнений емкостных запасов водоносных горизонтов;
— плановых положительных и отрицательных расходов.

В соответствии с требованиями адаптированного существующего программного обеспечения для осуществления возможности воспроизведения на ЭВМ параметрически интерпретированной природно-техногенной геофильтрационной системы верификационно-наблюдаемого экологически неблагоприятного влияния Уфимской свалки построен комплекс расчетно-схематизированных моделей.

5.2. Модели расчетно-схематизированной параметрически интерпретированной природно-техногенной геофильтрационной системы верификационно-наблюдаемого экологически-неблагоприятного влияния Уфимской свалки

Модели построены по принципу отражения их состава и структуры. Состав модели – это характеристические показатели и параметрически интерпретированные сведения о метеорологических, гидрографических и гидрогеологических условиях, направленности взаимосвязи поверхностных и грунтовых вод, естественном инфильтрационном питании грунтовых вод, их испарении, уровенном, гидродинамическом и воднобалансовом режимах.

Структура моделей – это представление всех параметрически интерпретированных сведений в виде, позволяющем последовательно отразить их фактическое состояние, а затем обобщенное до уровня непрерывных пространственно-временных закономерностей с учетом взаимовлияющего изменения в течение верификационно-наблюдаемого прогнозируемого формирования экологически неблагоприятного влияния мусорной свалки.

С учетом методики воспроизведения на ЭВМ гидродинамически формализованных природно-техногенных геофильтрационных систем формирования верификационно-наблюдаемого и прогнозируемого экологически неблагоприятного влияния свалки расчетно-схематизированные параметрически интерпретированные сведения, разделенные на входящие в дифференциальные уравнения, граничные и начальные условия, с одной стороны, должны как можно полнее отразить, причем с учетом динамики взаимодействия, региональное пространственно-временное изменение природных условий, режимообразующих факторов, формирующих верификационно-наблюдаемое и прогнозируемое экологически неблагоприятное влияние свалки, специфику наблюдаемого уровенного режима грунтовых и межпластовых подземных вод, с другой стороны – не усложнять математические модели идентифицируемых природно-техногенных геофильтрационных систем. В связи с этим анализируется возможность упрощенного представления:

— реальных форм внешних границ и существующих на них граничных условий;
— структурного строения водовмещающих отложений, обуславливающего параметры геофильтрационного потока, и, соответственно, системы дифференциальных уравнений;
— естественного инфильтрационного питания, испарения с уровня грунтовых вод, обусловливающих свободные члены дифференциальных уравнений.

Наиболее детального отражения требуют:

— расчетные гидрогеологические параметры водовмещающих отложений, обусловливающих коэффициенты плановых и временных производных уровней грунтовых и межпластовых подземных вод;
— гидрографические условия и направленность взаимосвязи поверхностных и грунтовых вод, обусловливающих граничные условия второго и третьего родов;
— уровенный режим техногенной и природно-техногенной фаз формирования верификационно-наблюдаемого экологически неблагоприятного влияния свалки, обусловливающие начальные условия.

Ниже приводятся в табличном (табл. 34) виде основные требования, предъявляемые к принципиальному представлению состава и структуры полного комплекса расчетно-схематизированных параметрически интерпретированных моделей, входящих в расчетно-схематизированные природно-техногенные геофильтрационные системы (ПТГС) формирования исходно-наблюдаемого и прогнозируемого экологически неблагоприятного взаимодействия свалки с подземной гидросферой, а также результаты численно-графической визуализации этих моделей. При этом использовался сеточный шаблон, конечно-разностно аппроксимирующий последующую природно-техногенную геофильтрационную систему (рис. 27).

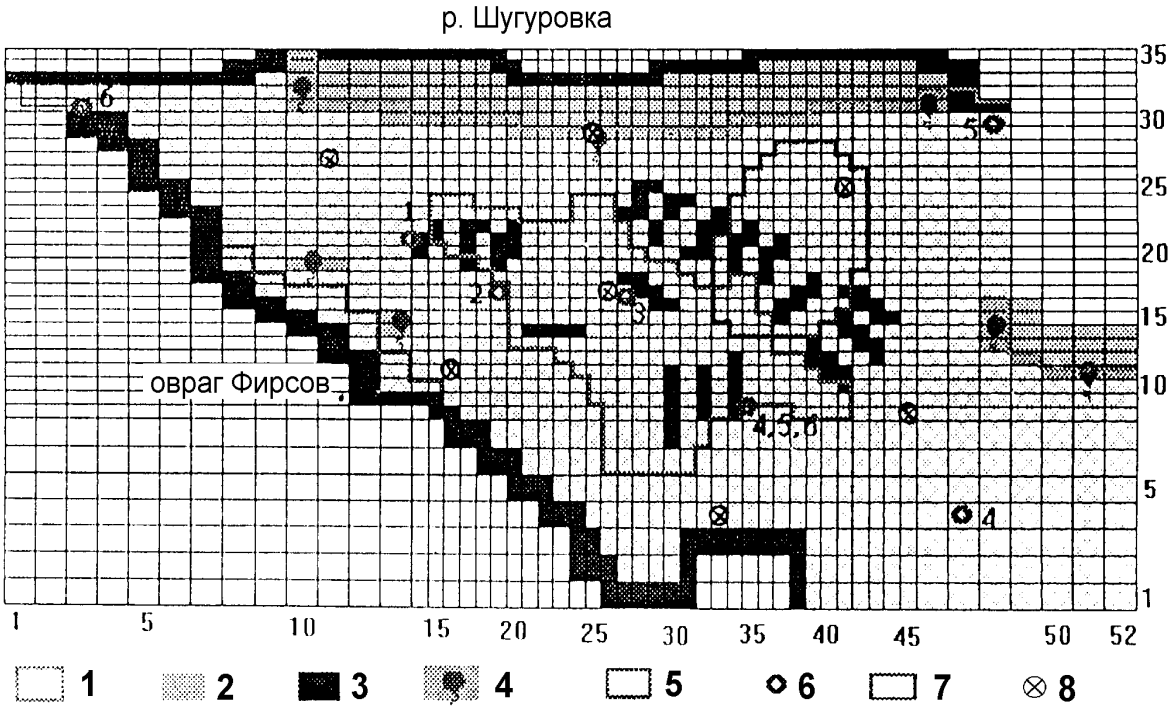


Рис. 27. Сеточный шаблон конечно-разностной аппроксимации

1 – территория распространения $Q_{1\text{-}4}$ отложений; 2 – территория выхода на поверхность $N_2^3ak_2$ отложений; 3-8 – блоки, аппроксимирующие: 3 – реки, овраг и пруды, 4 – родники, 5 – свалку, 6 – скважину, 7 – зону отсутствия 2-го водоносного горизонта, 8 – наблюдательную скважину

Таблица 34

Модель расчетно-схематизированных параметрически интерпретированных метеорологических условий

<table>
<tr><td rowspan="4">№ п/п</td><td colspan="2">Состав</td><td colspan="2">Структура</td></tr>
<tr><td colspan="4">МРа-СМт</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Характеристические показатели</td><td rowspan="2">Параметрически интерпретируемые сведения</td><td colspan="2">Для ПТГС взаимодействия</td></tr>
<tr><td>Исходно-наблюдаемое</td><td>Прогнозируемое</td></tr>
<tr><td>1</td><td>Метеоэлементы</td><td>1.1. Температура воздуха</td><td>Выделение периодов с отрицательными и положительными температурами</td><td rowspan="7">Соответственно то же самое с использованием месячных и годовых значений по всем пунктам наблюдений за годы 50, 10, 5 и 1 % обеспеченности</td></tr>
<tr><td rowspan="6"></td><td rowspan="6"></td><td>1.3. Снежный покров</td><td>Площадное распределение суммарных величин</td></tr>
<tr><td>1.4. Дефицит влажности</td><td rowspan="4">Площадное распределение среднесуточных величин для периода преобладания испарения над атмосферными осадками</td></tr>
<tr><td>1.5. Испарение с водной поверхности</td></tr>
<tr><td>1.6. Испарение с поверхности почвы</td></tr>
<tr><td>1.7. Испарение с уровня грунтовых вод</td></tr>
<tr><td>1.8. Промерзание почвы</td><td>Выделение временного периода</td></tr>
</table>

В соответствии с требованиями, приведенными в таблице. 35, построена численно-визуализированная модель расчетно-схематизированных параметрически интерпретированных гидрогеологических условий, характерезуемых абсолютными отметками воды и фильтрационной проводимостью подрусловых отложений.

Таблица 35

Модель расчетно-схематизированных параметрически интерпретированных гидрографических условий

<table>
<tr><th rowspan="4">№ п/п</th><th colspan="2">Состав</th><th colspan="2">Структура</th></tr>
<tr><th colspan="4">МРа-СГгр</th></tr>
<tr><th rowspan="2">Характеристические показатели</th><th rowspan="2">Параметрически интерпретируемые сведения</th><th colspan="2">Для ПТГС взаимодействия</th></tr>
<tr><th>Исходно-наблюдаемое</th><th>Прогнозируемое</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Топология водотоков, водоемов, затапливаемых пойменных участков, ирригационных каналов, овражно-балочной сети</td><td>1.1. Конфигурация</td><td>Плановые контуры с учетом их непрерывного изменения в течение наблюдаемого периода</td><td rowspan="4">Соответственно то же самое с использованием динамики их трансформации при строительном освоении, инженерной подготовке и благоустройстве территории, а также изменений уровней воды на затапливаемых поймах, месячных и годовых значений по всем пунктам наблюдений за годы 50, 10, 5 и 1 % обеспеченности</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2</td><td rowspan="2">Морфометрия линейных водотоков, водоемов, затапливаемых пойменных участков</td><td>2.1. Ширина и поперечное сечение водотоков</td><td rowspan="3">Распределение по длине линейных водотоков и по пло щади водоемов и затапливаемых пойменных площадей с учетом изменения во времени, а для фильтрационных сопротивлений подрусловых отложений с диапазонными вариациями</td></tr>
<tr><td>2.2. Абсолютные отметки дна</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Гидравлика линейных водотоков, водоемов, затапливаемых пойменных участков</td><td>3.2. Расходы воды родников</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>3.3. Фильтрационные сопротивления подрусловых отложений</td><td></td><td></td></tr>
</table>

Построенная в соответствии с требованиями, приведенными в таблице 36, численно-визуализированная модель расчетно-схематизированных параметрически интерпретированных гидрогеологических условий, характеризует:

Таблица 36

Модель расчетно-схематизированных параметрически интерпретированных гидрогеологических условий

№ п/п	Состав		Структура	
	МРа-СГг			
	Характеристические показатели	Параметрически интерпретируемые сведения	Для ПТГС взаимодействия	
			Исходно наблюдаемое	Прогнозируемое
1	2	3	4	5
1	Структурное строение водовмещающей толщи	1.1. Площади, занимаемые водоносными горизонтами (с учетом их слоистости), разделяющими слабопроницаемыми отложениями	Плановые контуры с учетом их непрерывного изменения в течение наблюдаемого взаимодействия	Плановые контуры с учетом динамики их трансформации при строительном освоении территорий
		1.2. Абсолютные отметки подошвы (кровли) водоносных горизонтов (слоев) и разделяющих толщ		Визуализация в виде комплекса карт с соответствующими интерполяционными моделями с учетом динамики их трансформации при строительном освоении территорий
2	Расчетные параметры водовмещающих отложений (водоносных горизонтов с учетом слоев и слабопроницаемых прослоев)	2.1. Мощность	Визуализация в виде комплекса карт с соответствующими интерполяционными моделями либо зонами абсолютных отметок уровней, напоров – для серии временных периодов, расчетных параметров – с диапазонными вариациями	

Таблица 36 (окончание)

1	2	3	4	5
2		2.2. Коэффициенты фильтрации		
		2.3. Коэффициенты водопроводимости		
		2.4. Коэффициенты свободной (упругой) водоотдачи, уровне- и пьезопроводности		
3	Напорность водоносных горизонтов	3.1. Абсолютные отметки уровней грунтовых и межпластовых подземных вод в безнапорных водоносных горизонтах		
		3.2. Абсолютные отметки напоров подземных вод		
4	Геофильтрационный режим	4.1. Установившиеся (постоянные во времени) абсолютные отметки уровней грунтовых и межпластовых подземных вод		
		4.2. Неустановившиеся (переменные во времени) абсолютные отметки уровней грунтовых и межпластовых подземных вод	Визуализация в виде графиков прослеживания	

— структурное строение водовмещающей толщи – абсолютными отметками поверхности земли, подошвы первого четвертичного водоносного горизонта, кровли и подошвы второго уфимского водоносного горизонта и третьего – кунгурского горизонта;
— расчетные параметры трех водовмещающих и двух разделяющих их водоупорных отложений – коэффициентами фильтрации;
— напорность водоносных горизонтов и их геофильтрационный режим – абсолютными отметками уровней грунтовых и межпластовых подземных вод, а также глубинами залегания первых на предвесенний и весенний периоды.

Модель расчетно-схематизированной параметрически интерпретированной направленности взаимосвязи поверхностных и грунтовых вод. Направленность взаимосвязи поверхностных и грунтовых вод включает в себя свободную и подпертую фильтрацию из водотоков, водоемов, затопленных площадей пойменных участков, а также разгрузку в них грунтовых вод.

Свободная фильтрация определяется сведениями о питании грунтовых вод за счет поверхностных при расположении уровней грунтовых вод ниже дна водотоков, затопленных площадей пойменных участков. Данные эти приводятся в виде временных серий фиксированных потерь поверхностных вод и соответствующих им абсолютных отметок уровней грунтовых и поверхностных вод и дна водотоков и водоемов, фактически измеренных между определенными сечениями и прогнозируемых.

Подпертая фильтрация определяется сведениями о питании грунтовых вод ниже поверхностных. Представление этих данных аналогично вышеописанному.

Фильтрация в водотоки, водоемы, затопленные площади пойменных участков определяется сведениями об их разгрузке, происходящей при питании грунтовыми водами рек. Данные эти приводятся в виде временных серий фиксированных пополнений поверхностных вод и соответствующих им абсолютных отметок уровней грунтовых и межпластовых подземных вод.

В ходе формирования исходно-наблюдаемого и прогнозируемого взаимодействия направленность взаимосвязи поверхностных и грунтовых вод трансформируется: в направлении последовательного перехода от свободной фильтрации поверхностных вод к подпертой и затем к фильтрации в водотоки и водоемы при подъеме уровней грунтовых вод, и в обратном направлении – при их снижении. Трансформация возможна и в любом парном сочетании.

Модель расчетно-схематизированного параметрически интерпретированного естественного инфильтрационного питания грунтовых вод. Естественное инфильтрационное питание связано с соответствующими режимами, участками и величинами инфильтрации атмосферных осадков.

Режим естественного инфильтрационного питания определяется сведениями о внутригодовых периодах, в течение которых происходит инфильтрация атмосферных осадков. Они охватывают временные интервалы с положительными температурами и преобладанием выпавших осадков (в том числе твердых) над величиной испарения с поверхности почвы и идентифицируются по той части наблюдаемого геофильтрационного режима, которая отражает подъем уровня грунтовых и межпластовых

подземных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков с учетом таяния накопившегося снега.

Данные, необходимые для выделения внутригодовых периодов инфильтрационного питания, заимствуются из параметрически интерпретированных сведений о метеорологических и гидрогеологических условиях и приводятся в виде фактически измеренных температуры воздуха, атмосферных осадков (с разделением на твердые и жидкие), испарения с поверхности почвы и абсолютных отметок уровней межпластовых подземных и грунтовых вод в течение исходно-наблюдаемого периода, а для прогнозируемого периода – в виде месячных и годовых величин вышеперечисленных метеоэлементов за многолетний ряд наблюдений и характерные годы, отвечающие 1 %, 5 %, 10 % и 50 % обеспеченности.

Участки естественного инфильтрационного питания определяются сведениями о площадях, на которых происходит питание грунтовых вод за счет инфильтрации атмосферных осадков. Данные эти приводятся в виде их контуров, выделенных в соответствии с приуроченностью к свободным от экранирования геоморфологическим элементам и зонам с однородным литологическим составом с учетом изменения в течение исходно-наблюдаемого периода и на планируемую (проектируемую) перспективу.

В ходе формирования исходно-наблюдаемого и прогнозируемого взаимодействия площади естественного инфильтрационного питания трансформируется в сторону их уменьшения за счет исключения участков, либо застраиваемых селитебными и промышленными объектами, либо в пределах которых грунтовые воды вышли на поверхность. При снижении поднявшегося уровня ниже поверхности земли происходит возврат к прежним площадям естественного инфильтрационного питания.

Величина естественного инфильтрационного питания определяется сведениями о количестве проинфильтровавшихся атмосферных осадков в пределах каждого выделенного участка и соответствующего временного периода – в виде доли от всех выпавших атмосферных осадков, то есть коэффициента инфильтрации последних.

Данные, необходимые для расчетов, заимствуют из параметрически интерпретированных сведений о метеорологических и гидрогеологических условиях и приводятся: для каждого внутригодового периода инфильтрационного питания – в виде соответствующих суммарной величины атмосферных осадков и амплитуды подъема уровней грунтовых вод в течение исходно-наблюдаемого периода, для участков инфильтрации атмосферных осадков – в виде коэффициентов водоотдачи приуроченных к ним литологических разностей и коэффициентов стока.

Инфильтрационное питание в течение прогнозируемого периода вычисляется с использованием коэффициентов инфильтрации и соответствующих суммарных величин атмосферных осадков за многолетний ряд наблюдений и характерные годы 1 % и 50 % обеспеченности.

На данном этапе исследований в модели расчетно-схематизированного параметрически интерпретированного естественного инфильтрационного питания грунтовых вод принято:

— два внутригодовых периода инфильтрации атмосферных осадков – весенний с 1 по 30 апреля и осенний с 1 по 30 ноября;
— инфильтрационное питание грунтовых вод происходит в пределах всей моделируемой территории;
— значение проинфильтровавшихся атмосферных осадков в виде 50 % доли от их выпадающей величины.

Модель расчетно-схематизированного параметрически интерпретированного испарения с уровня грунтовых вод. Испарение с уровня грунтовых вод связано с соответствующими режимами, участками и величинами испарения.

Режим испарения определяется сведениями о внутригодовых периодах, в течение которых оно происходит. Периоды эти охватывают временные интервалы с положительными температурами и преобладанием испарения с поверхности почвы над количеством выпадающих осадков и идентифицируются по той части исходно-наблюдаемого геофильтрационного режима, которая отражает снижение уровня грунтовых вод в зоне выше критической глубины испарения. Данные, необходимые для выделения внутригодовых периодов испарения с уровня грунтовых вод, аналогичны используемым для периодов инфильтрационного питания.

Участки испарения с уровня грунтовых вод соответствуют размещению площадей, на которых происходит и инфильтрация атмосферных осадков.

Величина испарения с уровня грунтовых вод определяется сведениями о его интенсивности в пределах каждого выделенного участка и соответствующего временного периода в линейной зависимости от интенсивности испарения с уровня грунтовых вод у поверхности земли и степенной – от критической глубины испарения и изменения абсолютных отметок уровней грунтовых вод при исходно-наблюдаемом и прогнозируемом взаимодействии. Необходимые для этого данные заимствуют параметрически интерпретированные сведения о метеорологических и гидрогеологических условиях и приводятся в виде суммарных величин атмосферных осадков и испарения с поверхности почвы; для участков, на которых происходит испарение, – в виде коэффициентов водоотдачи приуроченных к ним литологическим разностей и амплитуд снижения уров-

ней грунтовых вод при их различных глубинах, а также коэффициентов стока.

На данном этапе исследований в модели расчетно-схематизированного параметрически интерпретированного испарения с уровня грунтовых вод принято наличие испарения с 1 мая по 31 октября в пределах всей моделируемой территории с глубины залегания уровня грунтовых вод выше 4-х метров.

Вышеописанные и численно-графически визуализированные модели расчетно-схематизированной параметрически интерпретированной природно-техногенной геофильтрационной системы верификационно-наблюдаемого экологически неблагоприятного влияния Уфимской свалки позволяют ее:

во-первых, представить соответствующей натурной моделью, иллюстрируемой рис. 28;

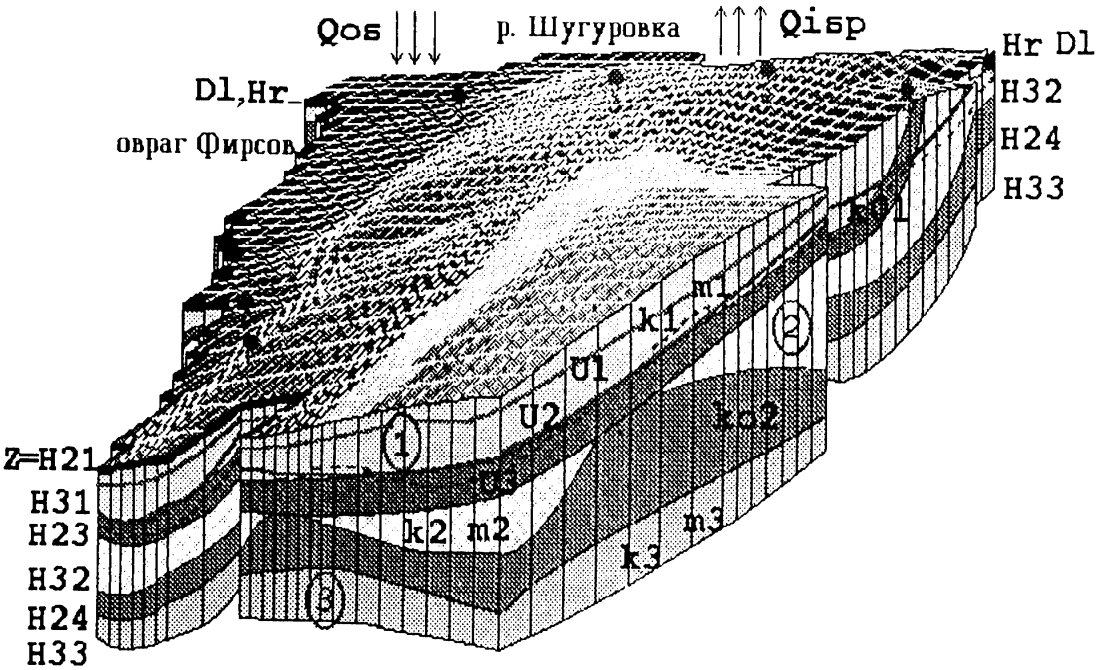


Рис. 28. Натурная модель участка свалки

1 – водоносный горизонт в отложениях $Q_{3+4}os_{1+2}$ и Q_2od+m; 2 –водоносный горизонт в отложениях $N_2^3ak_2$ и P_2u; 3 – водоносный горизонт в отложениях P_1kg

во-вторых, гидродинамически формализовать системой дифференциальных уравнений, описывающих установившейся и неустановившейся геофильтрационные режимы в условиях безнапорной, напорной и напорно-безнапорной фильтрации в системе, состоящей из трех водоносных горизонтов, и осуществить адаптацию существующего программного обеспечения их численной реализации для воспроизведения на ЭВМ верификационно-наблюдаемой природно-техногенной геофильтрационной системы и экспертно-прогнозируемого экологически-неблагоприятного влияния Уфимской свалки. При этом должно учитываться:

— произвольное число различных по литологическому составу слоев в каждом водоносном горизонте;
— наличие в разделяющих водоносные горизонты слабопроницаемых слоях гидрогеологических окон;
— негоризонтальность поверхностей раздела слабопроницаемых слоев и водоносных горизонтов;
— фильтрационная и емкостная неоднородность водовмещающих отложений;
— инфильтрация атмосферных осадков в условиях изменчивости поверхностного стока;
— испарение с уровня грунтовых вод;
— питание или разгрузка подземных вод по контуру области фильтрации;
— взаимосвязь поверхностных и подземных вод в условиях подпертой и свободной фильтрации из водоемов;
— родниковый сток при условии его прекращения в случае опускания уровенной поверхности ниже отметки зоны разгрузки родников;
— утечки из различных водонесущих коммуникаций в условиях контроля глубины заложения безнапорных коммуникаций;
— инфильтрация воды, подаваемой на орошение и полив;
— водозаборные и дренажные сооружения различных типов;
— смена характера напорности водоносных горизонтов, разгрузка грунтовых вод на дневную поверхность;
— формирование водоносных горизонтов;
— осушение обводненных отложений.

5.3. Программное обеспечение верификационно-наблюдаемой природно-техногенной геофильтрационной системы

Математическая модель адаптируемого программного обеспечения воспроизведения на ЭВМ исследуемого фильтрационного потока. Гидродинамические особенности потока подземных вод (рис. 29), его математическая модель для условий неустановившейся фильтрации (во всех трех водоносных горизонтах плоско-плановая фильтрация вод) представляется (в рамках гидравлической теории) системой квазилинейных дифференциальных уравнений параболического типа:

(1)

В (1) принято:

$U_1(x, y, t)$, $U_2(x, y, t)$, $U_3(x, y, t)$ – абсолютные отметки уровней грунтовых вод, соответственно, в первом, во втором и в третьем водоносных горизонтах, м;

(x, y), (x, y), (x, y) – коэффициенты свободной и упругой водоотдачи в соответствии с их приуроченностью к водоносным горизонтам;

$T_1(x, y)$, $T_2(x, y)$, $T_3(x, y)$ – суммарные с учетом слоистости водовмещающих отложений коэффициенты водопроводимости в соответствии с их приуроченностью к водоносным горизонтам, м^2/сут;

$Qprtk(U_1, U_2)$ – единичный переток между первым и вторым водоносным горизонтами, м/сут;

Qprtk(U_2, U_3) – единичный переток между вторым и третьим водоносными горизонтами, м/сут;

Qprtk(U_3, U_n) – единичный переток между третьим и нижележащим водоносными горизонтами, м/сут;

Qos(x, y, t) – интенсивность инфильтрации атмосферных осадков, м/сут;

Qisp(x, y, t) – интенсивность испарения с уровня грунтовых вод, м/сут;

Qpol(x, y, t) – интенсивность инфильтрации воды, подаваемой на полив зеленых насаждений, м/сут;

Qut(x, y, t) – интенсивность утечек из водонесущих коммуникаций, м/сут.

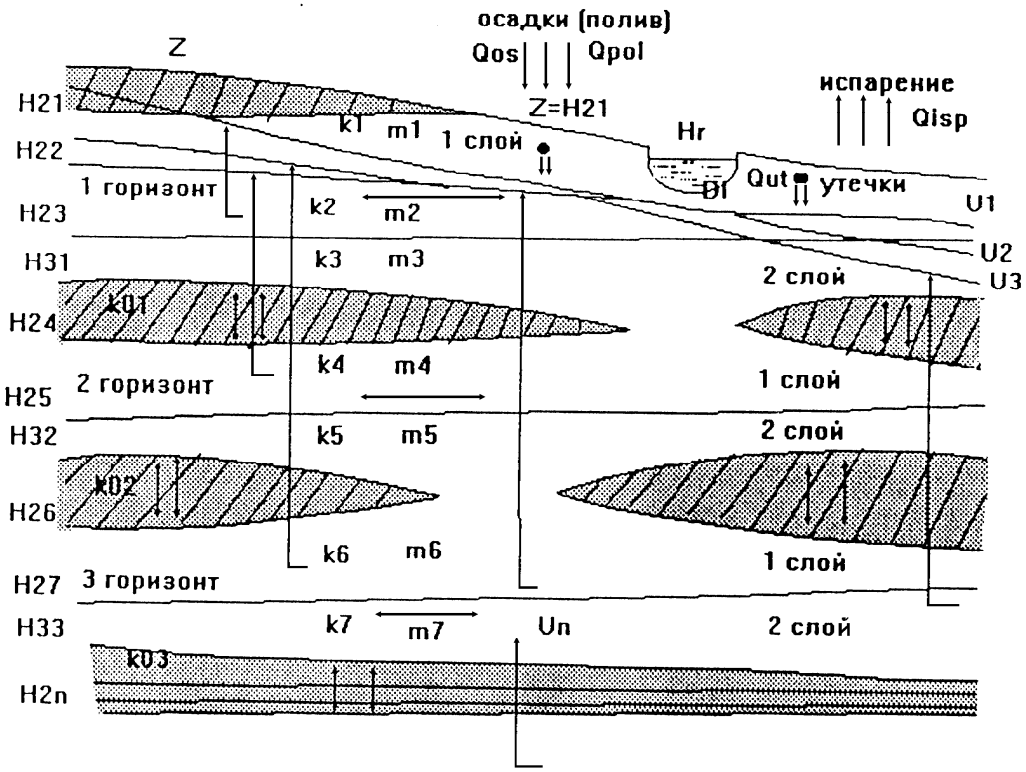


Рис. 29. Схема потоков подземных вод района Уфимской свалки

Коэффициенты водоотдачи , , вычисляются по формулам:

– упругая водоотдача, при $U_{j1} > H2_j$, $m_{j,\,i}$,

– свободная водоотдача, при $H2_{j,\,i+1} > U_j > H2_{j,\,i}$, (2)

где j – номер водоносного горизонта;

i – номер слоя в каждом горизонте.

Коэффициенты водопроводимости T_1, T_2 и T_3 вычисляются по формулам:

(3)

где mj – максимальное количество слоев в каждом водоносном горизонте;

$k_{j,\,i}$ – коэффициенты фильтрации i-го слоя водоносного горизонта, м/сут;

$H2_{j,\,i}$ – абсолютные отметки поверхностей раздела слоев в j-том водоносном горизонте, м;

$H3_j$ – абсолютные отметки подошвы j-го водоносного горизонта, м;

U_j – абсолютные отметки уровней подземных вод j-го водоносного горизонта, м;

Единичные перетоки между j и $i+1$ водоносными горизонтами вычисляются по формулам:

(4)

где $k0_j$ – коэффициенты фильтрации слабопроницаемого слоя, разделяющего j-ый и $(j+1)$-ый водоносные горизонты, м/сут.

Интенсивность испарения грунтовых вод зависит от глубины их залегания и рассчитывается по формуле:

(5)

где q_0 – интенсивность испарения с уровня грунтовых вод у поверхности земли, м;

z – абсолютные отметки поверхности земли, м;

$GLkr$ – критическая глубина грунтовых вод, ниже которой испарение отсутствует, м;

v – показатель изменчивости испарения.

Если первый от поверхности водоносный горизонт напорный, то природные и техногенные режимообразующие факторы не учитываются.

Установившаяся фильтрация грунтовых и подземных вод описываются теми же уравнениями (1) при условии равенства нулю левых частей этих уравнений.

Однозначность решения уравнений системы (1) достигается заданием граничных и начальных условий для каждого водоносного горизонта. Данная математическая модель реализует граничные условия (ГУ) трех родов – ГУ-1, ГУ-2 и ГУ-3, задаваемые на внешнем Γ и внутренних g контурах трех водоносных горизонтов.

ГУ-1 рода имеют вид

(6)

Они представляют собой постоянное или меняющееся во времени положение уровня подземных вод j-го водоносного горизонта и задаются на внешних и внутренних контурах области фильтрации.

ГУ-2 рода имеют вид

(7)

где N – внешняя нормаль к контуру $\Gamma_{2,j} + g_{2,j}$.

ГУ-2 представляют собой постоянный или меняющийся во времени расход. Они задаются на контурах дренажных скважин, работающих с заданным расходом, на контурах внешней границы фильтрационного потока – в виде притока или оттока подземных вод в j-ом водоносном горизонте.

ГУ-3 рода представляют собой линейную зависимость между уровнем (напором) подземных вод $U_j(x, y, t)$ и расходом:

(8)

где $H_{r,j}$ – абсолютные отметки уровня воды в водоеме, напора на дрене, ордината зоны разгрузки подземных вод родниками, м;

Dl_j – фильтрационная проводимость подрусловых отложений водоемов, придренажной зоны, зоны разгрузки родников, $м^2$/сут.

Формула (8) справедлива только в случае подпертой фильтрации в водоемах. При свободной фильтрации поверхностных вод из водоемов формула (8) имеет вид:

(9)

Для дрен и родников при $U_j < Hr_j$, $Q_j(s) = 0$.

Начальные условия для уравнений системы (1) имеют вид:

(10)

Для замкнутости краевой задачи в условиях установившейся геофильтрации достаточно только задания граничных условий.

Вычислительный алгоритм численной реализации фильтрационного потока, представленного тремя водоносными горизонтами с плоско-плановой фильтрацией в них.

Численный алгоритм основан на конечно-разностном методе решения соответствующих систем дифференциальных уравнений.

Замена дифференциальных уравнений (1) их конечно-разностными аналогами осуществляется наложением на область фильтрации (D+Г) прямоугольной сетки (D^*+$Г^*$), при этом непрерывным в области фильтрации (D+Г) функциям *H1* ставятся в соответствие сеточные функции $H_{l,\ i,\ k}$ такие, чтобы выполнялось равенство:

(11)

где *M, N* – соответственно, число ячеек сетки по горизонтали и вертикали.

Нами используются неравномерные прямоугольные сетки.

При дискретизации области фильтрации вблизи внешнего контура необходимо прямоугольный шаблон строить таким образом, чтобы криволинейный контур прошел через центры ячеек. Затем полученную сеточную область достроить до прямоугольника фиктивными ячейками и добавить еще с четырех сторон по одному ряду фиктивным ячеек.

Для составления консервативной разностной схемы неравномерной прямоугольной сетки, шаблон которой представлен на рис. 30, применяется метод баланса. Этот метод для квазилинейных уравнений системы (1) является наиболее эффективным, поскольку при наличии негладких или разрывных коэффициентов этих уравнений он наиболее точно отражает законы сохранения энергии на сетке.

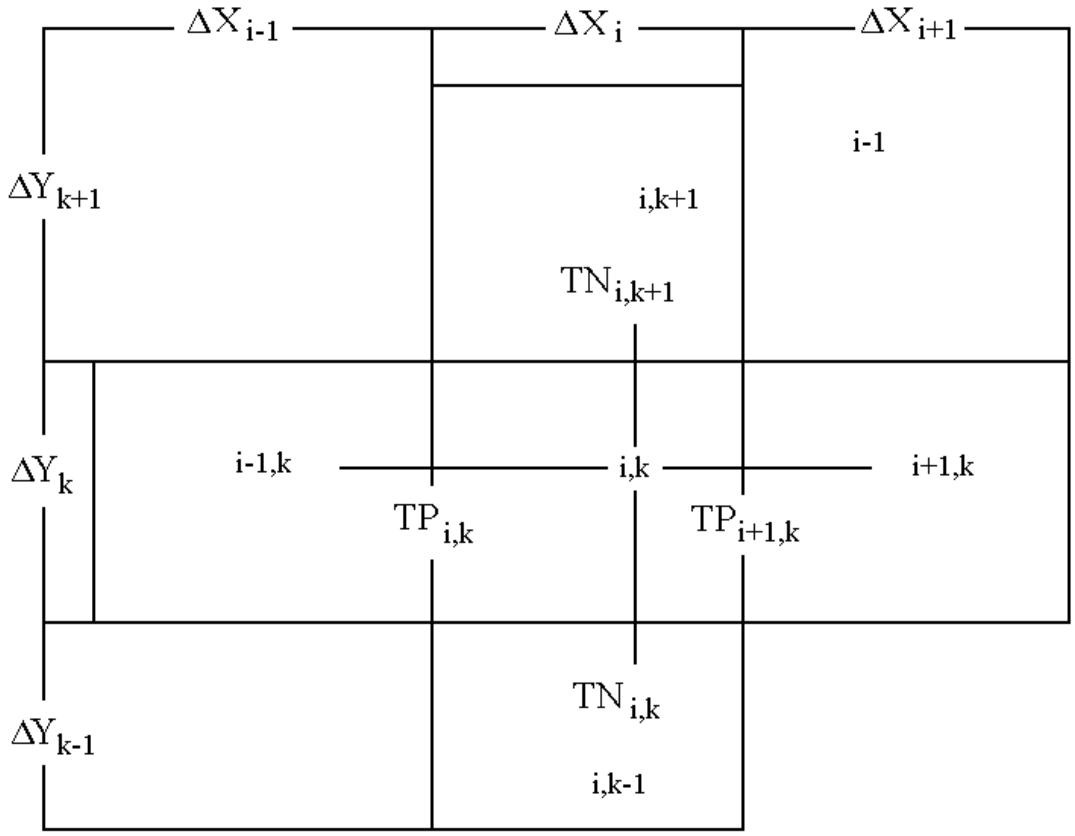


Рис. 30. Схема неравномерной прямоугольной сетки

Для численного решения системы (1) наиболее удобно использовать чисто неявные схемы с опережением, которые монотонны и устойчивы при любых шагах во времени и пространству, а именно нелинейный их вариант.

Полная система разностных уравнений, апроксимирующих дифференциальные уравнения из (1) и граничные условия (6)-(9), имеет вид:

(12)

$i = 1,..., M;\ k = 1,..., N;\ j = 1,..., L,$

где $C1_{i,\,k} = m1_{i,\,k} \times F_{i,\,k}$ – водоемкость ячейки (i, k), м; $l = 1, 2, 3$;

$F_{i,\,k} = \Delta x_i \times \Delta y_k$ – площадь ячейки, м^2; Δx, Δy – соответственно, размеры ячейки (i, k) по осям X и Y, м;

Δt_j – размер временного шага, сутки.

$\square_{i,k}$ и $U1_{i,k}$ – абсолютные отметки уровней грунтовых и межпластовых подземных вод в центре ячеек (i, k) соответственно, на моменты времени $t + \Delta t_j$ и t, м, $l = 1, 2, 3$;

$TR1_{i,k}$ – коэффициент перетока между первым и вторым водоносными горизонтами (м^2/сут), определяемый по формуле:

$$\boxed{} \qquad (13)$$

$TR2_{i,k}$ – коэффициент перетока между вторым и третьим водоносными горизонтами (м^2/сут), определяемый по формуле:

$$\boxed{} \qquad (14)$$

где $K\varnothing 1_{i,k}$ и $K\varnothing 2_{i,k}$ – коэффициенты фильтрации слабопроницаемых прослоев, разделяющих соответственно первый и второй, второй и третий водоносные горизонты, м/сут;

$H31_{i,k}$ и $H32_{i,k}$ – абсолютные отметки подошвы соответственно первого и второго водоносных горизонтов, м;

$H2,k12_{i,k}$ и $H2,k13_{i,k}$ – абсолютные отметки кровли соответственно второго и третьего водоносных горизонтов, м;

$\boxed{}$ – фильтрационные проводимости (правые, левые, верхние и нижние) между ячейками сетки первого водоносного горизонта (м^2/сут) на момент времени $t+\Delta t$.

Они определяются по формулам:

$$\boxed{} \qquad (15)$$

$$\boxed{} \qquad (16)$$

где $\boxed{}$, $\boxed{}$ – коэффициенты водопроводимости в ячейках *(i, k)* и в четырех соседних с ней ячейках на момент времени $t+\Delta t$ в первом водоносном горизонте, м^2/сут.

$\boxed{}$, $\boxed{}$, $\boxed{}$, $\boxed{}$ – фильтрационные проводимости (правые, левые, верхние и нижние) между ячейками сетки второго водоносного горизонта (м^2/сут) на момент времени $t+\Delta t$.

Они определяются по формулам:

(17)

(18)

где , – коэффициенты водопроводимости в ячейках *(i, k)* и в четырех соседних с ней ячейках на момент времени $t + \Delta t$ в первом водоносном горизонте, м^2/сут.

, , , – фильтрационные проводимости (правые, левые, верхние и нижние) между ячейками сетки второго водоносного горизонта (м^2/сут) на момент времени $t + \Delta t$.

Они определяются по формулам:

(19)

(20)

где , – коэффициенты водопроводимости в ячейках *(i, k)* и в четырех соседних с ней ячейках на момент времени $t + \Delta t$ во втором водоносном горизонте, м^2/сут.

, , , – фильтрационные проводимости (правые, левые, верхние и нижние) между ячейками сетки третьего водоносного горизонта (м^2/сут) на момент времени $t + \Delta t$.

Они определяются по формулам:

(21)

(22)

где [ ], [ ] – коэффициенты водопроводимости в ячейках *(i, k)* и в четырех соседних с ней ячейках на момент времени $t + \Delta t$ в третьем водоносном горизонте, м^2/сут.

$G1_{i,k}$, $G2_{i,k}$ и $G3_{i,k}$ определяются по формулам:

[ ] (23)

Величина $Qos_{i,k}$ расчитывается по формуле:

[ ] (24)

где qos – интенсивность поступления атмосферных осадков на поверхность почвы за время $t+\Delta t_j$, м/сут;

$Kinf_{i,k}$ – коэффициент инфильтрации для блока с координатами *(i, k)*.

В формуле (24) должно выполнятся условие $qos > Q_0$,

где Q_0 – интенсивность испарения с УГВ за время $t+\Delta t_j$, м/сут;

$Z_{i,k}$ – глубина залегания УГВ на момент времени t, м;

Z_{kp} – критическая глубина залегания УГВ, ниже которой испарение не учитывается, м;

ns – показатель роста испарения.

Величина $Qpol_{i,k}$ расчитывается по формуле:

[ ] (25)

где $qpol_{i,k}$ – количество воды, подаваемой на орошение, полив 1 м^2 территории на момент времени $t+\Delta t_j$, м^3/сут.

Величины утечек из водонесущих комуникаций различных типов (водопровод, теплосеть, канализация) рассчитывается либо по формуле

[ ] (26)

где [ ] – утечки воды в процентах от величины водоподачи соответственно по сетям водопровода, теплосети, канализации на 1 м трубопровода, м^3/сут;

[ ] – протяженность, соответственно, сетей водопровода, теплосети и канализации в блоке с координатами *(i, k)*, м;

либо в виде процентов от удельной водоподачи, отнесенной к единице площади.

(27)

где qut – утечки воды в процентном соотношении от величины водоподачи на 1 м, м^3/сут;

$F_{i,k}$ – площадь блока с координатами *(i, k)*, м^2.

Поскольку сети канализации представляют собой безнапорные водонесущие коммуникации, то при их моделировании необходимо задавать следующее условие:

(28)

где $GL_{i,k}$ – глубина заложения канализационных сетей, м;

$Q1np_{i,k}$ $Q1om_{i,k}$ – величины соответственно притока и оттока со стороны внешней границы первого водоносного горизонта в блоке с координатами *(i, k)*, м^3/сут.;

$Q1skv_{i,k}$ –дебиты водозаборных скважин в блоке с координатами *(i, k)* в 1-ом водоносном горизонте, м^3/сут.;

(29)

где $Q2np_{i,k}$, $Q2ot_{i,k}$ – величины соответственно притока и оттока со стороны внешней границы второго водоносного горизонта в блоке с координатами *(i, k)*, м^3/сут.;

$Q2skv_{i,k}$ – дебиты водозаборных скважин в блоке с координатами *(i, k)* во втором водоносном горизонте, м^3/сут.;

(30)

где $Q3np_{i,\ k}$, $Q3ot_{i,\ k}$ – величины, соответственно, притока и оттока со стороны внешней границы третьего водоносного горизонта в блоке с координатами *(i, k)*, м^3/сут.;

$Q3skv_{i,\ k}$ – дебиты водозаборных скважин в блоке с координатами *(i, k)* в третьем водоносном горизонте, м^3/сут.;

$TRN_{i,\ k}$ и $HN_{i,\ k}$ – коэффициент перетока через слабопроницаемый слой, подстилающий последний горизонт (м^2/сут.) и УПВ горизонта, лежащего ниже последнего (м).

В формулах (23), (29) и (30) последнее слагаемое учитывает граничные условия третьего рода (8), (9) – взаимосвязь подземных вод с водотоками (водоемами) и дренами.

При моделировании вертикальной фильтрации из водоема при $U1_{i,\ k} < H2_{k1,\ i,\ k}$ ($l = 1, 2, 3$, $k1$ – номер верхнего слоя первого горизонта) последнее слагаемое в формулах (23), (29) и (30) заменится на параметр:

(31)

При моделировании горизонтальной фильтрации из водоема, например, по направлению оси X последнее слагаемое в формулах (23), (29) и (30) заменяется на параметр:

(32)

где s – номер слоя, который прорезает русло водоема.

Параметр взаимосвязи поверхностных и подземных вод $DL1$, входящий в формулу (31), может определяться несколькими способами в зависимости от имеющейся исходной информации.

а) (33)

где $Kp1$, $mp1$ – соответственно коэффициент фильтрации (м/сут.) и мощность подрусловых отложений (м);

$Fp_{i,\ k} = Bp_{i,\ k} \times Np_{i,\ k}$ – площадь водоема в блоке (i, k), м^2;

Bp и Np – соответственно ширина и протяженность водоема.

б) (34)

где To_k – средняя водопроводимость горизонта под дном водоема, м^2/сут.;

$N_{i,\ k}$ – протяженность водоема в блоке (i, k), м;

$l_{i,\ k}$ – наименьшее расстояние от водоема до центра блока (i, k), м;

$L_{i,\ k}$ – эквивалентное несовершенство водоема, м.

в) (35)

где – величина потерь вод из водоема при свободной или подпертой фильтрации из него или пополнение поверхностных вод подземными при их разгрузке в водоем ($м^3$/сут.) на фиксированный момент времени.

При моделировании родников – очагов дренажа безнапорных водоносных горизонтов при $U1_{i,\,k} > H3_{l,\,i,\,k}$, DL заменится на:

а $HR_{l,\,i,\,k}$ на $H3_{l,\,i,\,k}$; при $U1_{i,\,k} < H3_{l,\,i,\,k}$ последнее слагаемое в формулах (23), (29) и (30) равно нулю.

В напорных водоносных горизонтах при $U1_{i,\,k} > Z_{i,\,k}$, $HR_{l,\,i,\,k} = Z_{i,\,k}$, $U1_{i,\,k} < Z_{i,\,k}$.

Последнее слагаемое в формулах (23), (29) и (30) равно нулю, $Z_{i,\,k}$ – ордината зоны места выхода родников, м.

Параметр взаимосвязи зоны выхода родников с подземными водами определяется по формуле:

(36)

где – мощность зоны разгрузки родников (м);

– коэффициент фильтрации (м/сут.);

$F_{i,\,k}$ – площадь блока с координатами *(i, k)*, $м^2$.

При моделировании дрен, работающих с заданным напором, при $U1_{i,\,k} < HR_{l,\,i,\,k}$ последнее слагаемое в формулах (23), (29) и (30) равно нулю, а фильтрационная проводимость в придренажной зоне в блоке *(i, k)* определяется для горизонтальных несовершенных дрен по формуле:

(37)

где Tdr, Ndr, ΔLdr – соответственно водопроводимость водоносного горизонта под дреной ($м^2$/сут.) и ее протяженность (м).

Эквивалентное несовершенство дрены (ΔLdr) рассчитывается для дрен малых размеров, расположенных в однородном по вертикали водоносном горизонте, по формуле:

(38)

где mdr, ddr – соответственно мощность водоносного горизонта под дреной (м), и расчетный диаметр дрены (м);

Формула (38)справедлива при $ddr < 0,25 \times mdr$ для дрен, расположенных в верхнем слое двухслойного пласта, состоящего из покровного (слабопроницаемого) слоя мощностью $m°$ с коэффициентом фильтрации $K°$, при условии $ddr < 0,3 \times mdr$. При этом (38) преобразуется:

(39)

где T – водопроводимость хорошопроницаемого нижележащего горизонта, м^2/сут.

Для вертикальных дрен фильтрационная проводимость определяется по формуле:

(40)

где σ – расчетный шаг сетки, м;
rc – радиус скважины, м.

Для неравномерной прямоугольной сетки с шагами ΔX, ΔY

(41)

Расчетная схема (12) нелинейна относительно $U1_{i,\ k}$ и для нахождения ее решения используется метод последовательных приближений. Этот метод предполагает построение на каждом временном шаге *(j)* итерационного процесса:

(42)

i=1, ..., M ; k=1, ..., N ; j=1, ..., L; s=0,1,..... .

Относительно $U^{(s+1)}$ разностная схема (42) оказывается линейной. В качестве начальной итерации берется функция U с предыдущего временного шага: $U^{(s)} = U^{t}$, значения *TP1, TN1, TP2, TN2, TP3, TN3, G1 (1=1, 2, 3)* берутся с предыдущей итерации. Даже в том случае, если итерации не сходятся, для повышения точности схемы достаточно сделать несколько итераций и перейти к следующему временному шагу.

Практика показала, что применение данной схемы позволяет использовать несколько более крупный временный шаг Δt_j, что, несмотря на необходимость итераций, приводит к уменьшению объема вычислений.

В свою очередь, для нахождения решения системы линейных разностных уравнений используется итерационный метод покомпонентной верхней релаксации (МПВР), схема которого для ячейки *(i, k)* имеет вид:

(43)

где – промежуточное приближение.

Величины *HP1, HP2, HP3, D1, D2, D3* в формулах (43) определяются по зависимостям:

(44)

(45)

(46)

(47)

(48)

(49)

Расчет уровней подземных вод для ячейки *(i, k)* сеточной области на промежуточной итерации *v+1/2* ведется слева направо и снизу вверх по формулам:

(50)

(51)

(52)

где (53)

(54)

(55)

(56)

(57)

(58)

(59)

Решение на *(v+1)* итерации находится по формулам:

(60)

где *r* – множитель релаксации, который задается $1 < r < 2$.

При расчете по итерационной схеме (60) необходимо задать точность сходимости итерации *eps* и потребовать выполнения условия:

(61)

Таким образом, численная реализация математической модели формирования процесса подтопления, основанная на конечно-разностном методе решения соответствующих систем дифференциальных уравнений, учитывающих плоско-плановую напорно-безнапорную фильтрацию подземных вод в трех водоносных горизонтах, связанных между собой взаимоперетеканием должна проходить в условиях нестационарной геофильтрации в следующей последовательности для каждого временного шага:

1) расчет фильтрационных проводимостей по зависимости (15)-(22) для каждого водоносного горизонта;
2) установление характера напорности водоносных горизонтов и расчет перетока между 1-м, 2-м и 2-м, 3-м водоносным горизонтами по формулами (13), (14);
3) расчет функций *G1, G2, G3, HP1, D1, HP2, D2, HP3, D3* с использованием зависимостей (23), (29), (39), (44) - (49);
4) расчет коэффициентов *A1-A7* по формулам (53) - (59);
5) расчет по схемам (50) - (52);
6) проверка условия (61);
7) повторение п. 5 до выполнения условия (61);
8) первого водоносного горизонта с абсолютной отметкой поверхности земли *Z*, если для какой-либо ячейки окажется

   то следует задать

9) переход к следующей итерации *s*;
10) повторение пунктов 1-8;
11) переход к следующей итерации *s* и т. д. до заданного пользователем числа внешних итераций;
12) переход к следующему временному шагу.

В условиях стационарной геофильтрации исключается п. 12, а вышеприведенная последовательность сохраняется.

В качестве начальной итерации берется любое начальное приближение функции *U(x, y)*. Оно может быть задано одним числом для всех

ячеек модели, например, среднее арифметическое между минимальным и максимальным значениями на границе $\Gamma + g$.

Таким образом, вышеперечисленный алгоритм численной реализации фильтрационного потока, представленного тремя водоносными горизонтами, позволил воспроизвести на ЭВМ, приведенную в разделе 5.2, расчетно-схематизированную параметрически интерпретированную природно-техногенную геофильтрационную систему с целью обоснования режимной сети наблюдательных гидрогеологических скважин. Их размещение показано на рис. 27. Конструктивно они должны быть ярусными на каждой из трех водоносных горизонтов. Для определения глубины установки фильтра должна быть использована численно-визуализированная модель расчетно-схематизированных гидрогеологических условий.

5.4. Идентификация природно-техногенной геофильтрационной системы формирования верификационно-наблюдаемого экологически неблагоприятного влияния Уфимской свалки

Численно-имитационные исследования стационарной геофильтрационной системы проводятся с целью идентификации расчетно-схематизированных параметрически интерпретированных сведений о гидрографически и гидрогеологических условиях путем построения имитационных моделей идентификации соответственно:

— фильтрационных сопротивлений подрусловых отложений;
— коэффициентов фильтрации водоносных горизонтов;
— коэффициентов водопроводимости;
— коэффициентов фильтрации слабопроницаемых отложений;
— техногенного питания утечками;
— родов граничных условий (ГУ).

В связи с этим путем численного решения нелинейных стационарных геофильтрационных задач при варьируемых значениях вышеизложенных формализованных параметров строятся имитационные модели их идентификации. Имитационные модели в соответствии с конечно-разностной схемой численного решения дифференциальных уравнений, описывающих стационарную задачу, содержат в каждом блоке сеточно-аппроксимированной территории функции влияния варьируемых значений идентифицируемых параметров. Функции влияния представляют собой величины отклонений природных отметок уровней грунтовых и подземных

вод от модельных, полученных при воспроизведении на ЭВМ гидродинамически формализованной параметрически интерпретированной верификационно-наблюдаемой природно-техногенной геофильтрационной системы с соответствующими значениями варьируемых параметров, которые задаются поблочно. Для каждого значения функции влияния представлены в виде карт машинных выдач, которые объединяются по уточняемым параметрам в атласы. Последние образуют имитационные модели идентификации соответствующих параметров.

Данные, приведенные в этих моделях, используются для совместной корректировки идентифицируемых параметров с целью получения идентифицированной модели верификационно-наблюдаемой природно-техногенной геофильтрационной системы, гарантирующей надежность уточненных параметров.

Практическая идентификационная имитация проводится в четыре этапа.

На первом этапе подбираются параметры, при работе с которыми гарантируется заданная точность решения нелинейной стационарной геофильтрационной задачи и быстрое установление уровней грунтовых и межпластовых подземных вод. Подбор сводится к многократному решению линейных стационарных задач. На втором этапе воспроизводится стационарная модель гидродинамически формализованной верификационно-наблюдаемой природно-техногенной геофильтрационной системы при исходных значениях расчетно-схематизированных идентифицируемых параметров и осуществляется фрагментирование исследуемой области фильтрации в соответствии с характером отклонения природной поверхности уровней грунтовых и межпластовых подземных вод от модельной, естественными литолого-геоморфологическими и гидрогеологическими условиями и режимообразующими факторами.

Кроме того, внутри фрагментов выделяются зоны с практически однородными значениями идентифицируемых параметров.

На третьем этапе осуществляется факторно-диапазонный анализ по оценке влияния на изменение уровенной поверхности грунтовых и межпластовых подземных вод идентифицируемых параметров и граничных условий, заключающейся в последовательном построении имитационных моделей идентификации коэффициентов фильтрации, водопроводимости и фильтрационных проводимостей подрусловых отложений поверхностных водотоков и водоемов в сочетании с имитационными моделями идентификации родов граничных условий.

Построение их ведется путем пофрагментного воспроизведения на ЭВМ стационарной верификационно-наблюдаемой природно-техногенной геофильтрационной системы при задании в выделенных внутри фрагмен-

тов зон различных значений идентифицируемых параметров и граничных условий.

При идентификации коэффициентов фильтрации слабопроницаемых отложений построение имитационной модели выполняется в последовательном воспроизведении стационарной геофильтрационной системы при:

1) ГУ-1 рода из внешних и внутренних линейных границах и задании варьируемых величин коэффициентов фильтрации раздельно в каждой зоне соответствующего фрагмента совместно во все фрагменты;
2) непроницаемых внешних боковых границах (ГУ-2 рода, $Q=0$) и ГУ-1 рода на остальных границах и задании варьируемых коэффициентов фильтрации раздельно и совместно по фрагментам;
3) ГУ-1 рода на внешних границах и изоляции внутренних линейных границ и задании варьируемых коэффициентов фильтрации раздельно и по фрагментам;
4) непроницаемых внешних боковых границах, изоляции внутренних линейных границ и задании варьируемых коэффициентов фильтрации раздельно и совместно по фрагментам.

Диапазон изменения варьируемых величин коэффициентов фильтрации принимается в пределах экстремальных значений с шагом в один порядок.

Построенная таким образом имитационная модель позволяет оценить чувствительность области к вариации величин перетока и выявить характер и области влияния различных родов граничных условий, задаваемых на внешних и внутренних линейных границах.

В соответствии с выявленной реакцией исследуемой области фильтрации на изменение перетока при различного рода граничных условиях принимается решение о необходимости проведения идентификации фильтрационных проводимостей подрусловых отложений поверхностных водотоков.

При идентификации фильтрационных проводимостей подрусловых отложений поверхностных водотоков построение имитационной модели выполняется в последовательном воспроизведении стационарной геофильтрационной системы при варьировании идентифицированных параметров раздельно и совместно на каждой линейной границе. Остальные расчетные параметры остаются в исходных значениях. Диапазон изменения варьируемых величин фильтрационных проводимостей в блоках, аппроксимирующих линейные границы, принимается в пределах двух порядков с 20-шаговым интервалом.

Построенная таким образом имитационная модель идентификации фильтрационных проводимостей подрусловых отложений позволяет вы-

явить возможные пределы их изменений и обосновать характер связи грунтовых и межпластовых подземных вод с водотоками и водоемами, находящимися в рамках и за рамками исследуемого объекта.

При идентификации коэффициентов фильтрации и водопроводимости построение имитационной модели выполняется путем последовательного воспроизведения стационарной верификационно-наблюдаемой природно-техногенной геофильтрационной системы при варьируемых значениях уточняемых параметров раздельно в каждой зоне.

Зоны внутри каждого фрагмента выделяются с учетом степени их чувствительности к величинам перетока и фильтрационным проводимостям подрусловых отложений поверхностных водотоков.

На четвертом этапе на ЭВМ осуществляется совместная корректировка коэффициентов фильтрации, водопроводимостей и перетоков, сопротивлений подрусловых отложений и типов граничных условий путем их одновременного измерения по всей моделируемой области с учетом результатов построения для каждого фрагмента имитационных моделей, отражающих диапазон изменения соответствующего гидрогеологического параметра и рода граничных условий.

Практическая корректировка гидрогеологических параметров и типов граничных условий заканчивается при достижении заданного критерия совпадения модельных и натурных уровней грунтовых и подземных вод, эталонных характеристик идентифицированных параметров.

Таким образом, выполненные численно-имитационные исследования стационарной гидродинамически формализованной параметрически интерпретированной верификационно-наблюдаемой природно-техногенной геофильтрационной системы позволяют:

а) оценить фильтрационные сопротивления подрусловых отложений поверхностных водотоков и водоемов;

б) уточнить поля распределений коэффициентов фильтрации и водопроводимостей водоносных горизонтов и перетока через водопроницаемые слои;

в) обосновать род граничных условий, задаваемых на внешних и внутренних линейных границах, т. е. источники, обусловливающие как питание грунтовых и межпластовых подземных вод за счет поступления из поверхностных водотоков, так и их разгрузку, в том числе, поверхностными водотоками и, следовательно, получить идентифицированную природно-техногенную систему для стационарного режима ее формирования. Она и соответствующие ей поверхности уровней грунтовых и межпластовых подземных вод являются базой и начальными условиями для проведения идентификации нестационарного режима формирования указанной системы.

Численно-имитационные исследования нестационарной гидродинамически формализованной параметрически интерпретированной верификационно-наблюдаемой природно-техногенной геофильтрационной системы проводятся с целью идентификации расчетно-схематизированных параметрически интерпретированных сведений о гидрогеологических условиях, природных режимообразующих факторах и режимах формирования геофильтрационной системы соответственно:

— коэффициенты свободной и упругой водоотдач;
— коэффициенты инфильтрации атмосферных осадков;
— параметры задания испарения с уровня грунтовых вод;
— наблюдаемые уровенные режимы грунтовых и межпластовых подземных вод.

В связи с этим, путем численного решения нелинейных нестационарных геофильтрационных задач при варьируемых значениях вышеперечисленных параметров строятся имитационные модели их идентификации. Имитационные модели содержат для каждой наблюдательной гидрогеологической скважины на определенные временные периоды абсолютные отметки наблюдаемых уровней грунтовых и межпластовых подземных вод и амплитуды их изменений от начальных условий, а также функции влияния варьируемых значений идентифицируемых параметров. Функции влияния представляются как в виде отклонений наблюдаемых уровней подземных вод и амплитуд их изменений от модельных, так и в виде самих модельных значений, полученных при воспроизведении на ЭВМ при соответствующих значениях варьируемых параметров нестационарной геофильтрационной системы.

Данные, приведенные в имитационных моделях, используются для построения имитационной модели идентификации уровенных режимов и получения идентифицированной нестационарной природно-техногенной геофильтрационной системы. Практически идентификационная имитация проводится в пять этапов.

На первом устанавливается, так называемый, эпигнозный период, т. е. такой временной интервал, в течение которого воспроизводится уже сформировавшаяся и верификационно-наблюдаемая геофильтрационная система. Выбираемый временной интервал должен быть представительным в отношении отражения влияния всех идентифицируемых параметров. При этом желательно, чтобы в пределах выбранного эпигнозного периода можно было бы выделить временные моменты с самостоятельным независимым влиянием каждого естественного режимообразующего фактора на режим уровня грунтовых вод и моменты, используемые для проверки идентифицированных параметров.

На этом же этапе обрабатываются данные режимных гидрогеологических наблюдений по всем скважинам в пределах исследуемой территории за эпигнозный период. Результаты обработки представляются по каждой скважине в виде осредненных в течение дискретно заданного периода времени абсолютных отметок и амплитуд изменения уровня подземных вод относительно принятых начальных условий при воспроизведении на ЭВМ эпигнозного режима фильтрации грунтовых и межпластовых подземных вод. Дискретная аппроксимация эпигнозного периода выполняется в соответствии с необходимостью детального учета изменений временных интервалов в режиме грунтовых вод, по которым оценивается раздельное влияние формирующих его факторов.

На втором этапе выбираются наиболее экономичная расчетная схема и временной шаг.

На третьем этапе в соответствии с литолого-геоморфологическими особенностями территорий моделируемая область фильтрации районируется на зоны независимого влияния идентифицируемых параметров на формирование уровенного режима подземных вод.

С целью оценки независимости уровенных режимов, формирующихся в пределах выделенных зон, в каждой из них воспроизводится на ЭВМ в течение эпигнозного периода нестационарный режим формирования верификационно-наблюдаемой природно-техногенной геофильтрационной системы при значениях инфильтрации атмосферных осадков в сочетании с исходными и варьируемыми величинами гравитационной и упругой водоотдач. Варьируемые значения инфильтрации рассматриваются в диапазоне от исходных величин, принятых по результатам схематизации, до практически полной потери атмосферных осадков, а величины водоотдач изменяются в пределах нескольких порядков. Результаты воспроизведения представляются в виде составных частей соответствующих имитационных моделей.

Выделенные зоны используются для проведения факторно-диапазонного анализа с целью оценки влияния идентифицируемых параметров на формирование уровенного режима подземных вод в течение эпигнозного периода.

На четвертом этапе осуществляется факторно-диапазонный анализ путем исследования функций влияния от изменения коэффициентов упругой и свободной водоотдач, инфильтрации атмосферных осадков и испарения с уровня грунтовых вод. Функции влияния, полученные в результате воспроизведения нестационарного режима формирования природно-техногенной геофильтрационной системы при различных значениях и сочетаниях водоотдачи, инфильтрации и испарения с варьированием их вели-

чин отдельно внутри каждой выделенной зоны, представляются в виде имитационных моделей идентификации соответствующих параметров.

Построение имитационных моделей осуществляется в последовательности, позволяющей получить оценки влияния на изменение уровня грунтовых и межпластовых подземных вод в течение эпигнозного периода:

— исходных значений коэффициентов водоотдачи и параметров режимообразующих факторов;
— различных значений водоотдачи и инфильтрации атмосферных осадков при исходных параметрах испарения;
— различных значений параметров испарения.

Диапазон варьируемых значений должен охватывать реально возможные величины оцениваемых факторов при различных видах внешних плановых границ.

В результате данного этапа получаем позонные оценки степени раздельного влияния водоотдачи, инфильтрации атмосферных осадков и испарения, а также их совместного влияния (при различном сочетании) на формирование уровенного режима подземных вод в течение эпигнозного периода.

На пятом этапе осуществляется построение имитационной модели идентификации наблюдаемого в эпигнозный период уровенного режима грунтовых и межпластовых подземных вод и получение идентифицированной системы. Построение ведется путем многократного воспроизведения на ЭВМ нестационарного режима формирования верификационно-наблюдаемой природно-техногенной геофильтрационной системы при совместно корректируемых величинами коэффициентов водоотдачи, инфильтрации атмосферных осадков и параметров испарения с уровня грунтовых вод в соответствии с результатами двух предыдущих этапов идентификационных исследований. Решение контролируется по отклонениям модельных и натурных амплитуд изменения уровня грунтовых и межпластовых подземных вод в гидрогеологических скважинах относительно начальной поверхности, принятой в качестве начальных условий. Натурные амплитуды изменения уровня грунтовых и подземных вод осредняются в течение дискретно заданного периода времени в соответствии со ступенчатой аппроксимацией непрерывной функции изменения граничных условий при задании их на ЭВМ. Идентифицированной считается система, в которой, во-первых, при достижении идентичной направленности модельного и натурного режимов уровней грунтовых и межпластовых подземных вод, т. е. наблюдаемые в природе периоды подъема, снижения и стабилизации колебаний уровней, должны быть соответственно получены

на ЭВМ и, во-вторых, минимальны расхождения между модельными и природными амплитудами изменения уровней.

Таким образом, выполнение численно имитационного исследования нестационарной гидродинамически формализованной параметрически интерпретированной верификационно-наблюдаемой природно-техногенной геофильтрационной системы позволяют:

— уточнить значения коэффициентов водоотдачи и получить их распределение по площади;
— оценить величины и коэффициенты инфильтрации атмосферных осадков, их распределение по площади и во времени;
— определить параметры задания испарения с уровня грунтовых вод.

Идентифицированная природно-техногенная геофильтрационная система формирования верификационно-наблюдаемого экологически-неблагоприятного влияния Уфимской свалки, построенная в результате имитационных исследований на ЭВМ, ее стационарного и нестационарного режимов, содержит модели разностно-аппроксимированных расчетно-схематизированных параметрически интерпретированных:

— гидрографических условий с идентифицированными сведениями;
— о конфигурации и площадях водотоков, водоемов, овражно-балочной сети;
— ширине и поперечном сечении линейных водотоков;
— абсолютных отметках дна и уровня воды;
— фильтрационных водопроводимостях подрусловых отложений;
— гидрогеологических условий со следующими идентифицированными сведениями:
    1. О площадях, занимаемых водоносными горизонтами и слабопроницаемыми отложениями, их плановых контурах.
    2. О средневзвешенных значениях абсолютных отметок подошв водоносных горизонтов и слабопроницаемых отложений.
    3. Об их коэффициентах фильтрации, водопроводимости, свободной и упругой водоотдачах.
    4. Об абсолютных отметках уровней грунтовых и межпластовых подземных вод.
    5. О направленности взаимодействия поверхностных и грунтовых вод с идентифицированными сведениями.
    6. О средневзвешенных значениях величин потерь или пополнений поверхностных вод.
    7. Об абсолютных отметках поверхностных вод и дна линейных водотоков.
    8. Естественного инфильтрационного питания грунтовых вод с идентифицированными сведениями.

9. О площадях инфильтрации атмосферных осадков.
10. Плановых контурах инфильтрации атмосферных осадков, продолжительности инфильтрации и приуроченных к ним средневзвешенных значениях коэффициентов и интенсивности атмосферных осадков, дополненных разностно-аппроксимированным представлением параметрически интерпретированных метеорологических, литолого-геоморфологических, гидрогеологических условий.
11. Режимов формирования верификационно-наблюдаемого экологически неблагоприятного влияния Уфимской свалки с идентифицированными сведениями об амплитудах повышения и снижения уровней грунтовых и межпластовых подземных вод под влиянием соответственно инфильтрации весенних атмосферных осадков и испарения с уровня грунтовых вод, соотношением абсолютных отметок уровней подземных вод в смежных водоносных горизонтах, а также перетоках между ними.

Таким образом, в результате численно-имитационной идентификации природно-техногенной геофильтрационной системы верификационно-наблюдаемого экологически неблагоприятного влияния Уфимской свалки получены разностно-аппроксимированные модели и начальные условия, функционально необходимые для разведочно-имитационного моделирования ее экспертно-прогнозируемого формирования.

5.5. Оценка эффективности защиты подземных и поверхностных вод от загрязняющего влияния свалки

Результаты математического моделирования [41] позволили разработать систему защитных мероприятий для предотвращения загрязнения подземных и поверхностных вод, которая включает два вида дренажа: горизонтальный и вертикальный.

Горизонтальный дренаж (по контуру свалки) необходим для предотвращения растекания загрязненных грунтовых вод за пределы территории свалки. В то же время горизонтальные дрены, расположенные кольцом вокруг свалки, не исключают вертикальную фильтрацию, а, следовательно, загрязнение нижележащих водоносных горизонтов. Суммарный

переток грунтовых вод 1 %-ой обеспеченности в нижележащие водоносные горизонты в пределах территории свалки без защитных мероприятий и при работе горизонтального дренажа соответственно составляет 101 $м^3$/сут. и 88 $м^3$/сут.

Вертикальный дренаж предлагается для исключения транзитного растекания за пределы территории свалки вод уфимского комплекса, загрязненных вследствие вертикальной фильтрации грунтовых вод. Вертикальные дренажные скважины, размещенные за контуром свалки, исключают растекание загрязненных подземных вод за контур свалки путем формирования депрессионной воронки в уфимском водоносном комплексе. Проектируемые дренажные скважины должны работать с постоянным напором, либо с постоянным дебитом. В начале исследования они распределяются во всех блоках по контуру свалки. Скважины, в которых отсутствует водоприток за счет взаимовлияния формирующихся вокруг них депрессионных воронок, перестают работать и программным способом отключаются. При достижении установившегося геофильтрационного режима места размещения и количество оставшихся скважин принимается в качестве оптимизированных, а расходы оцениваются как стабильно гарантированные. Оценка эффективности защиты подземных и поверхностных вод от загрязняющего влияния свалки производится:

а) при работе горизонтального дренажа;

б) при работе вертикального «кольцевого» дренажа;

в) при работе вертикального «полукольцевого» дренажа.

Оценка эффективности горизонтального дренажа. Оценка эффективности горизонтального дренажа производится для горизонтального совершенного дренажа проложенного по контуру свалки и прорезающего четвертичный водоносный горизонт с частичным углублением в водоупорную толщу.

Абсолютные отметки уровней грунтовых вод 1 %-ой обеспеченности на прилегающей в свалке территории и на самой свалке колеблются от 120 до 195 м (рис. 31). Направление потока грунтовых вод 1 %-ой обеспеченности практически совпадает с рельефом местности (рис. 32).

Результаты работы горизонтального дренажа представлены на рис. 33, 34.

Сработка уровня грунтовых вод 1 %-ой обеспеченности в динамике изменения режимообразующих факторов при работе горизонтального дренажа в течение одного года составляет 1 м в центре свалки и до 7 м вблизи горизонтальных дрен (рис. 35). Суточный расход воды по всему горизонтальному дренажу в период атмосферных осадков 1 %-ой обеспеченности (без «ливневки») составляет1495 $м^3$/сут.

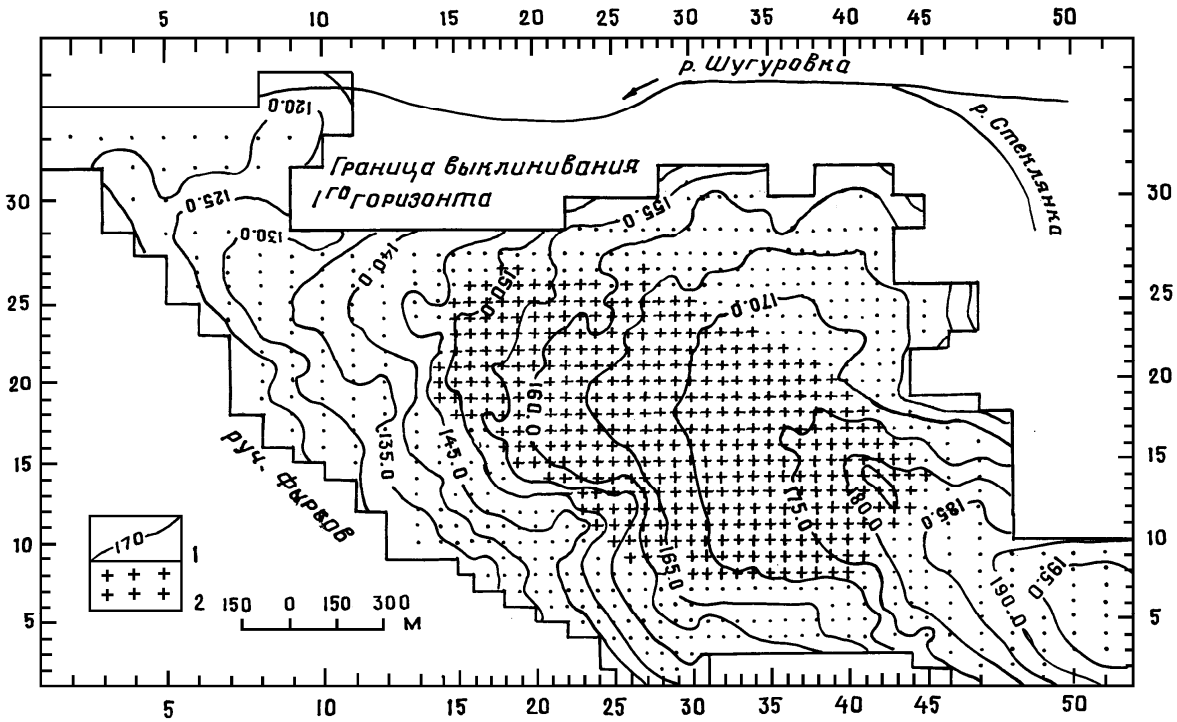


Рис. 31. Карта гидроизогипс горизонта грунтовых вод 1 % обеспеченности в естественных условиях

1 – гидроизогипсы; 2 – территория свалки

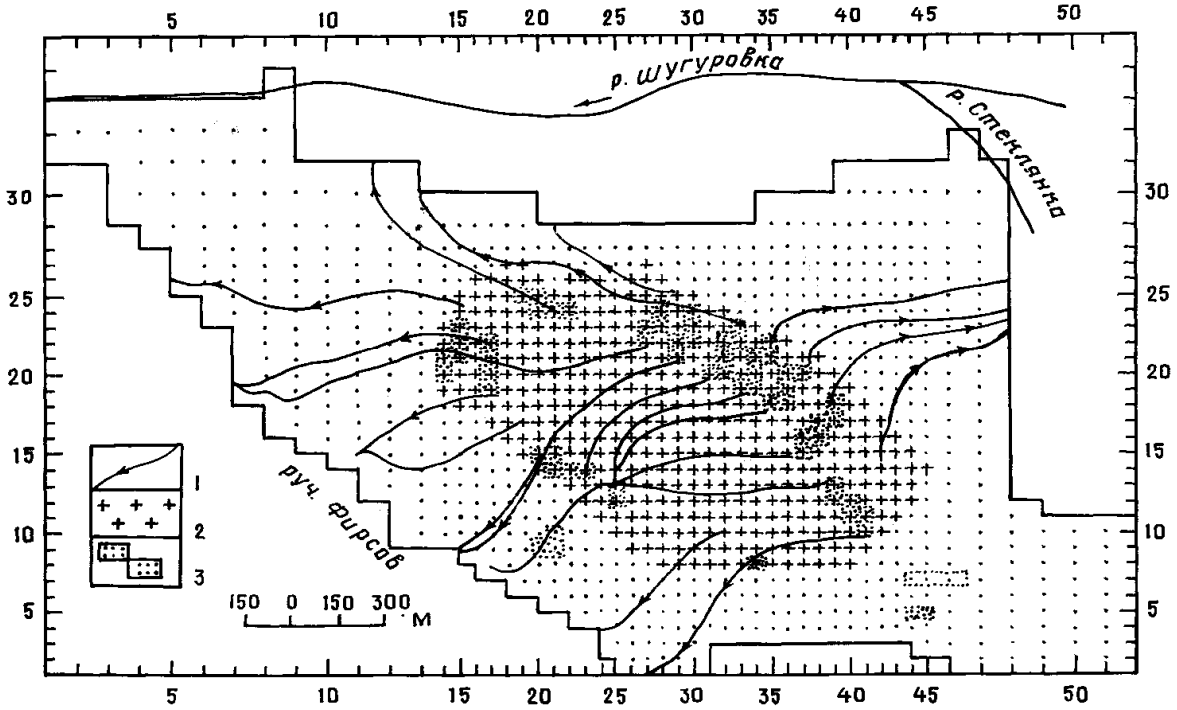


Рис. 32. Карта направлений потока грунтовых вод 1 % обеспеченности в естественных условиях

1 – линии тока; 2 – территория свалка; 3 – пруды-накопители

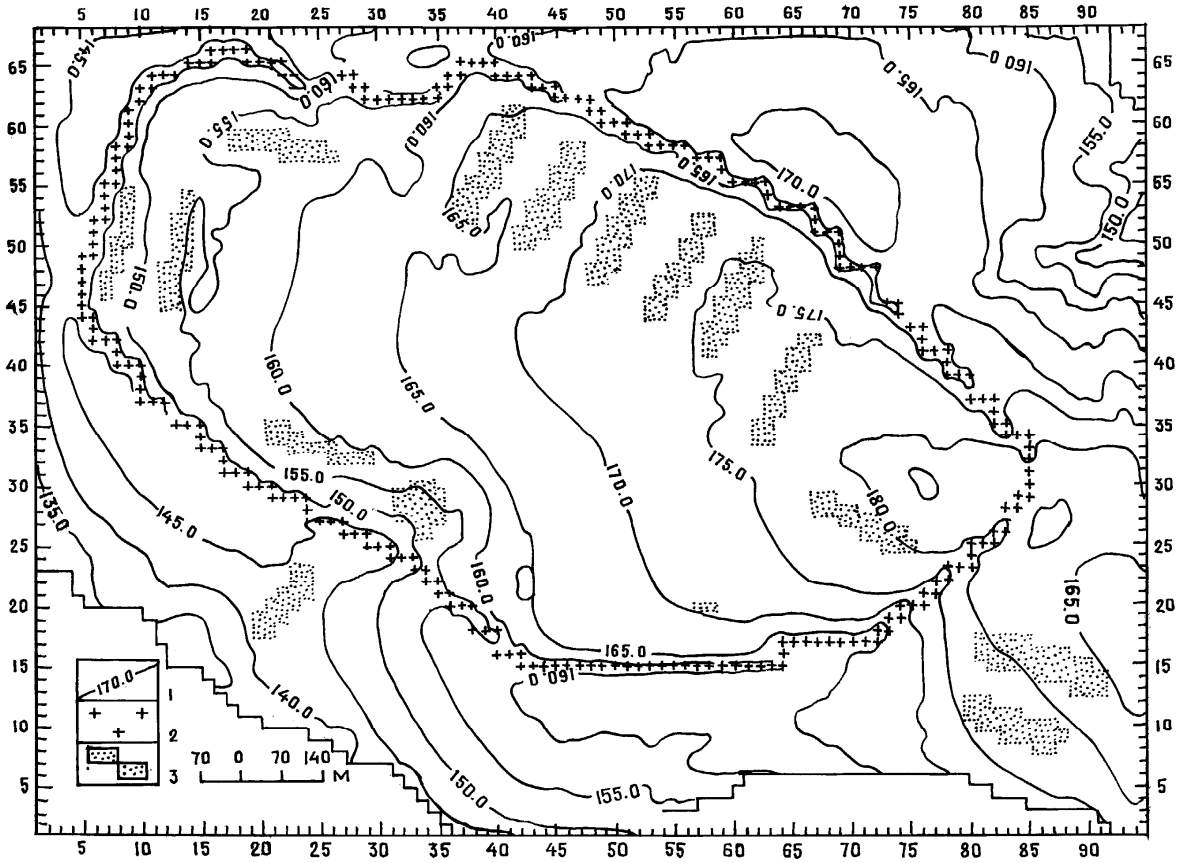


Рис. 33. Карта гидроизогипс горизонта грунтовых вод 1 % обеспеченности при работе горизонтального дренажа по контуру свалки (60 суток)

1 – гидроизогипсы; 2 – горизонтальный дренаж; 3 – пруды-накопители

Малозаметное влияние дренажа на грунтовые воды в центре свалки объясняется низкими фильтрационными свойствами суглинков, являющимися основными водовмещающими породами горизонта грунтовых вод.

Данная схема дренажа исключает транзитное растекание грунтовых вод за пределы территории свалки, что предотвращает загрязнение грунтовых и поверхностных вод за контуром свалки.

Суммарный переток грунтовых вод 1 %-ой обеспеченности в нижележащие водоносные горизонты при работе горизонтального дренажа снизится до 88 м^3/сут.

Оценка эффективности вертикального «кольцевого» дренажа. Оценка эффективности вертикального «кольцевого» дренажа производится для дренажной системы, состоящей из 15 скважин с суммарным дебитом 2290 м^3/сут. (табл. 37), расположенных кольцом, охватывающим городскую свалку.

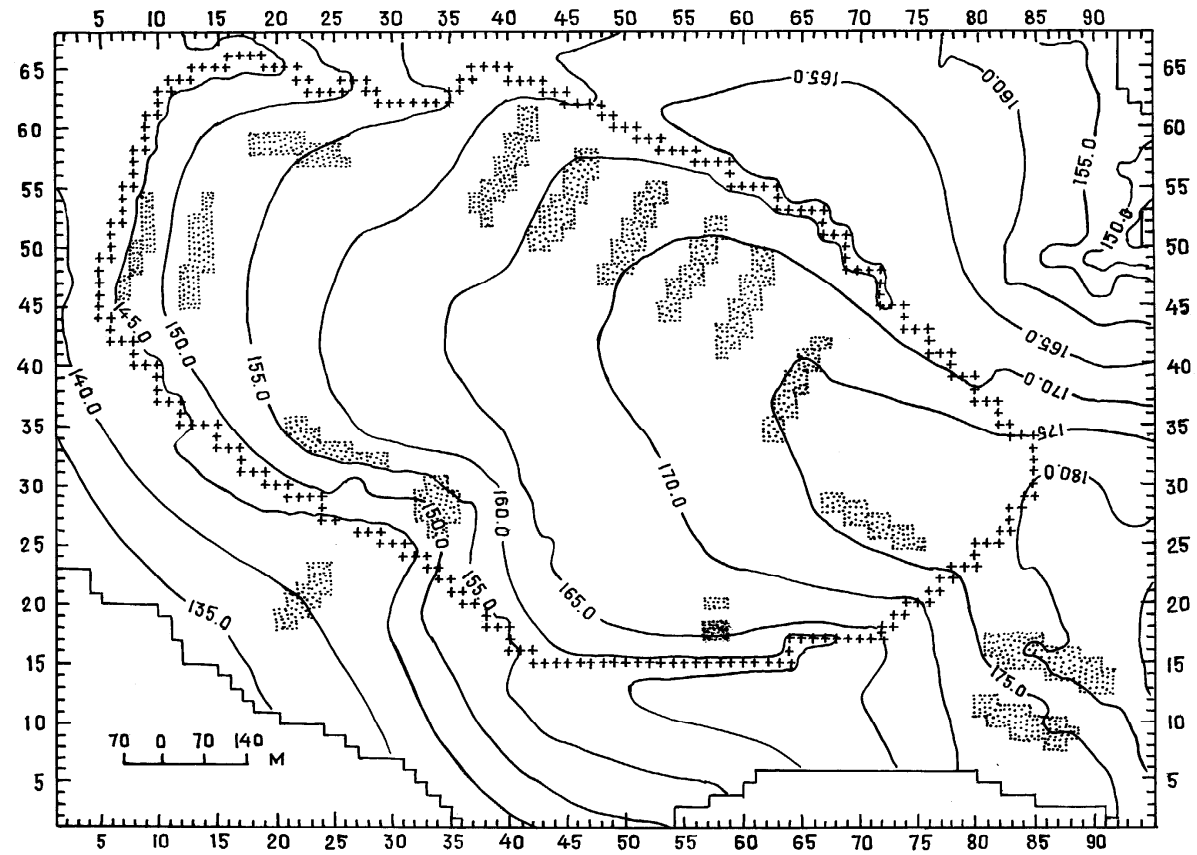


Рис. 34. Карта гидроизогипс горизонта грунтовых вод 1 % обеспеченности при работе горизонтального дренажа по контуру свалки (360 суток)

Условные обозначения см. на рис. 33

Абсолютные отметки уровня подземных вод 1 %-ой обеспеченности уфимского водоносного комплекса под самой свалкой и прилегающих территориях составит от 112,0 до 176,0 м (рис. 36), кунгурского – 104,0-167,0 м (рис. 37), а мощность перекрывающего их водоупора колеблется от 6,0 до 71,0 м (рис. 38).

Направления потока подземных вод 1 %-ой обеспеченности в уфимских и кунгурских отложениях без защитных мероприятий представлены на рис. 39, 40.

Расчеты параметров дренажных скважин производятся при заданном напоре на каждую скважину (см. табл. 37). При данных параметрах и местоположениях скважин достигается:

а) исключение транзитного растекания за пределы территории свалки подземных вод уфимских отложений, загрязненных вследствие нисходящей вертикальной фильтрации грунтовых вод (рис. 41, 42).

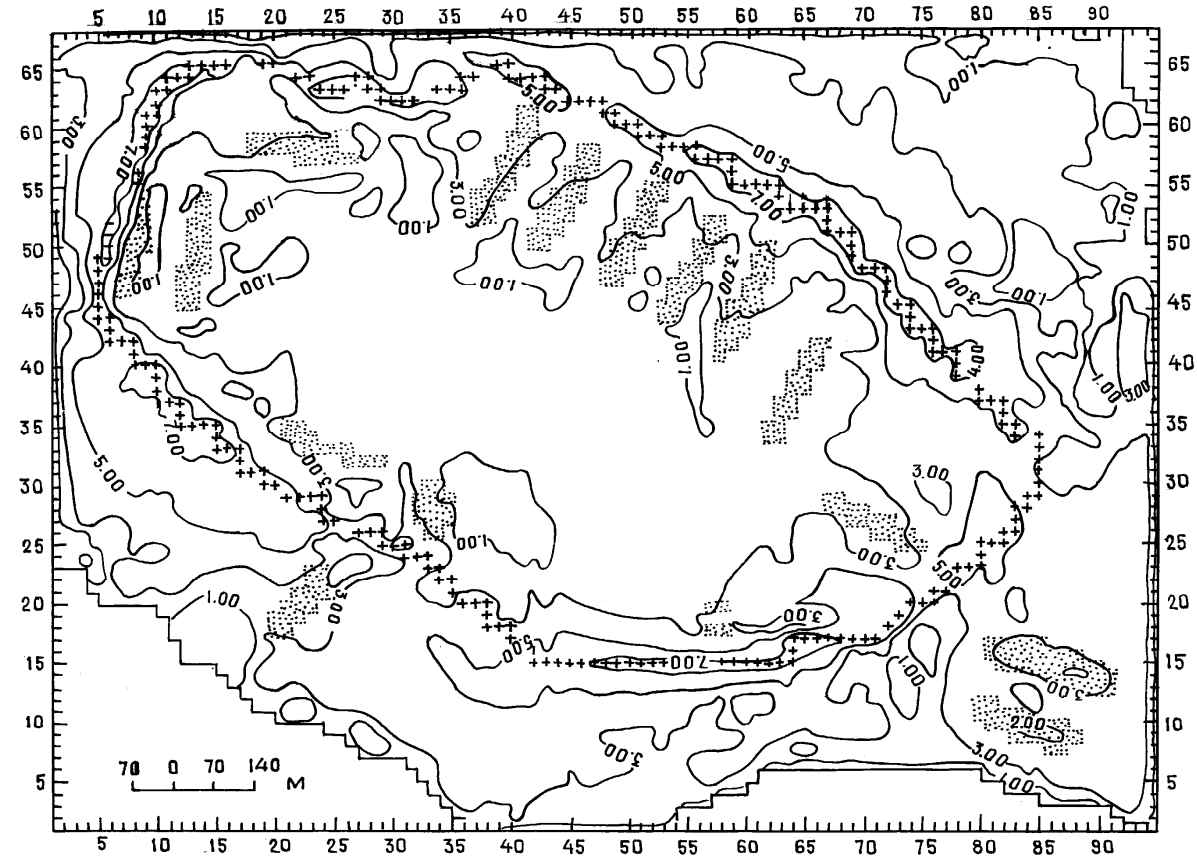


Рис. 35. Карта сработки уровня грунтовых вод 1 % обеспеченности при работе горизонтального дренажа по контуру свалки (360 суток)

б) формирование депрессионной воронки в уфимском водоносном комплексе и установление в пределах ее напоров ниже напоров подземных вод кунгурского яруса (рис. 43). Понижение уровня подземных вод уфимского яруса под свалкой составит 2-5 м, кунгурского яруса – 0,35-1,4 метров.

Радиус скважины принимался равным 0,3 м, расчет произведен для песчано-гравийного фильтра скважины, длина отстойника принята равной 3 м, интервал установки фильтра требует уточнения.

Недостатками данной схемы дренажа являются:

а) скважины для эффективной работы данной схемы (при таком их количестве) должны работать с повышенной производительностью. При соответствующих фильтрационных свойствах горизонта это трудно осуществимо, т. к. будет необходимо бурить скважины большого диаметра, либо увеличить количество скважин, а то и другое ведет к удорожанию защитных мероприятий;

б) дополнительное увеличение притока «чистой» воды с сопредельного севера и северо-запада (см. рис. 41) увеличит нагрузку на очистные сооружения.

Таблица 37

Рекомендуемые параметры дренажных скважин
в уфимском водоносном комплексе («кольцевой дренаж»)

N	*I**	*J*	*H*	*S*	*UF*	*FL*	*GLSKV*	*Q*	*KSKV*	Марка насоса
1	14	23	112,4	7,3	91,7	10,4	69,3	116,8	1	1 3 4
2	17	17	113,3	6,8	100,1	16,7	76,7	165,0	1	2 5 6 7 8
3	17	25	113,5	6,8	94,4	10,3	70,4	105,6	1	1 3 4
4	19	28	114,3	7,4	111,5	16,3	62,4	175,9	1	2 5 6 7 8 10 11 12 13 14
5	21	13	114,9	6,6	113,0	17,3	59,3	165,2	1	2 5 6 7 8
6	23	24	116,2	6,5	85,8	7,5	87,2	74,7	1	1 3 4
7	24	10	116,9	6,8	114,8	15,4	58,6	152,6	1	2 5 6 7 8
8	28	9	121,6	6,6	119,8	12,8	60,9	124,5	1	1 2 3 4 5 6 8
9	28	22	119,1	6,2	89,1	8,0	89,3	75,5	1	1 3 4
10	30	26	119,3	7,3	93,0	12,9	88,6	140,2	1	2 3 5 6 7
11	31	6	127,0	8,2	123,4	10,9	59,0	222,2	1	10 11 12 13 14
12	32	19	122,2	6,2	101,7	9,7	84,9	130,4	1	1 2 3 4 5 6 7 8
13	39	21	126,3	7,5	91,9	12,4	97,4	138,5	1	2 3 5 6 7 8
14	41	7	143,5	8,6	126,6	11,2	58,5	271,4	1	9 10 11 12 13 14 16 18 19
15	43	17	133,8	7,7	121,5	14,1	68,7	231,6	1	10 11 12 13 14
Суммарный расход = 2290,0										

Примечание к табл. 37:

I, J – координаты блоков модели, аппроксимирующих дренажные скважины;

H – абсолютная отметка динамического УГВ, м;

S – общее понижение в блоке, м;

UF – абсолютная отметка установки верха фильтра, м;

FL – длина водоприемной части фильтра, м;

GLSKV – глубина скважины, м;

Q – расход блока, аппроксимирующего дренажную скважину, $м^3$/сут.;

KSKV – число скважин в блоке.

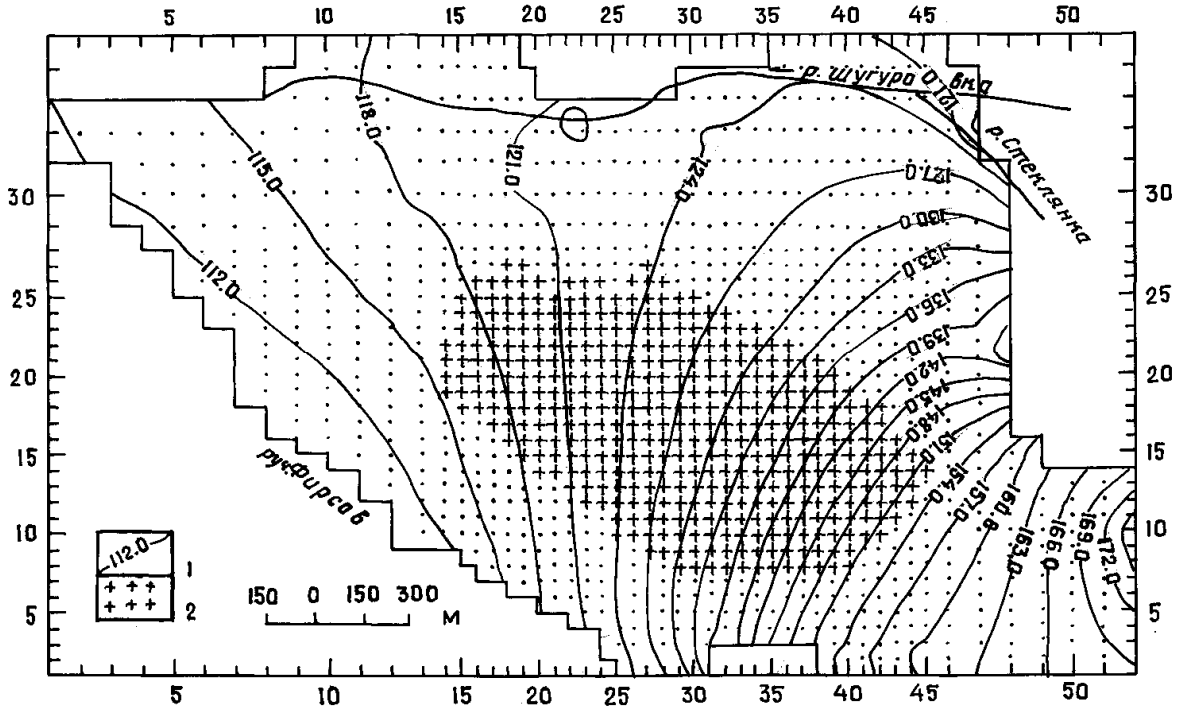


Рис. 36. Карта пьезоизогипс уфимского водоносного комплекса 1 % обеспеченности в естественных условиях

1 – пьезоизогипсы; 2 – территория свалки

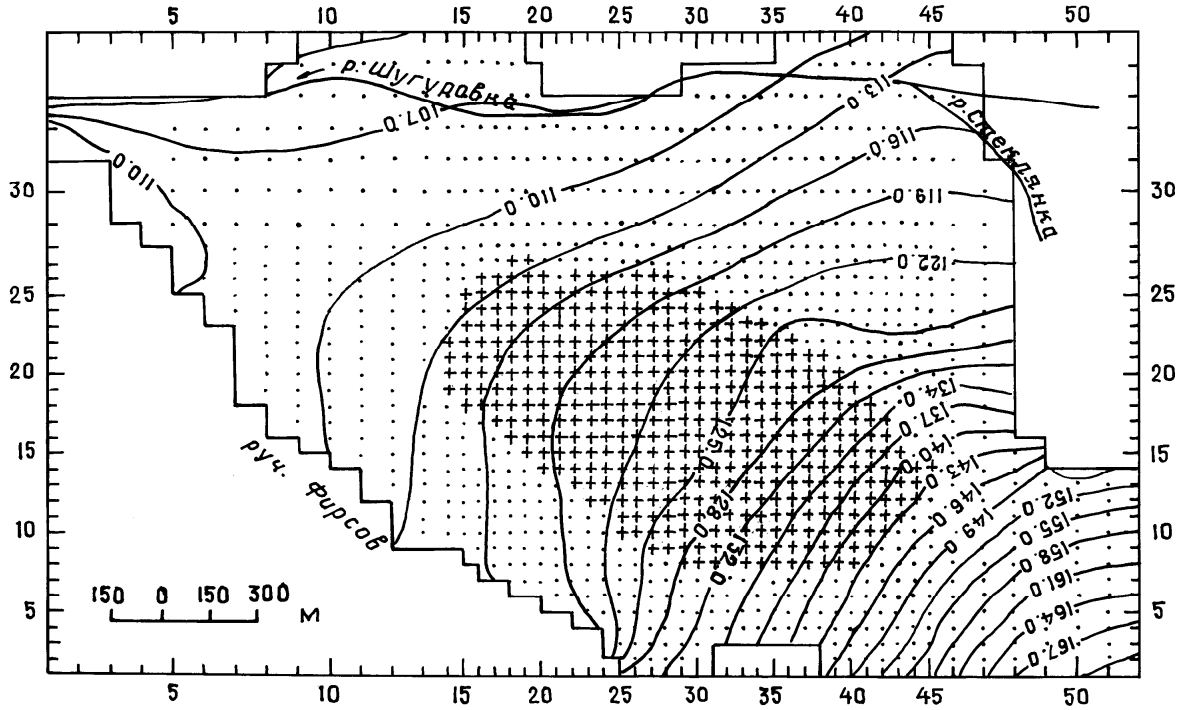


Рис. 37. Карта пьезоизогипс кунгурского водоносного горизонта 1 % обеспеченности в естественных условиях

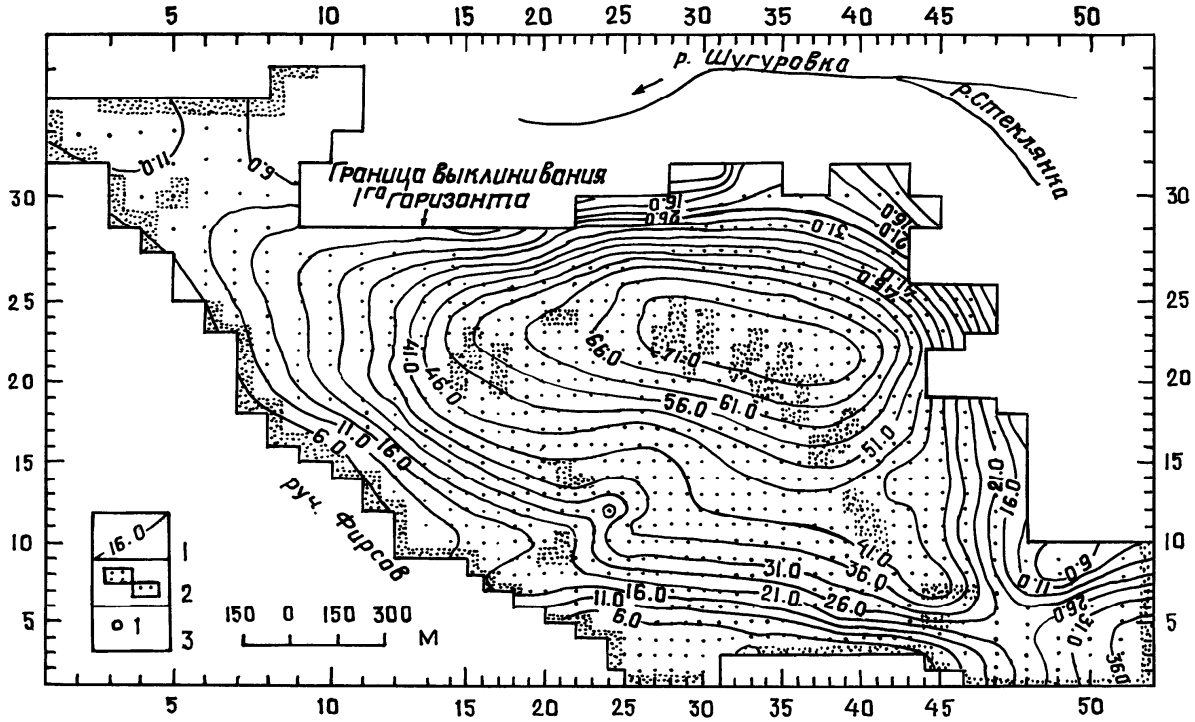


Рис. 38. Карта защищенности уфимского водоносного комплекса

1 – изолинии мощности водоупора; 2 – водоемы, водотоки; 3 – проектируемая дренажная скважина с заданным напором

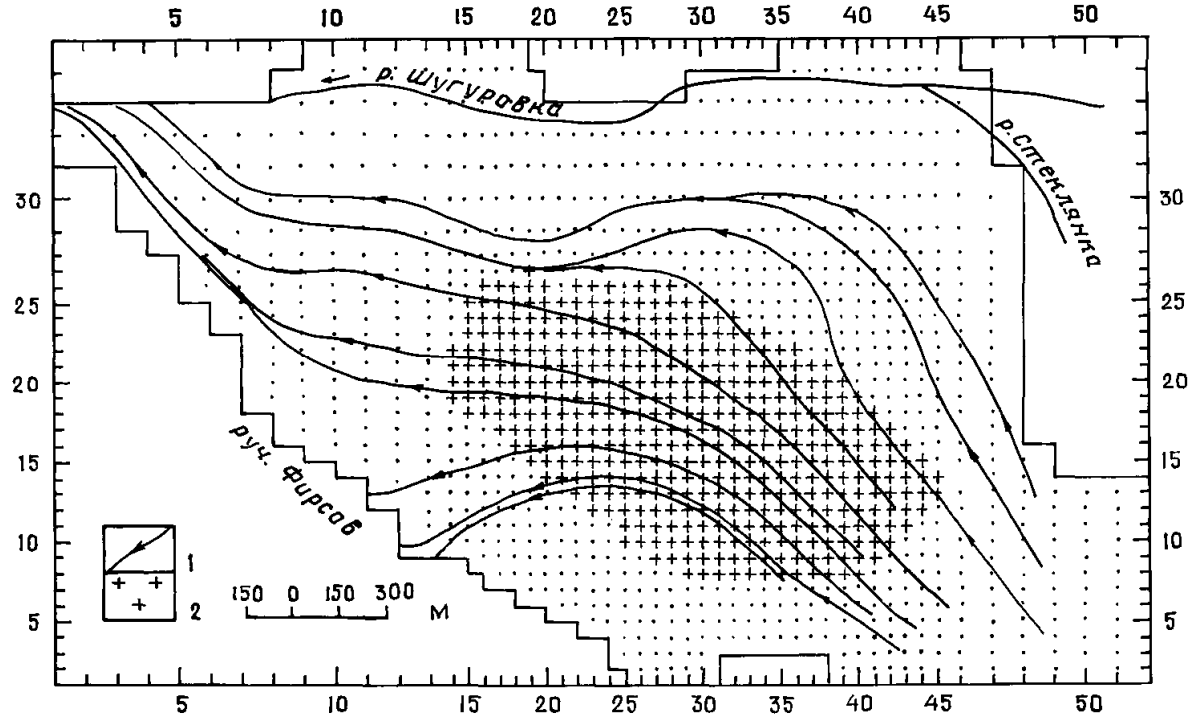


Рис. 39. Карта линий тока в уфимском водоносном комплексе 1 % обеспеченности в естественных условиях

1 – линии тока; 2 – территория свалки

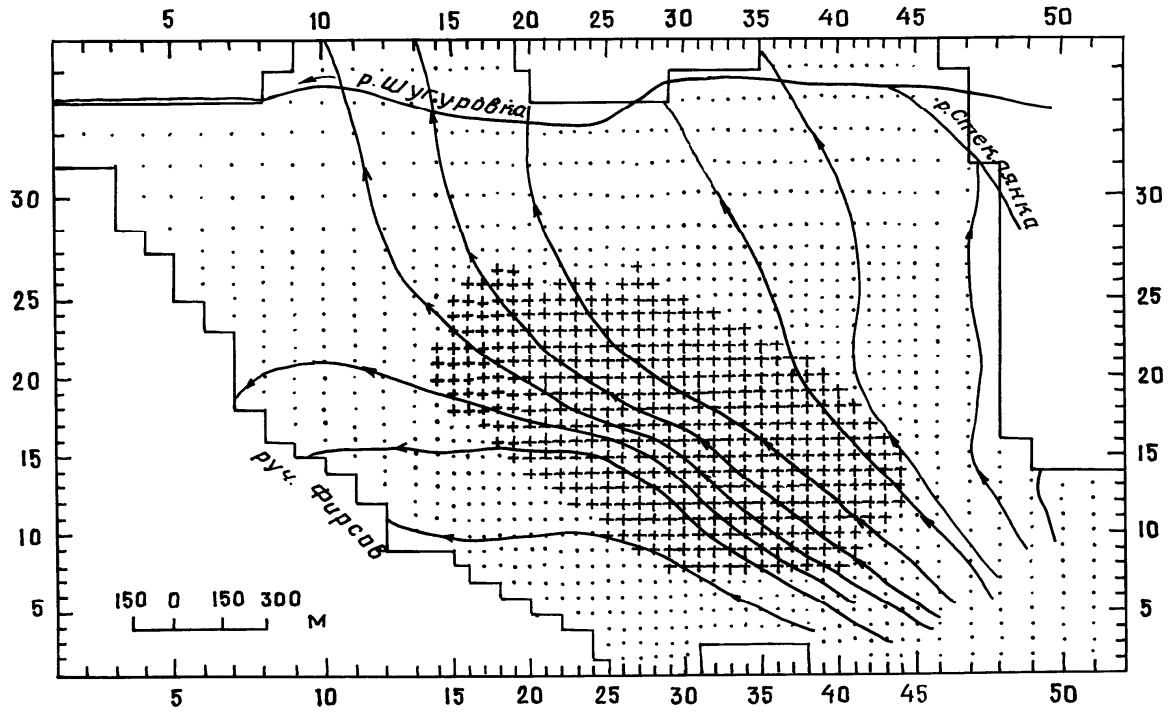


Рис. 40. Карта линий тока в кунгурском водоносном горизонте 1 % обеспеченности в естественных условиях

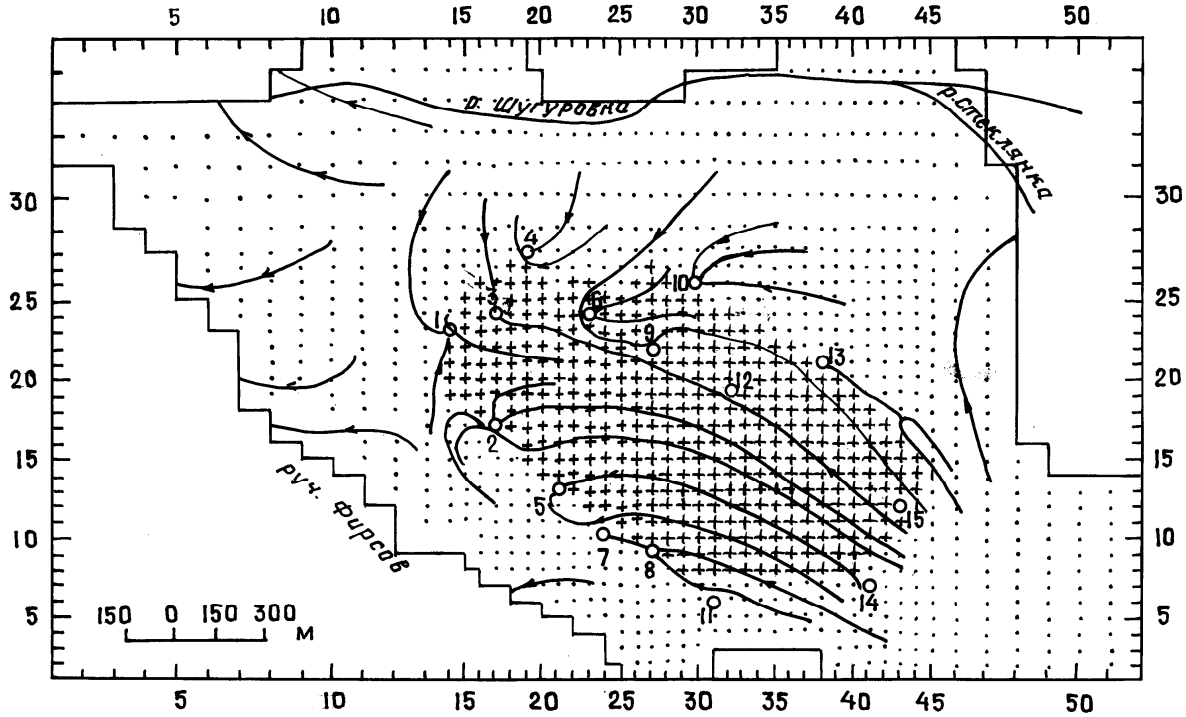


Рис. 41. Карта направления потока подземных вод 1 % обеспеченности в уфимском водоносном комплексе при работе вертикального кольцевого дренажа

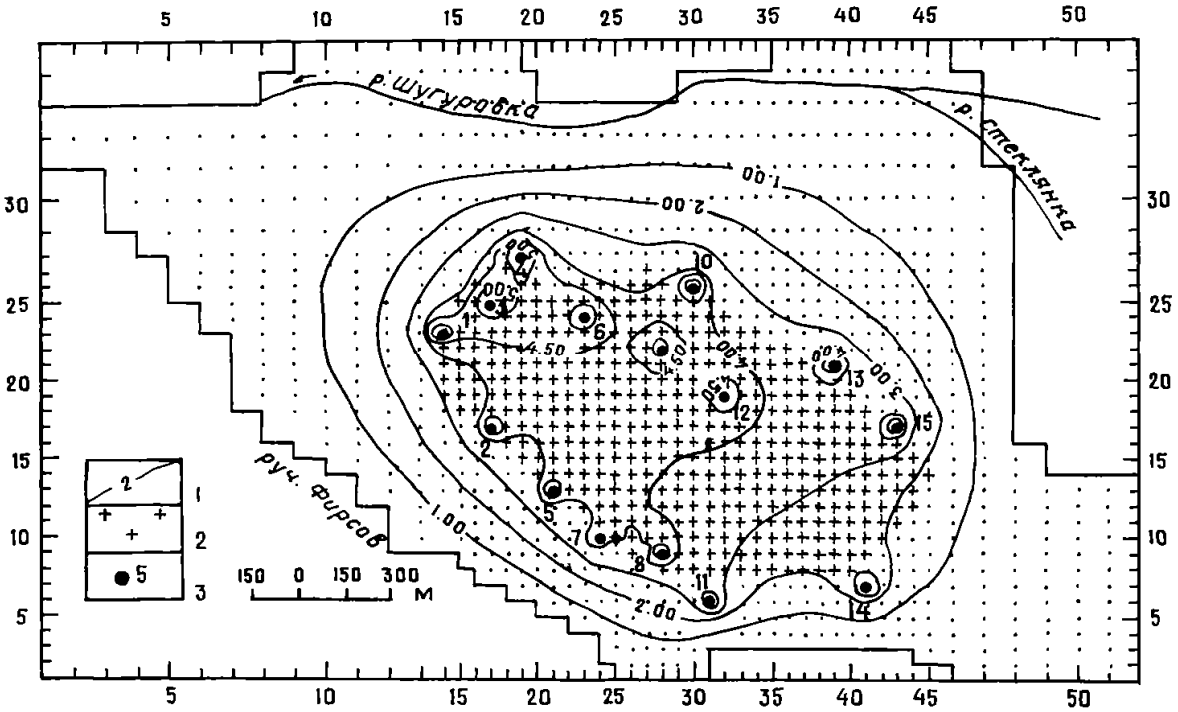


Рис. 42. Карта сработки уровня подземных вод 1 % обеспеченности в уфимском водоносном комплексе при работе вертикального кольцевого дренажа

1 – изолинии понижения уровня; 2 – территория свалки; 3 – проектируемая дренажная скважина с заданным напором

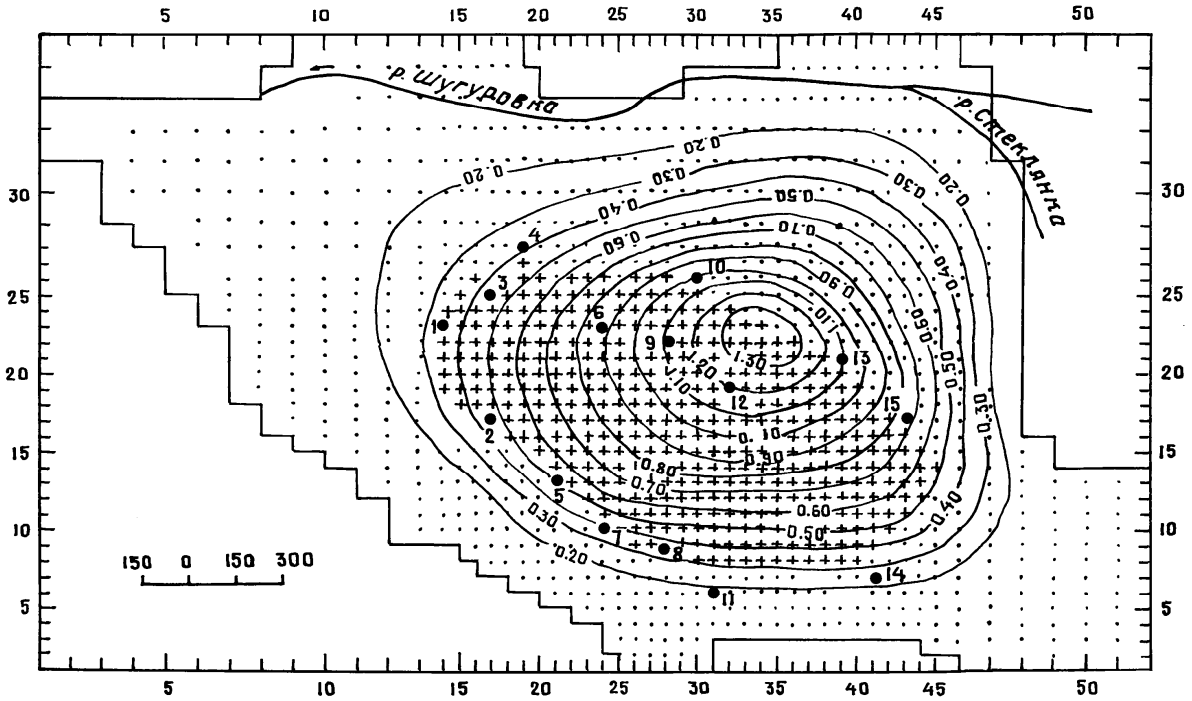


Рис. 43. Карта сработки уровня подземных вод 1 % обеспеченности в кунгурском водоносном горизонте при работе вертикального кольцевого дренажа

Оценка эффективности вертикального «полукольцевого» дренажа. Вариант «полукольцевого» дренажа состоит из 15 скважин расположенных в южной и юго-восточной части городской свалки (рис. 44, 45, 46). Такое расположение скважин обусловлено естественными гидрогеологическими условиями уфимского водоносного комплекса, характеризующимися: а) уменьшением мощности водоупора у южных и юго-восточных границ свалки, что увеличит вероятность перетока загрязненных грунтовых вод в уфимский комплекс; б) расположением скважин полукольцом у южных и юго-восточных границ свалки, т. е. перпендикулярно направлению потока плановой фильтрации подземных вод уфимского яруса, что будет способствовать перехвату загрязненных вод.

Рекомендуемые расчетные параметры дренажных скважин приведены в табл. 38. Суммарная производительность скважин составит 1200 м^3/сут., т. е. 80 м^3/сут. на каждую скважину, что приемлемо при соответствующих фильтрационных параметрах комплекса.

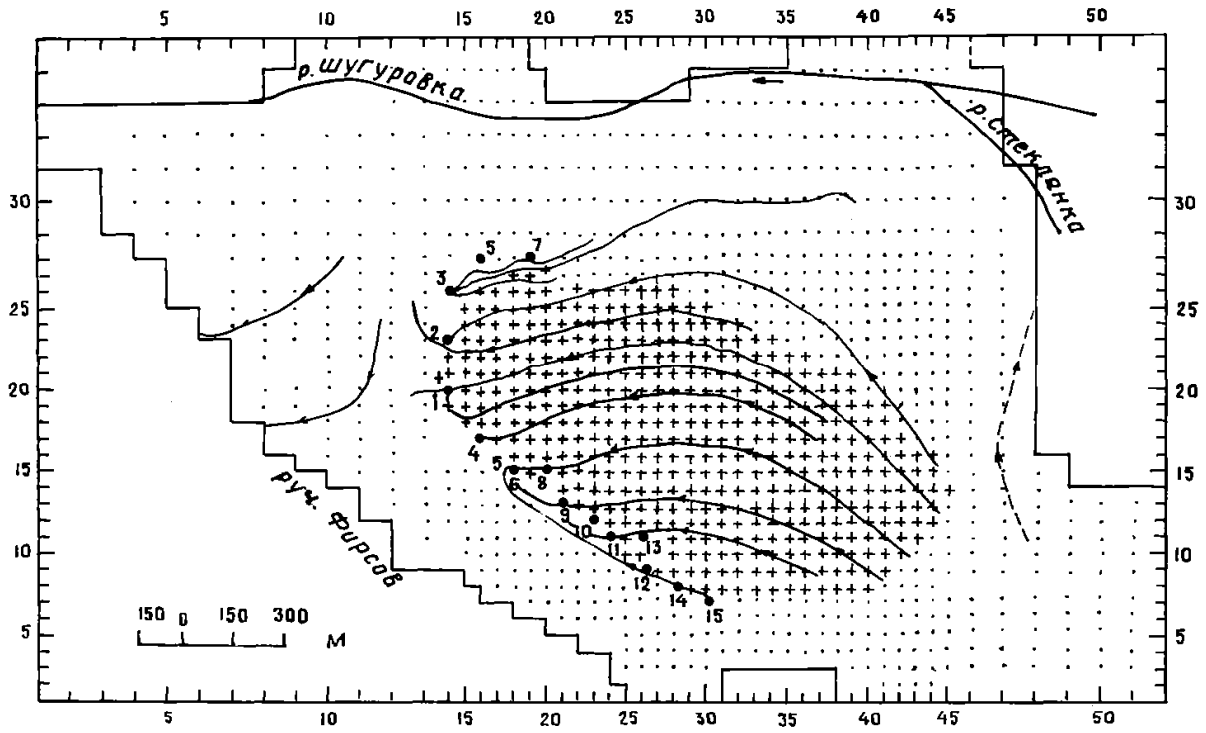


Рис. 44. Карта направления потока подземных вод 1 % обеспеченности уфимского водоносного комплекса при работе вертикального полукольцевого дренажа

Условные обозначения см.рис. 39

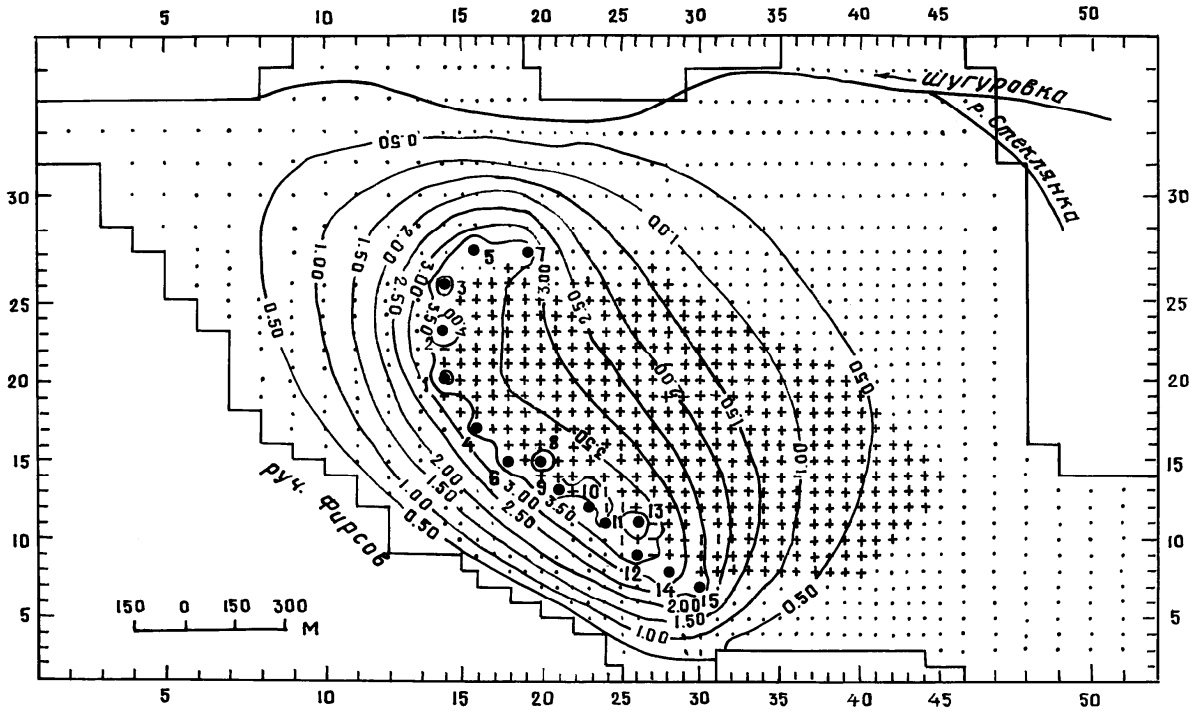


Рис. 45. Карта сработки уровня подземных вод 1 % обеспеченности в уфимском водоносном комплексе при работе вертикального полукольцевого дренажа

Условные обозначения см. на рис. 42

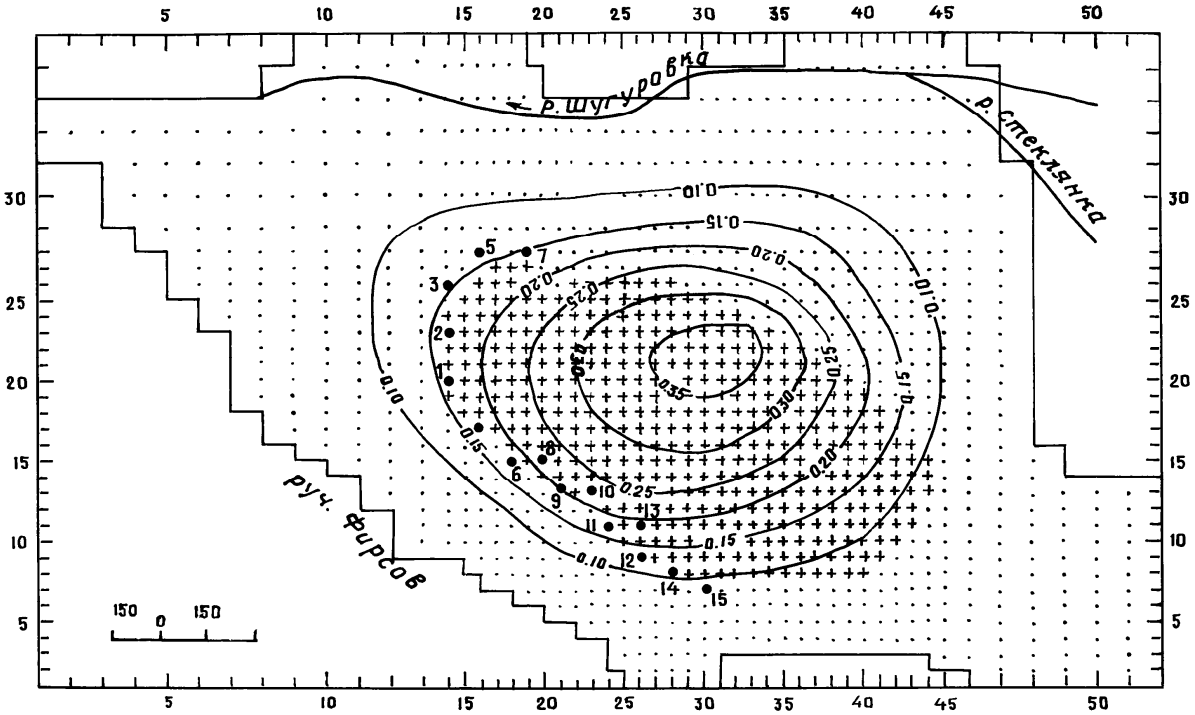


Рис. 46. Карта сработки уровня подземных вод 1 % обеспеченности в кунгурском водоносном горизонте при работе вертикального полукольцевого дренажа

Условные обозначения см. на рис. 42

Таблица 38

Рекомендуемые параметры дренажных скважин
в уфимском водоносном комплексе («полукольцевой дренаж»)

N	*I*	*J*	*H*	*S*	*UF*	*FL*	*GLSKV*	*Q*	*KSKV*	Марка насоса
1	14	20	114,1	4,2	93,3	11,4	68,1	80,0	1	1 3 4
2	14	23	112,4	6,5	91,7	8,0	66,0	80,0	1	1 3 4
3	14	26	114,9	3,3	100,7	13,9	61,4	80,0	1	1 3 4
4	16	17	113,9	5,6	100,3	11,4	66,0	80,0	1	1 3 4
5	16	28	115,7	3,1	113,8	15,1	52,9	80,0	1	1 3 4
6	18	15	114,9	4,2	108,6	12,2	61,6	80,0	1	1 3 4
7	19	28	114,3	5,9	111,6	9,1	53,6	80,0	1	1 3 4
8	20	15	115,6	4,6	109,7	11,4	59,6	80,0	1	1 3 4
9	21	13	114,9	5,6	114,0	9,8	49,9	80,0	1	1 3 4
10	23	13	117,1	4,9	114,1	10,8	53,6	80,0	1	1 3 4
11	24	11	117,6	5,2	114,5	10,2	46,8	80,0	1	1 3 4
12	26	9	120,3	4,7	119,2	11,0	52,9	80,0	1	1 3 4
13	26	11	119,8	5,1	115,2	10,1	54,1	80,0	1	1 3 4
14	28	8	123,0	4,8	121,9	4,7	50,0	80,0	1	1 3 4
15	30	7	126,4	4,5	125,2	5,2	54,2	80,0	1	1 3 4
Суммарный расход = 1200,0										

Примечание к табл. 38: Индексы параметров см. в табл. 37.

В качестве начальных условий для проведения имитационных исследований принимаются установившиеся уровни подземных вод 1 %-ой обеспеченности (рис. 33, 34, 35), при этом проектируемые дренажные скважины работают с постоянным расходом (табл. 38).

При заданных условиях стабильно гарантированное максимальное понижение уровня подземных вод уфимского водоносного комплекса достигнет 4,5 м (рис. 45), одновременно произойдет незначительное понижение уровня подземных вод кунгурского яруса от 0,1 до 0,35 м (рис. 46). Карта направления потока подземных вод в уфимских отложениях при работе «полукольцевого дренажа» (рис. 44) показывает, что при заданной схеме также исключается транзитный отток загрязненных вод за контур свалки.

ГЛАВА 6. ПУТИ СНИЖЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТХОДОВ г. УФЫ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

6.1. Снижение объемов и токсичности складируемых отходов путем развития раздельного сбора и утилизации отходов

Как показано в главах 3-5, вывоз промышленных и твердых бытовых отходов на городскую свалку привело к самым нежелательным последствиям. С одной стороны, происходит нерегулируемый рост объемов вывозимых на свалку отходов, в результате увеличиваются и объемы и ассортимент поступающих загрязнений в окружающую природную среду. С другой стороны, не используются утилизируемые компоненты, что позволило бы более разумно использовать природные ресурсы.

Основными направлениями работ, приводящих к снижению воздействия свалки на окружающую среду, являются:

— уменьшение объемов и токсичности складируемых отходов;
— строительство системы защиты поверхностных и грунтовых вод от влияния свалки;
— благоустройство свалки.

Для стабилизации экологической обстановки необходимо прекратить вывоз и складирование промышленных отходов на городской свалке, все промышленные отходы, особенно высокотоксичные, должны быть обезврежены и утилизированы. Для этого необходимо реализовать проект полигона токсичных отходов г. Уфы, выполненный институтом «ГИПРОХИМ» г. Санкт-Петербурга.

Из образующихся промышленных, а также твердых бытовых отходов, значительная часть может быть утилизирована по самоокупаемым технологиям. Это известковый шлам, нефтешламы, гальванические шламы и осадки сточных вод, отработанные катализаторы, иониты и адсорбенты, полимерные, древесные и текстильные отходы, стекло, макулатура и т.д.

На рис. 47 показаны отходы мегаполиса, которые могут быть переработаны с получением товарной продукции или утилизированы при получении строительных материалов или использованы при строительстве. В главе 3 были приведены возможные пути утилизации этих отходов, которые испытаны на практике в условиях Республики Башкортостан. По

степени готовности к внедрению наиболее реально внедрение технологий переработки следующих отходов:

Технология переработки резино-технических отходов, в том числе изношенных шин для переработки 2000 тонн отходов с получением 1000 тонн модифицированной крошки и изделий из нее (кровельные материалы, напольные покрытия, коврики, брызговики, прокладки, изделия для низа обуви и т.п.). Особенность данной технологии в том, что модифицированная резиновая крошка подвергается вулканизации и во многих случаях заменяет сырую резину. Весь ассортимент оборудования для организации производства выпускается в России.

Общий объем затрат на реализацию проекта составляет 4750,0 млн. руб., в том числе 50 % затрат на приобретение прессового оборудования. Расчетная прибыль ≈ 700,0 млн. руб. в год. Ориентировочный срок окупаемости 6,7 лет [32].

Технология производства эковаты из макулатуры и текстильных отходов (разработчики и поставщики – фирма Makron OY (Финляндия) и СП Фантех (Санкт-Петербург)), стоимость оборудования составляет 590 000 долларов США. Чистая прибыль составляет 897 000 долларов США в год.

Разработана технология переработки полимерных отходов, которая предусматривает организацию сбора полимерных отходов у населения, сортировку, очистку и отмывку на свалке ТБО или на другой площадке (отходы промпредприятий). Необходимое оборудование выпускается в России и странах СНГ. Общие затраты на организацию производства товарной продукции из полимерных отходов составляют ориентировочно 3000,0 млн. руб. [34].

Разработана технология утилизации химических источников тока различного типа. Химические источники тока (ХИТ) содержат такие токсичные металлы, как свинец, кадмий, ртуть, никель, цинк. Кроме того, ХИТ содержат едкие вещества: серную кислоту, концентрированные щелочи.

В Республике Башкортостан ежегодно потребляется населением более 10 млн. штук гальванических элементов (ХИТ), которые после использования выбрасываются в окружающую среду (более 400 т/год). Для обеспечения навигации судов используются более 25 т/год источников тока типа «Бакен» или «Лиман». Используют ХИТ также предприятия связи, железнодорожного транспорта и другие. Сюда же необходимо добавить отработанные тяговые никель-кадмиевые и никель-железные аккумуляторы. Исключение составляют свинцовые аккумуляторы, проблема сбора и переработки которых практически решается путем строительства аккумуляторного завода (пос. Серафимовка).

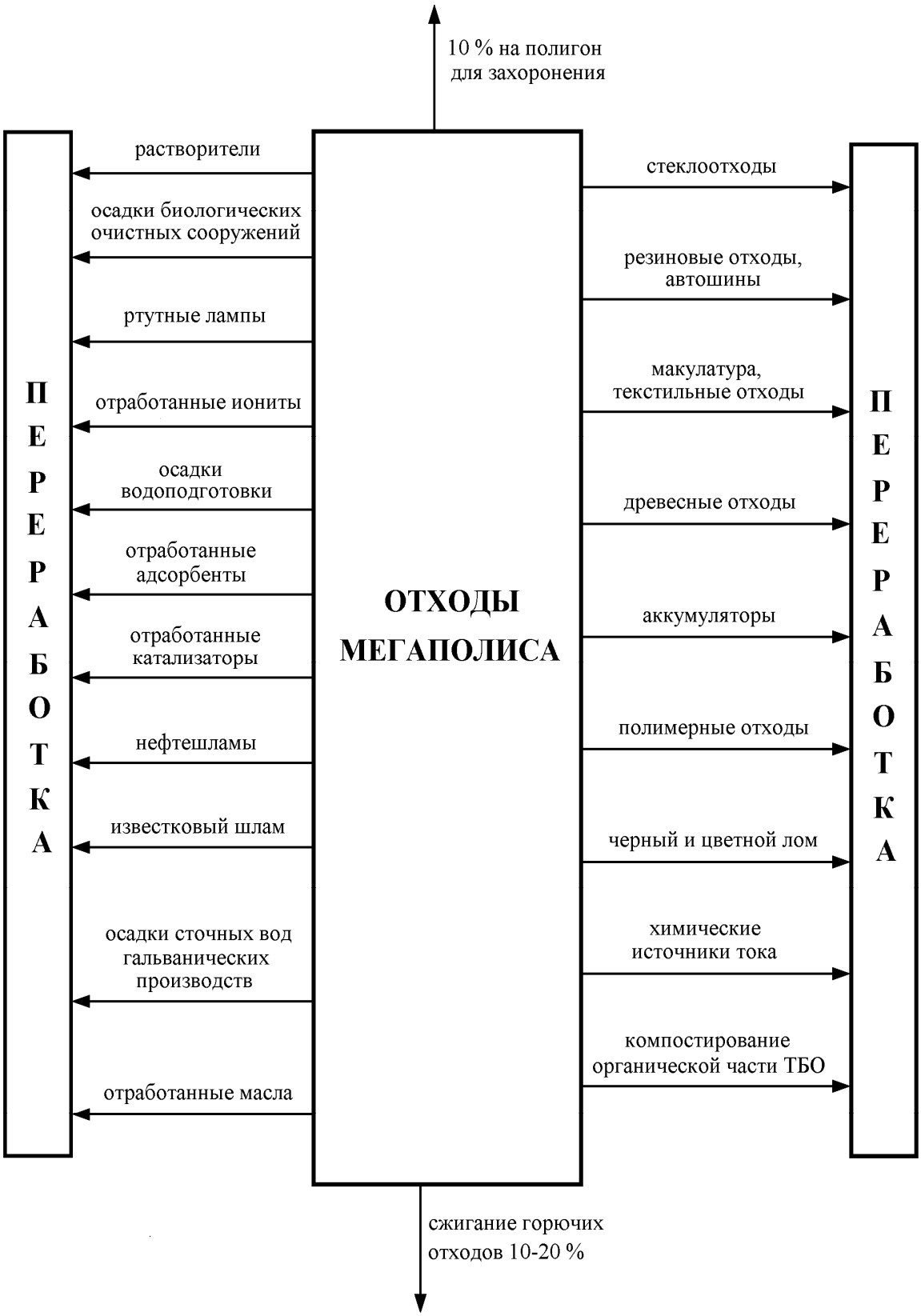


Рис. 47. Утилизируемые отходы «большого» города

При проектной производительности участка по переработке 500 т/год ХИТ расчетная прибыль составит около 400 млн. руб./год. Для создания участка (предприятия) по утилизации отработанных ХИТ требуются инвестиции в размере 2000,0 млн. руб. [21].

Ежегодно вывозится на городскую свалку не менее 700 тыс. тонн стеклобоя. Разработана технология и опытная установка по измельчению, расплавлению и получению товарной продукции из стеклобоя (стеклоблоки, витражные стекла, облицовочные плитки). Для создания предприятия (участка) по переработке и утилизации стеклобоя в г. Уфе потребуется около 2500 млн. руб.

Основная доля лома цветных и черных металлов (крупнотоннажные, крупногабаритные и однородные по составу отходы) собираются на предприятиях и передаются в систему вторичного использования металлов. На свалку попадает лом цветных и черных металлов совместно с бытовыми отходами и мелкие, неоднородные по составу металлические отходы в составе нетоксичных отходов предприятий, также вывозимых на свалку. После предварительной сортировки и очистки от грязи, мусора на свалке отходы, содержащие цветные и черные металлы, собираются в отдельные контейнеры, брикетируются и передаются в систему вторичного использования металлов. Ориентировочный объем инвестирования составит 1200 млн. руб.

Осадки очистных сооружений УГП «Химпром» необходимо подвергнуть высокотемпературной обработке, при которой происходит испарение воды и сгорание органических веществ. Высушенные и освобожденные от органических примесей осадки очистных сооружений представляют собой сухой материал, состоящий из: CaO – 52 %, MgO – 3 %, SiO_2 – 22 %, Al_2O_3 – 6 %, Fe_2O_3 – 4 %, сера – 5 %, прочие – 8 % и могут быть использованы как сырье для цементной промышленности. Годовой объем производства – 18,5 тыс. тонн.

Принципиальная возможность такого использования высушенных осадков подтверждена Гипроцементом. Потенциальным потребителем продукта может быть Стерлитамакское ПО «Сода». Однако, в связи с большим (по сравнению с обычным для цементного производства сырьем) содержанием в продукте натрия и магния при конкретном использовании потребуются предварительные исследования по дозированию данного продукта.

Дробленые отходы от производства стеклянных нитей завода текстильного стекловолокна в количестве 1,2 тыс. т/год в соответствии с рекомендациями АО «Механобр-Техноген» могут быть использованы в стекольном производстве для подшихтовки или использоваться после соответствующей переработки в производстве строительного кирпича.

В результате переработки отработанных формовочных и стержневых смесей литейных цехов из них почти полностью удаляется связка и получается регенерат в количестве 1765 т/год, пригодный для полноценной замены до 80 % формовочных песков марки $О^б$ 2КО2Б, $О^б$ 2К0315Б (ГОСТ 22551-77). Этот регенерат должен быть возвращен в литейное производство предприятий-поставщиков этих отходов.

Оттертая связка, состоящая из 20-40 % огнеупорной глины, 10-20 % чугунной и 70-40 % кварцевой пыли, может быть использована для производства строительных материалов и изделий: штукатурных растворов, кирпича глиняного обыкновенного или пустотелого, канализационных труб и др.

Металлургические шлаки, содержащие черные металлы, можно перерабатывать с получением фракционного щебня II-III классов, морозостойкостью Мр 50 и песка, предназначенных для дорожного строительства, а также ошлакованного железа. Общее количество щебня может составить 300 тонн песка, 10 тонн ошлакованного железа.

Ошлакованное железо целесообразно вернуть в производство, где образуется шлак, в частности, на тепловозоремонтный завод.

Металлургический шлак Уфимского агрегатного производственного объединения, содержащий окислы цветных металлов, в том числе никель и кобальт, ввиду небольшого количества – 2,6 т/год, целесообразно без переработки продавать заинтересованным потребителям. Одним из таких потребителей может стать Уфалейский никелевый комбинат в Челябинской области, который согласен принимать эти отходы на переработку.

Строительный мусор, отходы теплоизоляционных материалов, асбестоцементные отходы, золы от котельных и от сжигания деревянных отходов, пыль абразивная, металлическая, от шлифовки и заточки инструмента и т.д. в количестве 14,7 тыс. тонн могут быть использованы на производстве строительных изделий. Технологии и оборудование по переработке указанных отходов на различные строительные материалы, такие как кирпич, стеновые перегородки, бордюрные и газонные камни, тротуарная и облицовочная плитка и т.д., разработаны и изготовляются рядом фирм [26].

Значительная часть (около 500 тонн) гальванических шламов содержат цветные металлы – цинк, кадмий, олово, никель, хром – в таком количестве и в таких соотношениях, которые достаточны для извлечения из них цветных металлов по существующим технологиям. Выше были приведены примеры использования цинк- и никельсодержащих гальванических отходов на Челябинском электролитно-цинковом и Уфалейском никелевых заводах [39].

Остальная часть гальванических отходов (осадков сточных вод гальванических производств) может быть использована для производства железосодержащих пигментов [30], при производстве строительных материалов [49].

Для решения проблемы отходов машиностроительных предприятий Постановлением Городского Совета г. Уфы от 24.04.91 № 5/278 был создан Центр по переработке отходов машиностроительных предприятий, на котором намечалась переработка гальванических отходов и отработанных СОЖ, к сожалению, из-за отсутствия финансирования проект не реализован.

В настоящее время самая быстрая утилизация гальванических отходов предприятий города может быть осуществлена на Кабаковском кирпичном заводе. Реализация проекта возможна при инвестиции в размере 4 млрд. рублей.

Стабилизации экологической обстановки на городской свалке будет способствовать организация раздельного сбора ТБО и утилизации компонентов. Во-первых, при раздельном сборе резко уменьшается объем отходов и содержание в ТБО хлорсодержащих полимеров, являющихся предшественниками диоксинов. Во-вторых, из ТБО извлекается полезное вторичное сырье. В-третьих, уменьшаются затраты на переработку (обезвреживание) ТБО, вывозимых на свалку.

Имеющиеся на территории битумные ямы частично засыпаны отходами (3 шт.), 14 битумных ям общей площадью около 110 тыс. $м^2$ еще не засыпаны, в них до сих пор некоторые предприятия вывозят жидкие отходы. Состав отходов в битумных ямах не изучен. Необходимо изучить составы отходов в битумных ямах, разработать технологию их обезвреживания и реализовать эту технологию.

Сложной проблемой для г. Уфы является размещение активного ила и сырого осадка из городских очистных сооружений канализации. Ряд стран используют совместное складирование осадков с городских очистных сооружений канализации и ТБО. При этом осадки служат в роли увлажнителя ТБО и активизируют микробиологическое разложение ТБО. Для реализации этого проекта необходимо соорудить систему откачки осадков с городских очистных сооружений канализации на городскую свалку.

Неотложной задачей для г. Уфы является строительство завода по переработке ТБО. Возможны несколько вариантов технологий переработки ТБО, из которых предпочтительнее, с точки зрения экологии, предварительная сортировка и компостирование органической не утилизируемой части отходов.

Необходимо отметить, что на все виды отходов, указанных на рис. 47, имеются проверенные в условиях России и Башкортостана технологии утилизации. В результате внедрения этих технологий реально сократить объем поступления отходов на Уфимскую городскую свалку от 60 до 85 %. Это позволит приостановить объем накопления отходов на свалке, стабилизировать их состав и таким образом локализовать распространение загрязнений с территории свалки.

6.2. Сбор и утилизация техногенных образований свалки

6.2.1. Варианты перехвата сточных вод и сброса их в водоем

Как видно из приведенных источников [15, 18, 23, 53, 60, 63, 65, 68], в большинстве случаев за рубежом полигоны ТБО устраивают на заранее подготовленной площадке с устройством дренажа и системы отвода дренажных и поверхностных сточных вод. Устройство Уфимской городской свалки на неподготовленной территории вызывает ряд осложнений:

— под свалкой остались родники, изливающиеся по овражку в ручей Фирсов овраг;
— толщина водонепроницаемых грунтов по территории свалки оказалась неравномерной, а в ряде точек вовсе отсутствовала;
— свалка располагается на водоразделе между р. Шугуровка и ручьями Фирсов овраг и Стеклянка. Уклон местности ярко выраженный и составляет более 0,05;
— на территории свалки имеется 17 земляных емкостей, в которых налит в прежние годы битум (гудрон) Уфимского нефтеперерабатывающего завода, а в последние годы вывозятся жидкие отходы предприятий.

В такой ситуации из всех возможных вариантов перехвата сточных вод принят комбинированный метод, заключающийся в организации горизонтального дренажа с устройством противофильтрационного экрана и обваловки по периметру.

В результате процессов разложения органических веществ, а также из-за притока воды, связанного с атмосферными осадками, в «теле» свалки образуется фильтрат. Установлено, что уровни загрязнений в фильтрате в 10-20 раз выше, чем в бытовых стоках [77]. Количество выделяющегося фильтрата составляет, как правило, <1 %, в исключительных случаях – не

более 15 % от объема выпавших на поверхность полигона атмосферных осадков, если в основании полигона нет выхода грунтовых вод.

Загрязнение органическими и другими токсичными соединениями грунтовых вод, поступающих от свалок с фильтратом, может длиться десятилетиями и распространяться на большие расстояния. Согласно некоторым источникам, с 1 га территории, занятой свалкой высотой 10 м, вымывается в год до 2 тыс. кг хлоридов. В состав фильтрата свалки могут входить, мг/л: железо – 200-1700, цинк – 1-135, фосфор – 5-130, сера – 25-500, хлор – 100-2400, натрий – 100-3800, азот – 20-500, никель – 0,01-0,08, медь – 0,1-9, жесткость фильтрата составляет 200-5250, ХПК – 100-51000, pH – 4-8,5 [77].

Состав и свойства фильтрата зависят от времени года: более высокая степень загрязнений как обычных, так и специфических обнаруживается в весенний период. Благодаря окислительно-восстановительным реакциям и действию микроорганизмов в присутствии кислорода в фильтрующейся через свалку воде появляется кислота, в основном серная, pH воды снижается до менее 3 и может упасть даже до 0,7 [90].

Фильтрат московской свалки «Зюзино» имеет следующий состав: pH – 6,6-7,7; щелочность – 64-124 мг-экв/л, окисляемость – 150-700 мг O_2/л; содержание мг/л: сухой остаток при 105°С 7500-15000; прокаленный остаток – 4200-9000; сульфаты – 150-480; хлориды – 650-2900; аммонийные соли – 20-720; железо – 100-460; взвешенные вещества – при 105°С 860-1600; БПК – 1500-4800. Отсутствие нитратов и нитритов при большом содержании аммонийных солей свидетельствует об анаэробном разложении мусора. Окисляемость фильтрата свалки в 5-10 раз выше, чем у хозяйственно-фекальных сточных вод [22].

Не меньшую опасность представляет бактериальное загрязнение фильтрата. Средние значения загрязнения стока из свалки по общему числу бактерий подобны обсемененности сточных вод городской канализации, а по коли-индексу даже превышают их в 2-3 раза.

Фильтрат свалки ТБО г. Киева в с. Пирогово представляет собой жидкость темно-коричневого цвета, с неприятным запахом в 5 баллов, щелочной реакцией. По своему составу он является высокоминерализованным стоком, загрязненным органическими веществами, преимущественно трудноокисляемыми, анионоактивными ПАВ, фосфатами, солями тяжелых металлов (медь, свинец, железо). Приведенный анализ указывает также на значительное количество аммиачного азота при отсутствии азота нитритов и нитратов, что свидетельствует о продолжающемся анаэробном распаде органического вещества свалки и незавершенности процессов минерализации [77].

Вблизи свалок городских отходов в грунтовых водах были обнаружены смеси алифатических, ароматических и хлорированных растворителей, а также соединения мышьяка, кадмия, хрома, свинца, ртути и никеля.

Щербинский полигон ТБО в Московской области интенсивно влияет на поверхностный водосток в зоне 400-500 м в северном направлении, здесь отмечается наличие концентраций загрязнений больше фоновых: минерализация воды больше в 10-20 раз, Cl – в 40-60 раз, Na – 10-20 раз, Sr – в 2-3 раза [22].

Загрязненные грунтовые воды содержат также полихлорбифенилы (ПХБ), диоксины, инсектициды [11, 83].

Для полигонов, принимающих ТБО, смешанные неопасные и некоммерческие отходы, характерно наличие фильтрата с высокими концентрациями органических веществ: ХПК 200-2000 мг O_2/л, БПК:ХПК = 0,25:0,5, общий азот до 1000 мг/л, в том числе аммонийный азот до 200 мг/л [56].

Для уфимской городской свалки характерным качеством поверхностных (ливневых) сточных вод может являться содержание примесей в верхнем пруде-накопителе (табл. 39).

Таблица 39

Химический состав воды верхнего пруда, мг/л
(минимальные и максимальные значения)

Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	NO_2^-	NH_4^+	$Fe_{общ.}$	Mn	Cu
190,0-5880	94,0-292,3	2,97-3,09	2,1-3,36	29,0-1030	0,0046 34,2	0,0023 7,34	0,002-0,356
Zn	**Pb**	**Co**	**Cr**	**Cd**	**Ni**	**pH**	**Фенол**
0,13-2450	0,001-0,42	0,018-0,12	0,005-0,74	0,0003 0,005	0,01-0,05	6,8-8,0	2,1-6,9

ХПК	Взвешенные вещества	Фосфаты	Нефтепродукты	ПАВ
1300-2040	24,4-932,0	0,012-0,05	1,61-5,31	0,1-0,34

Есть несколько вариантов сброса сточных вод с Уфимской городской свалки в водоем:

— сброс в реку Шугуровка самостоятельным выпуском;
— сброс в реку Белая самостоятельным выпуском;
— сброс на очистные сооружения АО «Уфанефтехим» через канализационные сети АО «Уфаоргсинтез»;
— сброс на городские очистные сооружений канализации;
— сброс на очистные сооружения УГП «Химпром»;
— сброс на очистные сооружения ТЭЦ-4.

Выбор варианта сброса сточных вод свалки в водоем достаточно сложный вопрос, а самое главное – от варианта сброса зависит технологическая схема очистки, следовательно, размеры капитальных и эксплуатационных расходов.

В таблице 40 приведены предполагаемые требования к качеству очищенных сточных вод свалки по каждому из перечисленных вариантов.

Организация самостоятельного выпуска для очищенных сточных вод свалки в реку Белую самый дорогостоящий вариант. Во-первых, большое расстояние (около 15 км по прямой) от свалки до реки Белой, множество пересечений с энергетическими коммуникациями, нефте- и продуктопроводами, водопроводными и канализационными сетями, авто- и железными дорогами, оврагами и ручьями. Во-вторых, требуется организовать многоступенчатую очистку сточных вод свалки до требований к водоемам рыбохозяйственного значения, что является практически невыполнимой задачей по таким показателям, как сульфаты, хлориды, солесодержание.

Сброс сточных вод в реку Шугуровку недопустим, так как река Шугуровка является правым притоком реки Караидель, впадающим выше Южного питьевого водозабора г. Уфы.

Очистные сооружения УГП «Химпром» по набору сооружений могут обеспечить требуемую очистку сточных вод Уфимской городской свалки. Однако, эти очистные сооружения настолько изношены, что не обеспечивают даже нормальной очистки своих производственных сточных вод. Для приема дополнительных сточных вод требуется дорогостоящий капитальный ремонт, а скорее, новое строительство очистных сооружений УГП «Химпром».

Городские очистные сооружения канализации после завершения строительства III очереди и строительства сооружений доочистки могут принимать для очистки сточные воды свалки. Однако, сроки завершения строительства могут затянуться на несколько лет, скорее всего, до 2005 года. К тому же, предстоит проложить для подачи сточных вод со свалки до городских очистных сооружений канализационные сети через промышленную зону, которая очень плотно застроена.

Таблица 40

Требования к качеству сточных вод Уфимской городской свалки при сбросе в водоем или на очистные сооружения промышленных предприятий

Показатели	Исходная вода	Варианты сброса сточных вод				
		в рр. Белая и Шугуровка	АО «Уфанефтехим»	МП «Уфаводоканал»	УГП «Химпром»	ТЭЦ-4
ХПК, мгО/л	1360,0	15,0	398,3	740,0	595,0	
БПК, мгО/л	810,0	3,0	169,2	370,0	406,0	
Взвешенные в-ва, мг/л	160,0	12,0	58,7	153,0	290,0	1,99
Азот аммонийный, мг/л	384,0	0,4	44,2	10,0	43,8	6,03
Нитриты, мг/л	2,61	0,08		0,08		0,047
Нитраты, мг/л	2,97	40,0		40,0		
Фосфаты (по Р), мг/л	0,05	0,2	1,42	2,0	3,3	
Цинк, мг/л	0,6	0,01	0,036	0,27		
Медь, мг/л	0,126	0,001	0,009	0,07		0,006
Железо общее, мг/л	14,0	0,1	0,867	3,6		0,38
Никель, мг/л	0,05	0,01	0,0039	0,25		0,03
Кадмий, мг/л	0,004	0,005		0,01		
Свинец, мг/л	0,04	0,1		0,08		
Фенолы, мг/л	2,1	0,001	3,16	0,108		
Сульфиды, мг/л	0,5	0,003	1,7	0,18		
Сульфаты, мг/л	170,0	100,0	290,7	220,0	1009,0	843,9
Хлориды, мг/л	2150,0	300,0	82,7	130,0	2511,0	156,2
Хром, мг/л			0,00036			
Марганец, мг/л	1,06	0,01 (по Mn^{2+})	1,18			
Нефтепродукты, мг/л	6,0	0,05	33,3	4,0	1,77	1,68

Очистные сооружения ТЭЦ-4 не предусмотрены для очистки сточных вод, содержащих органические соединения, и поэтому не могут быть рекомендованы для приема сточных вод городской свалки.

Организация сброса сточных вод свалки на очистные сооружения АО «Уфанефтехим» через канализационные сети АО «Уфаоргсинтез» и экономически и экологически является наиболее предпочтительным вариантом. Во-первых, многоступенчатые очистные сооружения АО «Уфанефтехим» недогружены. В 1996 году на очистные сооружения поступало 25,6 млн. $м^3$/год (70 тыс. $м^3$/сут.), в то время как проектная мощность 52,6 млн. $м^3$/год (140 тыс. $м^3$/сут.). Во-вторых, уменьшается протяженность сетей, а, следовательно, и количество пересечений.

6.2.2. Устройство свалок и инженерные сооружения перехвата сточных вод

В настоящее время захоронение отходов осуществляется в основном на специально отведенных территориях, хотя существуют и несанкционированные, стихийно возникшие свалки. В последние годы с целью экономии места и охраны окружающей среды от загрязнений применяют так называемые высоконагружаемые полигоны, в основании которых имеется водонепроницаемый слой глины (местной или привозной) или полимерных уплотнений. Загрузка отходов производится послойно, с трамбовкой и засыпкой грунтом, исключающим распространение запахов, вредных паров и газов. Находящийся в основании захоронения уплотнительный слой препятствует загрязнению грунтовых вод. После заполнения котлована отходами его поверхность засыпается грунтом и рекультивируется. Например, свалка ТБО г. Киева представляет собой искусственное насыпное сооружение бытовых отходов площадью 15 га, высотой ≈ 50 м с послойной засыпкой грунтом через каждые 2,5-3,5 м. Курган расположен в естественной складке местности – овраге, одна из сторон которого перекрыта плотиной высотой 30 м. Основание свалки состоит из естественных водонепроницаемых глинистых грунтов [77].

Обычно свалки устраивают на месте бывших карьеров. В Вирмштале (ФРГ) для складирования отходов используются старые каменоломни. В будущем свалки в ФРГ должны резко отличаться от существующих в настоящее время [116]. Это будет следствием принятия новых норм, по которым мусор и отходы любого происхождения должны всемерно повторно использоваться. На свалки могут направляться только неиспользуемые отходы и с влажностью не более 5 %. Это обусловит необходимость сжигать мусор и применять шлаки как строительный материал. Должны быть изменены также требования к конструкции свалок. Комби-

нированная изоляция днища из слоя уплотненной глины толщиной не менее 0,75 м с пластмассовой пленкой толщиной 2,5 мм подвергается критике [116]. Считается, что это не надежно и не учитывает местных условий. Необходимость полностью исключить эксфильтрацию из свалки заставит обязательно устраивать под свалкой дренаж, позволяющий перехватывать и направлять на очистку дренажные воды. Оспаривается требование защитить укладываемые в свалку отходы от увлажнения постройкой над свалкой временных перекрытий. Выражается мнение, что при повышенной влажности в свалке вредные вещества уйдут с эксфильтрацией, будут с нею уловлены и обезврежены. Критикуется способ заполнения свалки и многослойное перекрытие над заполненной свалкой. Со временем тело свалки уплотняется и осадок доходит до 20-30 % первоначальной ее высоты. Это приводит к неизбежному повреждению перекрытия над нею. Рекомендуется свалка в виде перекрытого зала или ангара, в котором поступающий мусор сортируется, компостируется, сжигается, отбирается на повторное использование. Отходы прессуются, вывозятся и укладываются в тело свалки под передвижным перекрытием, защищающим их от атмосферных осадков до тех пор, пока свалка не будет заполнена на нужную высоту и не будет сделано окончательное перекрытие над готовым отсеком свалки.

В 1993 году принята в эксплуатацию вторая очередь свалки в г. Лейпциг, дно которой выполнено в соответствии с законодательством ФРГ [98]. Свалка будет отсыпана на высоту 40 м и рассчитана на 2 млн. $м^3$ бытового мусора. Площадь, отведенная под свалку, спланирована, пробортована на глубину 0,4 м с добавлением глины для придания большей водонепроницаемости грунту и укатана. Затем уложено три слоя по 0,25 м толщиной с укаткой каждого, из жирной глины. Поверх этих слоев уложен с укаткой дополнительный слой глины толщиной 0,75 м, покрытый полиэтиленовой пленкой толщиной 2,5 мм. По пленке укладывается слой песка толщиной 0,4 м, покрытый слоем 0,1 м из местного гравелистого песка с зернами до 32 мм. Все это покрыто защитным слоем толщиной 0,3 м из щебня крупностью от 16 до 32 мм. По проездам, которые проходят над трубами дренажной системы, на ширину 5 м песок и местный гравелистый песок над ним, не отсыпаются. На пленку толщиной 2,5 мм укладываются трубы дренажной системы и засыпаются щебнем с зернами 16-32 мм на высоту 1 м. Образуются проезды на 0,2 м, возвышающиеся над поверхностью дна свалки и, одновременно, облегчается доступ фильтрата к дренажным трубам. Собранный дренажем фильтрат отводится на очистку.

Чтобы исключить попадание фильтрата свалки в грунтовые воды устраивают защитные сооружения. Например, свалка г. Грац, Австрия, с трех сторон окружена защитной подземной стеной толщиной 0,6 м, вы-

полненной как «стена в грунте» с заполнением составом из 42,5 кг бентонита, 200 кг шлакопортландцемента и 917 л воды на кубометр объема открытой траншеи. Стена перехватывает поток грунтовой воды, проходящей под площадью, занятой свалкой, и защищает эту площадь от доступа воды с обеих сторон. Длина стены 1100 м. Низ стены на 2 м углублен в водоупорный слой из «опоки» (местное название очень плотного глинистого слоя с небольшим количеством пылевидного песка), а ее высота (глубина) достигает 22 м. Перехваченная стеной вода, прошедшая под свалкой над находящимся под потоком воды слоем «опоки», улавливается одиннадцатью буровыми колодцами диаметром 0,8 м и непрерывно перекачивается для очистки на канализационную очистную станцию г. Грац [100].

Для свалки в Нью-Джерси в качестве защитного сооружения использована двойная геокомпозитная система, состоящая из первичной и вторичной геокомпозитных облицовок, которые включают слой высокоплотного полиэтилена и два слоя уплотненной глины [58].

Современные сложные облицовки состоят из четырех основных компонентов: системы сбора фильтрата, первичной облицовки, системы обнаружения фильтрата и вторичной облицовки. Эти основные элементы составляют 9 слоев, 10-й слой, грунт или скальное основание завершает систему [23].

Система сбора фильтрата:

1. Фильтр (грунт или геотекстиль) отделяет самый нижний слой отходов или первоначальный слой грунта от фильтрата и дренажа.
2. Дренаж (гравий в основании, геокомпозит для боковых откосов).
3. Протектор (геотекстиль или другие материалы) не позволяет материалам, входящим в состав дренажного слоя, нарушить первичную геомембранную облицовку.
4. Барьер (геомембрана) может быть изготовлен из многих полимерных материалов.
5. Барьер (облицовка, состоящая из геосинтетика и глины)
6. Сепаратор (геотекстиль или другие материалы) для избежания миграции частиц глины в нижележащую геосетку.
7. Система обнаружения протечек. Дренаж (геосетка).
8. Вторичная облицовка. Барьер (геомембрана).
9. Барьер (уплотненный грунт) обычно поглощает и предотвращает движение загрязнений.
10. Подстилающий слой (грунт или горная порода). Для любого современного сложного крупного хранилища отходов необходимо проведение исследования грунтов подстилающего слоя. Никакая облицовка не

будет эффективной при наличии под ней провалов, пустот, шахт или туннелей.

Авторы [18] описывают использование в системе противофильтрационной завесы скважин для откачки грунтовых вод на свалках. На свалке промышленных отходов недалеко от Ниагарского водопада, штат Нью-Йорк, трехсторонняя однорядная противофильтрационная завеса из различных цементных смесей увеличила эффективность работы системы скважин для откачки загрязненных грунтовых вод, уменьшив приток воды с внешней стороны участка.

В Европе, чтобы не допустить проникновения загрязнений в грунтовые воды широко применяют полиэтиленовую пленку. Тщательно просеянный песок слоем 1 м укладывают на дно полигона, настилают несколько слоев пленки, прижимают еще 1-метровым слоем просеянного песка, разравнивают его бульдозером.

Г. В. Зубченко [61] предлагает отходы различных производств, состоящие из очень мелких частиц, в несколько десятков раз мельче, чем частицы глины, цемента и других гидроизолирующих материалов подавать в виде пульпы на днище свалки. Частицы эти, просачиваясь в землю с водой, затыкают собой мельчайшие поры и надежно удерживают воду.

Предлагается полимерный противофильтрационный экран для полигонов захоронения жидких и твердых бытовых и промышленных отходов, предназначенный для устройства противофильтрационной, химически стойкой гидроизоляции. Противофильтрационный экран представляет собой многослойную конструкцию, включающую:

— основной несущий, поверхностный, химически стойкий слой из асфальтобетона;
— основание из инертных материалов;
— контрольный слой химически стойкой гидроизоляции, выполненной в виде битумополимерных матов, армированных стеклотканью;
— подготовительный слой.

Химическая стойкость контрольного слоя гидроизоляции обеспечивает прием токсичных отходов при показателе pH от 2 до 11, теплостойкость защитной гидроизоляции – не менее 120°С, морозостойкость не ниже 40°С [72].

Предлагается способ устройства для защиты окружающей среды от проникновения и воздействия фильтрационных вод, образующихся на свалках, который предусматривает создание вокруг свалки (с боковых сторон и по ее основаниям) полого пространства. Поверхность свалки укрывается защитной пленкой или уплотняется таким образом, что основная масса атмосферных осадков не проникает внутрь свалки, а стекает через боковые полости в пространство под свалкой, откуда вместе с

фильтрационными водами отводится в очистные сооружения. Работоспособность и долговечность предлагаемого способа не зависит от токсичности и состава отходов на свалке, а обслуживание предлагаемого устройства ограничивается периодической промывкой коммуникаций [67].

Новую комбинированную систему уплотнения, предназначенную для укрытия свалок, разработала фирма Preussag AG [96]. Новая система laymax представляет собой трехслойную уплотнительную оболочку, обладающую высокой прочностью и в то же время достаточной эластичностью. В качестве одного из слоев в системе применяется бетонит, обладающий высокой непроницаемостью; для защиты этого слоя применяется еще один слой из отвержденной полиэфирной смолы.

При внесении на свалку добавок, состоящих из мелкодисперсных фракций грунта, содержащих силикаты, кремнезем и карбон, вносимый в виде добавок грунт образует вместе с твердыми или пастообразными отходами достаточно надежный конгломерат, предотвращающий как выветривание, так и вымывание вредных и токсичных веществ, входящих в состав отходов. Образующийся конгломерат может включить в себя не весь объем находящихся на свалке отходов, а только его внешние слои, при этом не снижаются его защитные функции. Предлагаемый способ не требует применения специальных и дорогостоящих химикалий, менее трудоемок и достаточно надежно защищает от заражения соседствующие со свалкой грунтовые воды [66].

Предлагается конструкция изолирующего основания полигона в виде укладываемой на выровненное днище полигона пленки из полиэтилена высокой плотности, покрываемой сверху бентонитонаполненным текстильным полотном [64]. Текстильное покрытие выполняется в несколько слоев, причем, по меньшей мере, нижний слой служит в качестве несущего, а верхний – в качестве эластичного упругого слоя. При этом прочность соединения обоих слоев, выполняемого методом иглопрокалывания или петлеобразования, меньше прочности эластично-упругого слоя, а коэффициент трения слоев возрастает от нижнего к верхнему. Многослойное текстильное полотно подобной конструкции выполняет функцию несущего слоя, воспринимающего нагрузку от деформации днища полигона и смещений уплотняющихся по мере накопления захороняемых отходов.

Предлагается конструкция комбинированного многослойного герметизирующего основания для полигонов захоронения отходов, состоящая из слоя нетканого материала, слоя битумной эмульсии и слоя уплотненного бетона и отличается тем, что на поверхность нетканого материала устанавливается пространственная составная решетка из полиэтилена низкого давления высокой плотности, нижняя часть которой заполняется

слоем уплотненного бетона, а верхняя – слоем битумной эмульсии. Монтаж основания осуществляется из сборных сегментов заводского изготовления [40].

В конструкции дренажного слоя, формируемого при герметизации днища и откосов полигонов для захоронения отходов, в качестве дренирующего материала используется мелкозернистый гравий крупностью 2-8 мм, расфасованный в мешки из водопроницаемой полимерной ткани или полотна размером 1,5×2,0 м и высотой 12 см, которые укладываются ровным слоем с утрамбовкой и перевязкой на подстилающую гидроизолирующую пленку, раскладываемую и свариваемую внахлестку над слоем глинистых пород. Предложенная конструкция дренажного слоя гарантирует его сохранность на крутых откосах котлованов и в его оползневых зонах. По мере заполнения полигона отходами надежность работы дренирующего слоя повышается [68].

Герметизацию оснований и/или боковых откосов полигонов выполняют путем нанесения на них смеси гранулированного доменного шлака с 50 вес. % аддитивов с последующим его механическим уплотнением [65]. Доменный шлак перед использованием подвергается дроблению и классификации с доведением содержания фракций крупностью 200-1000 мкм до 30-50 вес.%, а в качестве аддитивов используется летучая зола, глина, пыли, канализационные осадки, шлаки процессов десульфурации и нефтепродукты или их смесь с влажностью до 60 %.

Защитное покрытие полигонов с крутым откосом, размещаемых в сейсмически активных зонах склонно к разрушению, в том числе и при использовании синтетических барьерных слоев, например из полиэтилена. В связи с этим предлагается облицовка без пластичной пленки с использованием слоя плотной глины толщиной 1 м [111]. Степень крутизны покрытия обеспечивает начальный барьер к инфильтрации. Если покрывающая система состоит только из глины и слоя дерна, это обеспечит достаточно непроницаемый барьер для просачивания, благодаря чему нет необходимости в установлении дополнительной пластичной пленки, что позволит избежать проблемы риска стабильности покрытия.

Разработана рецептура минерального изолирующего состава для использования при строительстве подземных сооружений, в частности, для герметизации днищ и откосов полигонов, на основе песка и гравия в качестве грубозернистой основы и химически стабильного тонкодисперсного глинистого материала (в частности каолина) для заполнения порового пространства, а также, по меньшей мере, одного аддитива с бескарбонатным составом всей смеси [63]. Глинистый минерал интенсивно смешивается с уреатом (мочевиной) в количестве 0,5-0,7 % от массы глины,

жидким стеклом и уреатом или с кремневой кислотой (при pH=6-8). В качестве песка предпочтительно использовать доменный песок.

Для изоляции старых свалок разработана технология нагнетания, позволяющая с помощью вертикальных скважин создать боковые барьеры вокруг старой свалки, а с помощью горизонтальных изолировать нижнюю часть этого пласта. В качестве изолирующих материалов применяются специальные растворы озокерита и полимерных силикатов, отвечающие соответствующим экологическим и экономическим требованиям. Боковая изоляция осуществляется бурением ряда вертикальных скважин, через которые с помощью специальных уплотняющих материалов создается завеса, блокирующая боковую миграцию вредных веществ. Такие завесы являются альтернативой изолирующей стенке, которую нельзя применить для глубоких водоносных пластов или в случае сложных условий переноса. Если загрязненная вода соединяется с глубоколежащими водоносными пластами, требуется дополнительная изоляция базиса с помощью горизонтальных скважин [15].

При сооружении новых мусорных полигонов сейчас создается комплексная система изоляции основания, предотвращающая в первую очередь загрязнение грунтовых водотоков. Дополнительно полигон снабжается поверхностной изоляцией для полной герметизации и защиты биосферы от исходящей от него опасности. Изоляцию старых отвалов возможно осуществить с помощью проведения подсечного штрека [86]. Создаваемая изоляция состоит из минеральной изоляции толщиной 1,5 м или, соответственно, 0,75 м, пластиковой изоляции, защитного слоя для пластиковой изоляции, а также водоотводного слоя.

Наряду с наружной защитной дамбой (из грунта или строительного материала) предусматривается бурение по периметру колодцев-шурфов с заполнением их смесью из раствора цемента с землей. Состав определяется на основе предварительных исследований состава и физико-химических свойств грунта [117].

Отсутствие надежных устройств для соблюдения требований охраны окружающей среды превращают Уфимскую городскую свалку в опасный источник загрязнения грунтовых и поверхностных вод. Как показано в главах 4 и 5 происходит увеличение в грунтовых водах концентрации загрязнителей химического и биологического происхождения, а также значительное расширение и распространение их ареала, что в конечном итоге представляет прямую угрозу здоровью населения.

Для защиты поверхностных и подземных вод от влияния Уфимской городской свалки выполнен рабочий проект.

При разработке рабочего проекта использованы инженерно-геологические, гидрогеологические и топографические материалы изысканий, а

также конечные результаты математического моделирования по оценке эффективности работы защитных сооружений, предлагаемых проектом для данного объекта.

В качестве инженерных сооружений перехвата сточных вод рабочим проектом предусмотрено (рис. 48):

— комплекс сооружений открытой ливневой сети;
— комплекс сооружений горизонтального кольцевого дренажа;
— комплекс сооружений вертикальных водопонизительных скважин.

Предлагаемый комплекс сооружений «Открытая ливневая сеть» (рис. 49) включает в себя ряд инженерных сооружений, которые призваны обеспечить невозможность растекания поверхностных ливневых и талых вод за границы свалки, а также организацию сбора ливневых и талых вод непосредственно на территории свалки, их аккумуляцию и подачу (при необходимости в дозированных объемах и в определенные промежутки времени) на площадку очистных сооружений.

Реализация намечаемых этим комплексом сооружений максимально гарантирует:

— защиту территории свалки от поступления поверхностных ливневых и талых вод с прилегающих к ней территорий по северным границам;
— защиту прилегающих к свалке территорий по восточным, западным и южным границам от загрязнения ливневыми и талыми водами, которые стекают с территории свалки и могут попадать в существующие открытые водотоки этого района (руч. Фирсов, р. Шугуровка);
— значительное сокращение объемов ливневых и талых вод, которые выпадают и застаиваются на ее территории, инфильтруются в грунт и тем самым повышают уровень грунтовых вод непосредственно в пределах самой свалки.

Строительство комплекса сооружений во временном отношении выполняется в основном после завершения строительных работ по устройству противофильтрационного экрана, горизонтального трубчатого дренажа и основных насосных станций.

Дамба обвалования трассируется по пониженным местам рельефа и полностью исключает растекание поверхностных ливневых и талых вод за пределы свалки на прилегающие к ней территории. Дамба, устраиваемая у северных границ, исключает поступление ливневых и талых поверхностных вод на территорию собственно свалки. Общая протяженность дамбы обвалования 3,18 км.

Сечение дамбы и конструкция крепления гребня и откосов на всем протяжении одинакова. Высота дамбы принята в пределах 1,0 м ширина по гребню 3,0 м, заложение откосов 1:1,5. Откосы и гребень дамбы крепятся посевом трав по слою растительной земли.

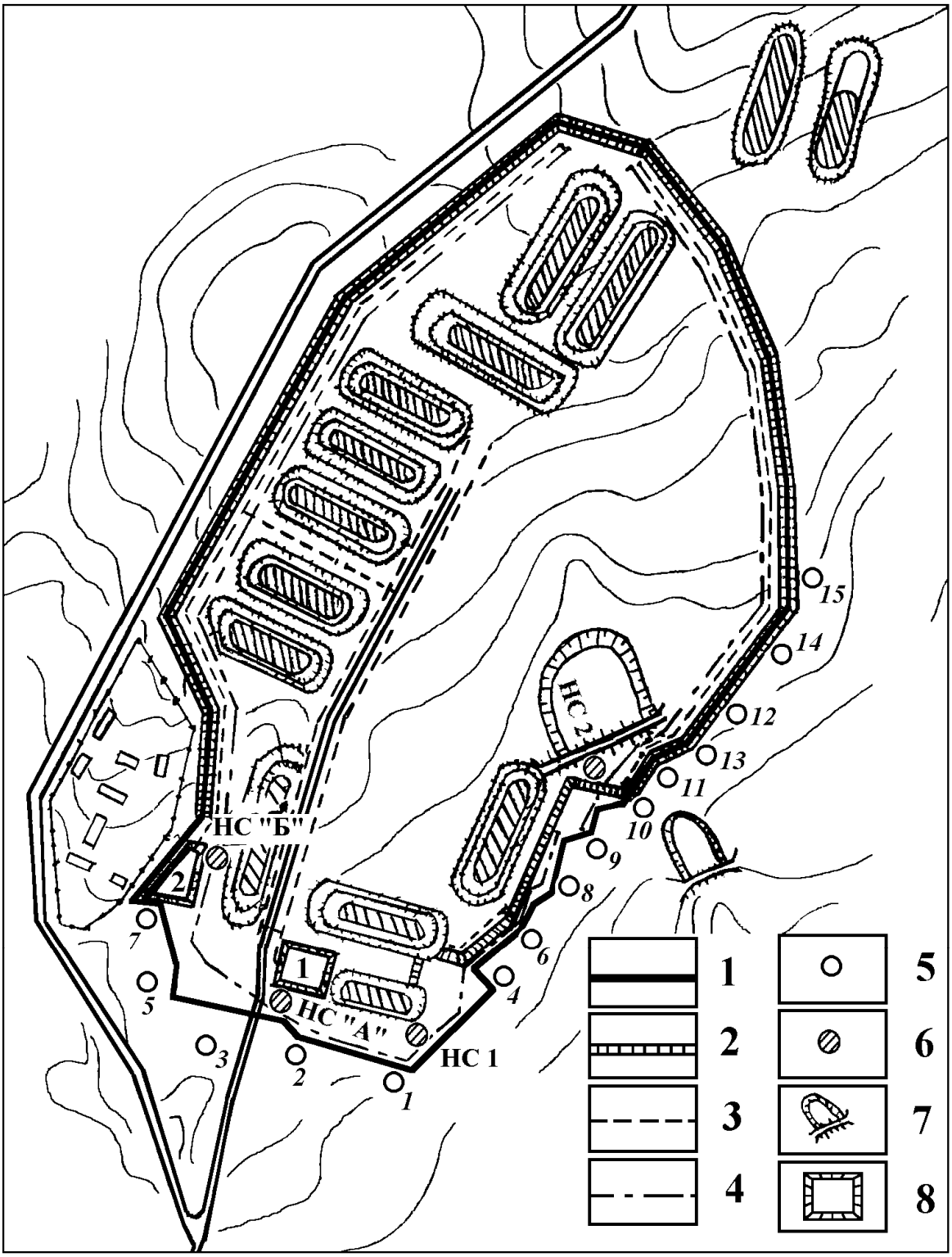


Рис. 48. Инженерные сооружения перехвата сточных вод

1 – противофильтрационный экран; 2 – дамба обвалования; 3 – открытая ливневая сеть; 4 – горизонтальный трубчатый дренаж; 5 – вертикальный дренаж; 6 – насосные станции; 7 – существующие пруды-накопители; 8 – проектируемые пруды-накопители

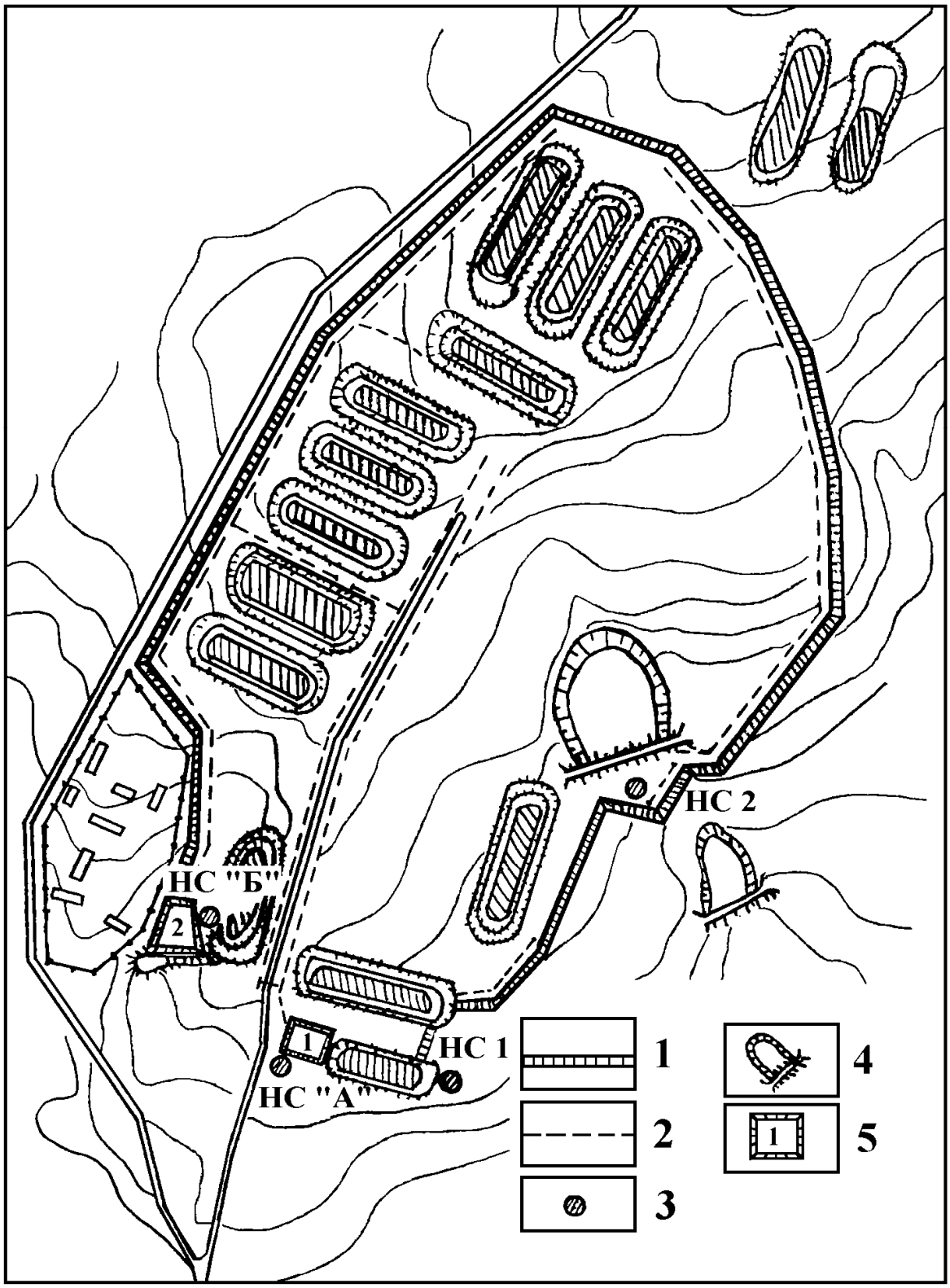


Рис. 49. Открытая ливневая сеть с дамбой обвалования

1 – дамба обвалования; 2 – открытая ливневая сеть; 3 – насосный станции; 4 – существующие пруды-накопители; 5 – проектируемые пруды-накопители

Трасса дамбы обвалования в основном совпадает с трассой противофильтрационного экрана. На локальных участках обвалования перекрывает отдельные «прораны» между существующими дамбами (у пруда, дамбы ограждения нефтеотстойников и т.д.). Типовое сечение дамбы обвалования приведено на рис. 50.

Для отсыпки дамб обвалования используется грунт от разработок по трассам открытой ливневой сети. Недостающие объемы грунта доставляются к месту укладки с площадок временного складирования, куда производилась вывозка излишних объемов грунта от разработок под противофильтрационный экран и горизонтальный трубчатый дренаж.

Ливневая сеть представлена группой открытых канав (рис. 51), которые так же трассируются по пониженным местам рельефа, собирают стекающие с территории ливневые и талые воды и транспортируют их (основную часть собираемого объема) в устраиваемые на территории пруды-накопители № 1 и № 2, а также существующий в центре свалки пруд.

Незначительная часть объемов ливневых вод по канавам поступает непосредственно в дренажные колодцы.

Для расчетов объемов ливневых вод, которые могут выпасть на рассматриваемой территории, принято дождь повторяемостью 1 раз в 10 лет, когда слой выпавших осадков составляет 70 мм.

Рассматриваемая настоящим проектом площадь свалки F = 101,5 га. Для площадей стока более 50 га, по нормативам, применяется понижающий коэффициент, учитывающий неравномерность выпадения дождя по площади (η = 0,98). Расчеты выполняем для территории площадью f = 1,0 га.

Объем выпавших за один дождь осадков на площади 1,0 га определяется формулой:

$$W = h \times \eta \times f, \text{ м}^3$$

где h = 0,07 м – расчетный слой осадков

η = 0,98 – коэффициент неравномерности выпадения осадков по площади

f = 1,0 га – расчетная площадь.

$$W = 0{,}07 \times 0{,}98 \times 1{,}0 \times 10000 = 686{,}0 \text{ м}^3/\text{га}$$

Объем стекающих с территории ливневых и талых вод зависит от покрытия и обустроенности территорий. Сообразуясь с планом М 1:5 000, по рельефу местности, всю рассматриваемую территорию общей площадью F = 101,5 га, можно условно разбить на 3 бассейна стока:

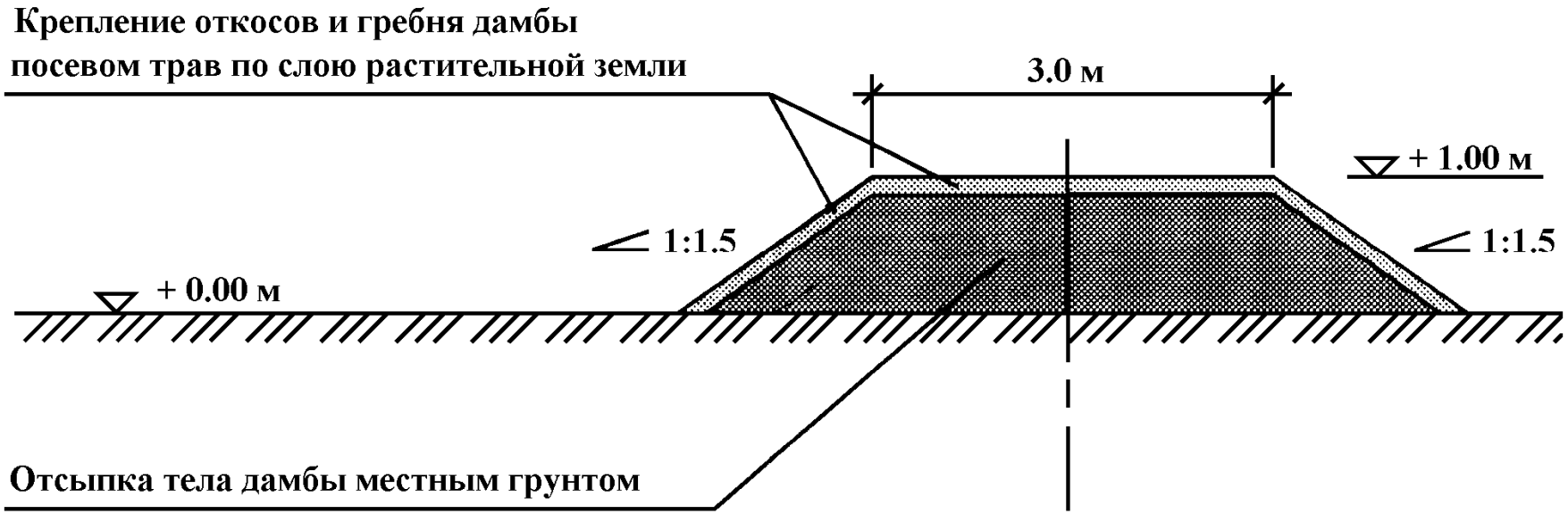


Рис. 50. Дамба обвалования. Конструктивное сечение. М 1 : 50

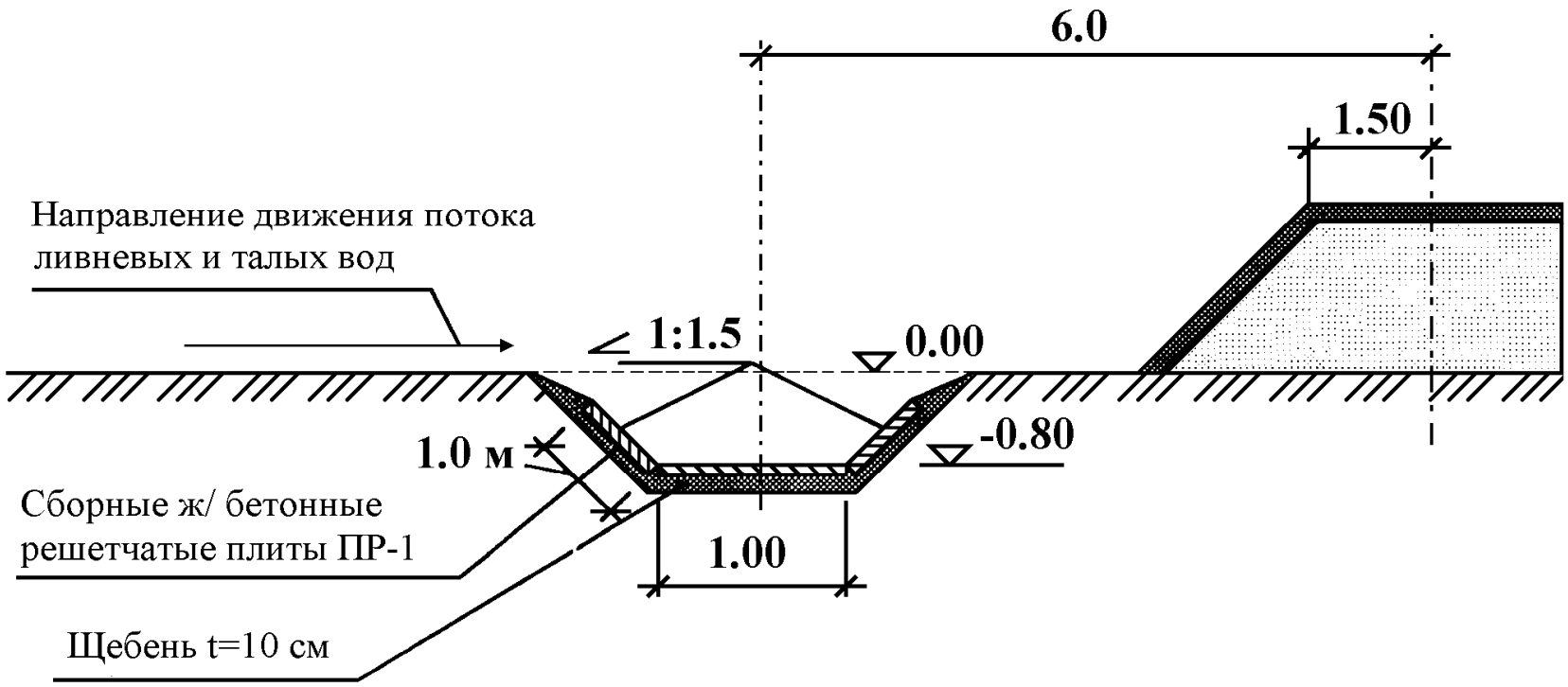


Рис. 51. Канавы открытой водосточной сети. Конструктивные сечения. М 1 : 50

— западный F_1 = 31,5 га;
— восточный F_2 = 40,6 га;
— центральный F_3 = 29,4 га

Значительная часть рассматриваемой территории свалки занята практически бессточными территориями – огражденные дамбами отстойники, существующий пруд и т.д. Такие территории, в процентном отношении, ориентировочно составляют: по западному бассейну 40 %, по восточному 25 % и по центральному 30 %.

Площадь, с которой фактически можно ожидать сток ливневых и талых вод составляет:
— по западному бассейну $F_{1\ расч.}$ = 18,9 га;
— по восточному бассейну $F_{2\ расч.}$ = 30,5 га;
— по центральному бассейну $F_{3\ расч.}$ = 20,6 га.

Покрытие рассматриваемых и дающих сток территорий в бассейнах так же несколько разнится между собой и может ориентировочно представлено:
— по западному и восточному бассейнам как поросшая травой луговина (z = 0,038);
— по центральному бассейну как поросшая луговина (ориентировочно на половине площади) и как пахота для отсыпаемой в настоящее время свалки (z = 0,02). Средняя величина коэффициента z = 0,029.

Расчетный объем стока за один дождь по каждому из бассейнов составит:
— по западному бассейну $W_{1\ расч.} = w \times F_{1\ расч} \times z$ = 686,0 × 18,9 × 0,038 = 492,7 м^3;
— по восточному бассейну $W_{2\ расч.}$ = 686,0 × 30,5 × 0,038 = 795,1 м^3;
— по центральному бассейну $W_{3\ расч.}$ = 686,0 × 20,6 × 0,029 = 409,9 м^3.

По западному бассейну весь сток поступает в пруд-накопитель № 2, по восточному – в существующий пруд в центральной части свалки и дренажный колодец (соответственно 739,6 м^3 и 55,5 м^3), по центральному – в пруд-накопитель № 1 и дренажный колодец (соответственно 373,6 м^3 и 36,3 м^3).

Сравнивая приведенные выше объемы ливневых вод, которые поступают в пруд-накопитель № 1 (полезный объем пруда $W_{пр}$ = 2992,0 м^3) и пруд-накопитель № 2 (полезный объем пруда $W_{пр}$ = 1092,0 м^3), видно, что пруды могут аккумулировать гораздо большие объемы.

В течение года, как это отмечено выше, в рассматриваемом районе может выпасть по максимуму 960 мм осадков (из которых 20-25 % приходятся на холодный период года и 65-80 % – на теплый).

Объем выпавших осадков за год на площади 1,0 га определяется формулой:

$$W_{год} = h \times \eta \times f, \text{ м}^3$$

где $h = 0{,}96$ м – расчетный слой осадков за год,

$\eta = 0{,}98$ – коэффициент неравномерности выпадения осадков по площади,

$f = 1{,}0$ га – расчетная площадь.

$$W = 0{,}96 \times 0{,}98 \times 1{,}0 \times 10000 = 9408{,}0 \text{ м}^3/\text{га}$$

Объем годового стока с территории бассейнов с учетом их покрытия и занятости бессточными участками:

— по западному бассейну $W_{1\ год.} = w \times F_{1\ расч} \times z = 9408{,}0 \times 18{,}9 \times 0{,}038 =$ 6,76 тыс. м^3;

— по восточному бассейну $W_{2\ год.} = 9408{,}0 \times 30{,}5 \times 0{,}038 = 10{,}91$ тыс. м^3; (в том числе от дождей 8,7 тыс. м^3 по максимуму);

— по центральному бассейну $W_{3год.} = 9408{,}0 \times 20{,}6 \times 0{,}029 = 5{,}62$ тыс. м^3; (в том числе от дождей 4,5 тыс. м^3 по максимуму).

По западному бассейну весь сток поступает в пруд-накопитель № 2, по восточному – в существующий пруд в центральной части свалки и дренажный колодец (соответственно 10,11 тыс. м^3 и 0,8 тыс. м^3), по центральному – в пруд-накопитель № 1 и дренажный колодец (соответственно 5,12 тыс. м^3 и 0,5 тыс. м^3).

Сравнивая приведенные выше объемы ливневых вод, которые поступают за год в пруд-накопитель № 1 (полезный объем пруда $W_{пр.}$ = 2992,0 м^3) и пруд-накопитель № 2 (полезный объем пруда $W_{пр.}$ = 1092,0 м^3), видно, что воду из прудов в течение теплого периода года надо периодически откачивать на площадку очистных сооружений.

Аккумулированная в прудах-накопителях №№ 1 и 2 вода может использоваться для технологических нужд свалки.

Забор воды на технологические нужды свалки производится передвижным насосом или спецавтотранспортом.

Подача воды на площадку очистных сооружений осуществляется посредством предусмотренных проектом насосных станций «А» и «Б», которые устраиваются в непосредственной близости от создаваемых прудов. Насосные станции подземные, выполнены в виде круглых канализационных колодцев.

Общая протяженность канав открытой ливневой сети 5,054 км. Уклон канав следует уклону рельефа местности, но не должен быть менее i = 0,003. Канавы имеют трапециидальное сечение с глубиной в пределах 1,0 м, шириной по дну 1,0 м и заложением откосов 1:1,5.

Сечение канав и конструкция крепления на всем протяжении одинакова. Откосы и дно канав крепится сборными железобетонными решетчатыми плитами типа ПР-1, с засыпкой «окон» в плитах щебнем. Берма между полотном существующей автодороги и бровкой откоса канав крепится отсыпкой щебня с уплотнением трамбовкой.

Предлагаемая в проекте конструкция крепления надежна в эксплуатации, проста в исполнении строительством и экономична.

Трасса подавляющей части канав проходит в непосредственной близости (6,0 м по осям) от дамбы обвалования или трассируются на расстоянии 3,0-3,5 м от правой и левой бровок основной подъездной автодороги, проходящей в границах свалки.

В настоящее время на территории свалки существует открытая сеть канав, которые, как правило, не имеют стока (канавы по правой и левой сторонам автодороги) или имеют выпуски на рельеф местности (часть канавы по левой стороне дороги с выпуском в ручей к заболоченному пруду у территории Баштранснефть, канава в восточной части территории свалки с выпуском в сторону руч. Фирсов). Существующие канавы не имеют крепления, их глубина в пределах 30-80 см, а ширина по верху от 2,0 до 5,0-7,0 м.

В процессе производства работ по устройству открытой ливневой сети все попадающие в зону работ существующие канавы и локальные понижения подлежат засыпке.

Для перепуска воды в местах пересечения канавами автодорог, а так же в местах сброса собранных канавами вод непосредственно в дренажную сеть проектом предусмотрено устройство перепускных труб.

Пруды-накопители служат для аккумуляции ливневых стоков, которые организованно (посредством сети открытых канав) собираются на рассматриваемой территории свалки. Проектом предусматривается устройство дополнительно двух прудов.

Пруд № 1 устраивается по правую сторону от въезда на свалку (на месте существующей заболоченной копани). Его плановые размеры по дну 30,0×40,0 м, отметка дна 146,00 м, расчетная отметка зеркала воды 148,00, расчетный объем аккумулируемой воды W = 2992,0 м^3.

В процессе производства работ по устройству пруда существующая заболоченная копань частично засыпается грунтом и углубляется до проектных отметок.

Пруд № 2 устраивается по левую сторону от въезда на свалку, у восточных границ территории Баштранснефть (на месте существующего заболоченного пруда в верховьях оврага). Плановые размеры проектируемого пруда-отстойника по дну: ширина от 5,0 до 15,0 м, длина 35,0 м, отметка дна 145,00 м, расчетная отметка зеркала воды 147,00, расчетный объем аккумулируемой воды W = 1092,0 м^3. В процессе производства работ существующий заболоченный пруд углубляется и расширяется до проектных отметок и плановых размеров.

Дно проектируемых прудов крепится монолитным бетоном t = 20 см по слою щебня t = 30 см и имеет уклон в пределах i = 0,003 к приямку. Откосы пруда имеют заложение 1:2, в подводной части и зоне возможных переменных уровней крепятся сборными железобетонными решетчатыми плитами ПР-1 с заполнением «окон» в плитах щебнем. В местах поворота откосов и в местах врезки канав крепление выполняется монолитным бетоном. «Сухая» часть откосов и прилегающая к откосам берма на ширину 1,5 м крепится втрамбованным щебнем. Расположение прудов-накопителей в плане показано на рис. 48.

Эксплуатация сооружений открытой ливневой сети должна осуществляться в соответствии с действующими нормативными документами, а именно:

— открытая сеть должна периодически (раз в год) осматриваться и при необходимости ремонтироваться;
— после наступления осеннего сухого периода необходимо проведение работ по подготовке сети и сооружений к приему и пропуску весенних талых вод (производится очистка канав, решеток и приямков от мусора, производится опорожнение прудов-накопителей и их очистка от осадка);
— на зимний период насосное оборудование должно быть отключено от питания, поднято на промежуточную плиту в насосной станции и законсервировано;
— перед наступлением теплого периода года все оборудование насосных должно быть подготовлено к работе и т.д.

Кольцевой дренаж включает в себя:

— противофильтрационный экран
— горизонтальный дренаж
— насосные станции.

Противофильтрационный экран выполняется методом «стенка в грунте» (при постоянной толщине стенки 0,6 м) и проходит всю толщу водовмещающих грунтов первого водоносного горизонта с «заходом» в водоупор на 0,5-1,0 м (рис. 52).

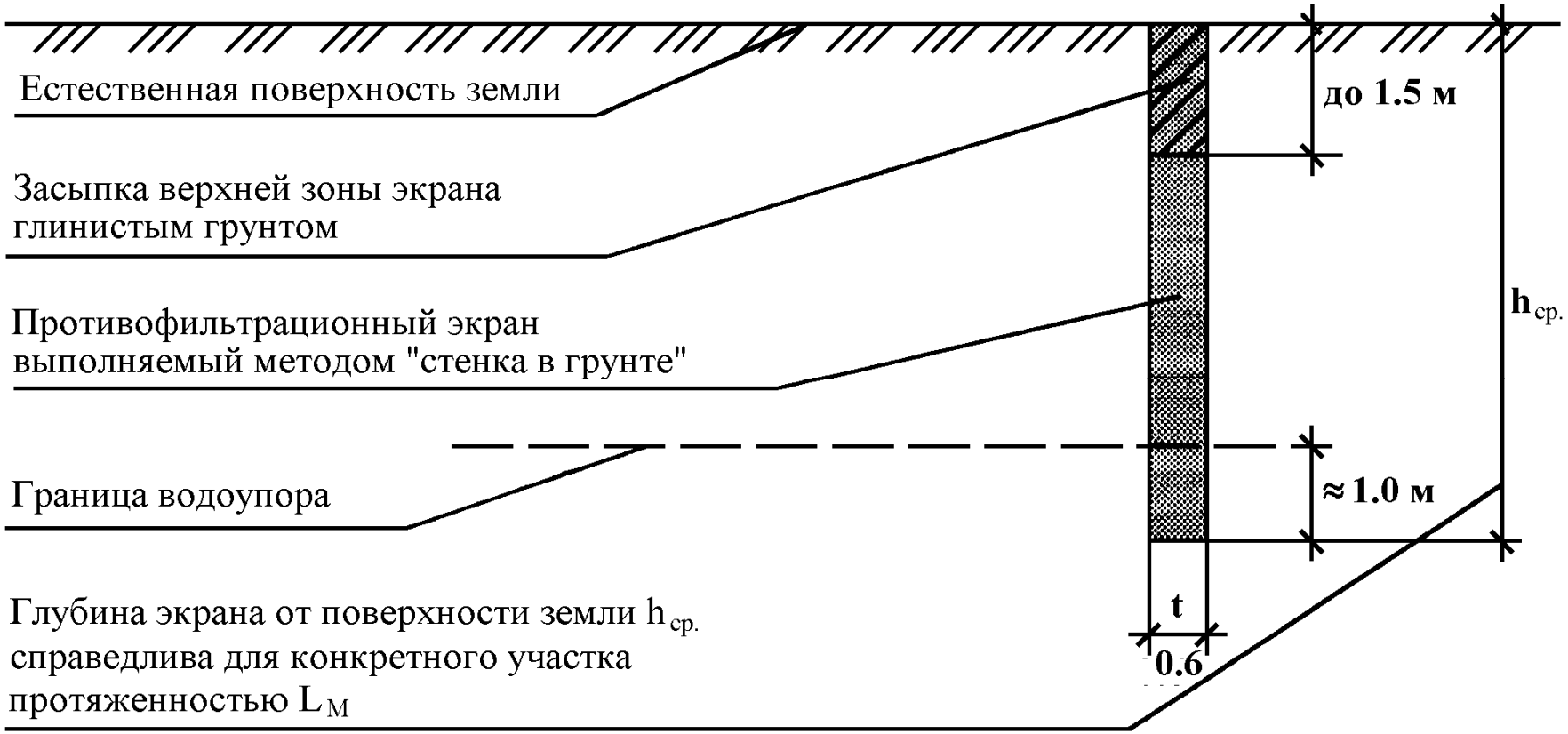


Рис. 52. Противофильтрационный экран. Типовое сечение

Противофильтрационный экран выполняется методом «стенка в грунте» охватывает кольцом всю рассматриваемую территорию городской свалки и предотвращает приток грунтовых вод первого водоносного горизонта и сезонных вод верховодки со стороны территорий у северных границ свалки, а также выход грунтовых вод первого водоносного горизонта и сезонных вод верховодки в местную эрозионную сеть (овраги и ручей Фирсов) и их переток в Уфимский ярус на склоне р. Шугуровка.

Горизонтальный кольцевой дренаж призван обеспечить перехват грязных грунтовых вод первого водоносного горизонта и грязных сезонно возникающих вод верховодки, исключить их разгрузку в местную эрозионную сеть (овраги, Фирсов ручей) и переток в Уфимский ярус на крутом склоне реки Шугуровка (рис. 53).

Для решения этой задачи горизонтальный трубчатый дренаж должен быть «совершенным» (лежать на водоупоре) и находиться за контурами источника загрязнения, т.е. за контурами свалки.

При заглублениях до 6-7 м горизонтальные трубчатые дренажи сравнительно просты в строительстве, экономичны в эксплуатации. Необходимость более глубокого заложения дренажа требует специальных инженерных решений, усложняет производство работ и резко увеличивает стоимость строительства.

В соответствии с данными изысканий фактическое положение водоупора по предполагаемой трассе горизонтального трубчатого дренажа колеблется от 8,0 до 12,0 м, а на отдельных участках составляет 4,0-6,0 м.

Горизонтальный трубчатый дренаж устраивается по периметру свалки, которая ограничена противофильтрационным экраном. Дренаж не совершенный, длиной 3,8 км, а его заглубление не превышает 6,0 м. Максимальный расход дренажных вод принят 1833,5 $м^3$/сут.

Назначение дренажа:

— частичное понижение уровня грунтовых вод на территории свалки;
— ограничение (за счет инфильтрации атмосферных осадков) повышения уровня грунтовых вод на территории свалки и их перелива за контур противофильтрационного экрана на прилегающие территории.

Насосные станции предназначены для перекачки дренажных вод, которые собираются горизонтальным трубчатым дренажем, на площадку очистных сооружений.

Предусматриваемая настоящим проектом группа вертикальных водопонизительных скважин («**Вертикальный дренаж**»), за счет формирования депрессионной воронки в уфимском ярусе (рис. 54):

— исключает транзит загрязненных вод уфимского яруса за рассматриваемые границы свалки;
— исключает переток вод в кунгурский ярус за счет снижения напора вод уфимского яруса.

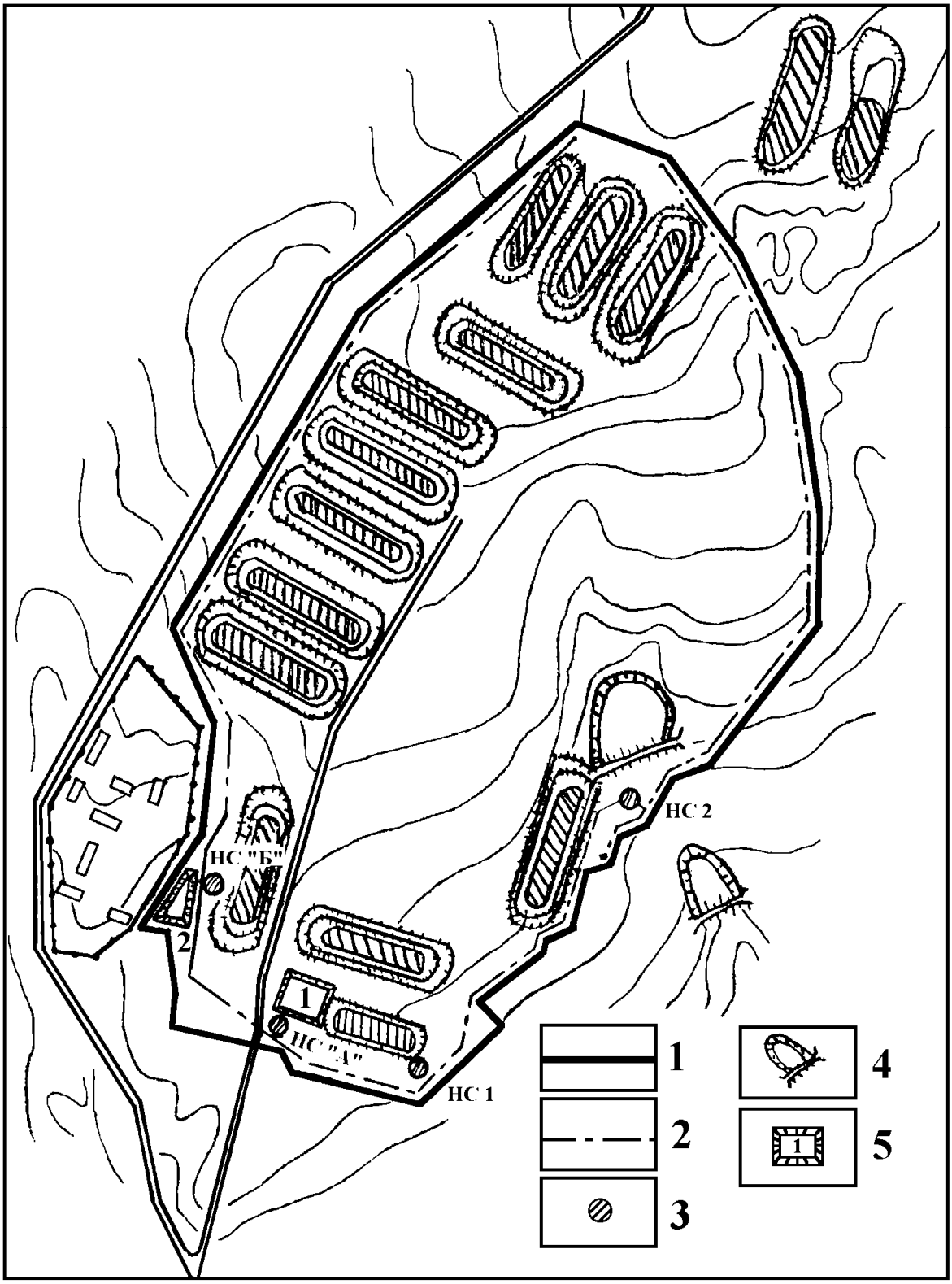


Рис. 53. Горизонтальный трубчатый дренаж и противофильтрационный экран

1 – противофильтрационный экран; 2 – горизонтальный трубчатый дренаж; 3 – насосные станции; 4 – существующие пруды-накопители; 5 – проектируемые пруды-накопители

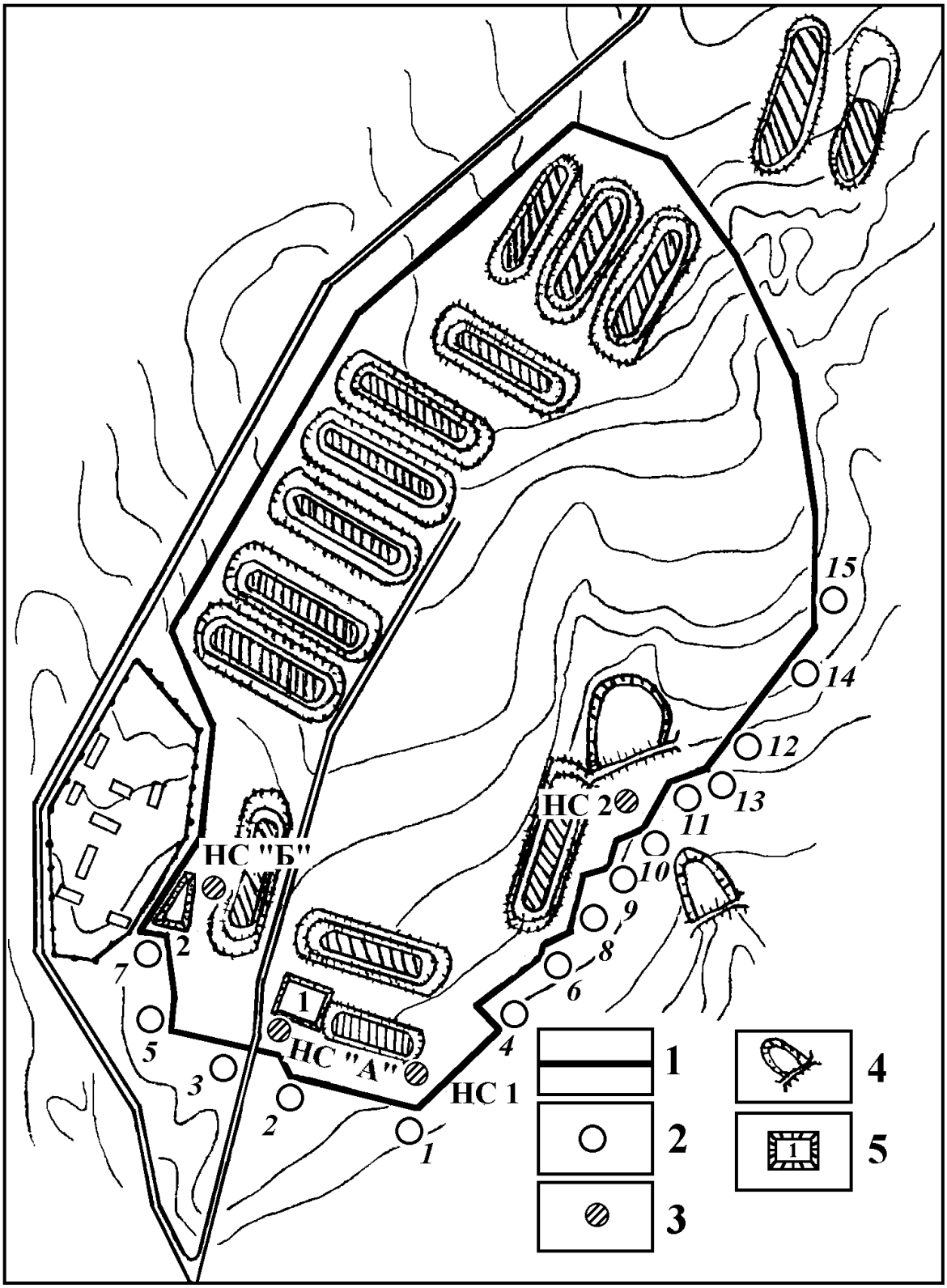


Рис. 54. Вертикальный дренаж и противофильтрационный экран

1 – противофильтрационный экран; 2 – вертикальный дренаж; 3 – насосные станции; 4 – существующие пруды-накопители; 5 – проектируемые пруды-накопители

Различные варианты полного комплекса защитных сооружений (горизонтальный и вертикальный дренаж) просчитаны на имитационной математической модели. В частности, рассматривалось два варианта размещения вертикальных скважин – кольцом по контуру свалки и полукольцом (с размещением у ее южной и юго-восточной части).

Наиболее эффективным (в части обеспечения поставленной задачи), наиболее дешевым в экономическом отношении признан вариант вертикального дренажа с «полукольцевым» размещением скважин.

К строительству рекомендуется 15 водопонизительных скважин, оборудованных насосами ЭЦВ6-4-90 (или, как возможный вариант, ЭЦВ6-4-130). Все скважины размещаются за границами одного из основных защитных сооружений – противофильтрационного экрана, в непосредственной близости от него, то есть в зоне, в которой воды первого водоносного горизонта практически отсутствуют и переток грунтовых вод из первого водоносного горизонта во второй по скважине будет исключен. Глубина водопонизительных скважин (по расчетной модели) колеблется от 46,8 до 68,1 м. Каждая скважина оборудуется подземной прямоугольной камерой. Сброс отбираемой скважинами воды предусмотрен в ближайшие к скважинам колодцы горизонтального трубчатого дренажа с дальнейшей подачей на очистку.

Расход дренажных вод с водопонизительных скважин принят равномерным равным 80 м^3/сутки с каждой скважины, всего 1200 м^3/сутки.

6.2.3. Разработка технологии очистки сточных вод

Разработанные на сегодняшний день методы обработки дренажных вод свалок можно классифицировать следующим образом [56]:

1. Биологические методы (аэробное и анаэробное разложение).
2. Химические методы (ультрафиолетовое облучение, озонирование, мокрое оксидирование).
3. Химико-физические методы (осаждение, коагуляция, адсорбция).
4. Метод мембранного разделения (обратный осмос).
5. Термические методы (осушение и испарение).

Биологические методы протекают при участии аэробных и анаэробных микроорганизмов с частичным или полным разложением органических вредных веществ. Однако неорганические вредные вещества при этом не обезвреживаются. Кроме того, микроорганизмы очень чувствительны к наличию токсичных соединений, вследствие чего надежность процесса существенно снижается [113].

Изучалась возможность применить анаэробное сбраживание в мезофильных условиях (температура 35°С) для очистки сильно загрязненного фильтрата со свалки, имеющего ХПК свыше 21650 мг/л и с пребыванием очищаемой жидкости в метантенке всего 1 сутки [109]. Фильтрат поступал в метантенк снизу. Средняя по высоте треть объема метантенка заполнена полиэтиленовым пенопластом и превращена в анаэробный биофильтр. Подача фильтрата в метантенк велась непрерывно все 24 часа в сутки. Перед началом опыта метантенк был заряжен из метантенка сбраживавшего осадки бытовых сточных вод и доведен до созревания, работая на фильтрате со свалки имевшем ХПК 7000 мг/л и больше. Установлено: сбраживая фильтрат с ХПК более 24 г/л и работая с нагрузкой по ХПК от 26 до 29 кг на кубометр объема в сутки метантенк обеспечивал снижение ХПК более чем на 88 % и выдавал 0,237 $м^3$ метана на кг разрушенной ХПК, причем биогаз содержал 74 % метана. При нагрузке по ХПК в 29 кг на кубометр объема в сутки количество пропионовой кислоты в метантенке стало возрастать, что свидетельствует о достижении предельной для данных условий нагрузки.

Предлагается технология для очистки щелочных вод свалок с применением мембранной фильтрации BIOMEMBRAT [91]. Сточная вода направляется в специальный реактор, где под давлением органические ингредиенты воды окисляются микробиологически. Отделение бактериальной смеси от очищенной жидкости происходит на установке мембранной ультрафильтрации, биомасса возвращается в биореактор. Этим способом достигается полное сохранение биомассы в системе, что обеспечивает концентрацию биомассы ровно в 5 раз выше, чем в аэротенках, уменьшается объем реактора. Процесс по методу BIOMEMBRAT может быть аэробным и анаэробным.

Биометод H+E «SERVO-Bioclean», использующийся для обработки дренажных вод полигонов и промышленных стоков, содержащих наряду с органическими составляющими (ХПК) также азот в форме аммония или нитрата, использует способность микроорганизмов разрушать эти субстанции при высоких концентрациях. Обогащение биомассы осуществляется путем концентрирования бактерий разделением мембранной фильтрацией в поперечном потоке. Биопроцесс за счет подбора концентрации биомассы настраивается на режим, в котором, с одной стороны, при относительно небольшом времени удержания (то есть при относительно высоком объемном насыщении) происходит значительное разрушение органических и азотсодержащих составляющих сточной воды, а с другой стороны – из-за относительно небольшого насыщения ила (большой возраст ила) образуется мало новой биомассы. Это дает высокую производительность разрушения (для БПК, ХПК, аммония, нитрита и нитрата) при одно-

временном минимальном производстве избыточного ила. Реакции биологического разрушения осуществляются одновременно в двух работающих с наложенной производительностью реакторах денитрификации и нитрификации. В обеих ступенях находится суспензия биокатализаторов (активный ил, биомасса), которая катализирует разрушение различных составляющих веществ [79].

Для обработки стоков со свалок бытовых отходов используются установки с вращающимися дисковыми биофильтрами [44]. Считается, что самым нежелательным загрязнителем фильтрата со свалок является аммиак. В [103] сообщается о возможности снизить содержание аммиака обработкой фильтрата в анаэробном фильтре – метантенке, затем в биодисках при температуре около 20°С. Периодически применялась рециркуляция жидкости, прошедшей биодиски обратно в метантенк. Установлено, что БПК фильтрата снижалась в среднем на 92 %, максимально на 96 %. ХПК снижалось соответственно на 49 и 59 %. Удаление азота происходит в основном на биодисках, т.е. за счет нитрификации/денитрификации и отдувки в атмосферу. Оно составляло 54 % от исходного в биодисках и достигало 66 % для всей системы очистки. Констатируется, что удаление металлов из фильтрата описанной обработкой недостаточно, полнее всего удаляется марганец (59 %), затем железо (31 %).

В Швейцарии находят широкое применение системы очистки сточных вод с использованием растений [97], например, для очистки бытовых и уличных сточных вод, инфильтрационных вод свалок и речных вод, а также при компостировании очистных шламов. В настоящее время в районе Боденского озера на одной из свалок бытового мусора действует опытная установка такого типа. В ней используются болотные растения, способные усваивать и концентрировать такие загрязняющие вещества, как тяжелые металлы, фенолы, фосфаты, пестициды, нефтепродукты.

Для очистки дренажных вод недавно действующих свалок (5-8 лет) используются метантенки [113].

В штате Огайо, США, образующийся на площади свалки фильтрат собирают в колодце и на специальных автомобилях направляют на станцию биологической очистки сточных вод сталелитейного завода в г. Цинциннати. Схема совместной биологической очистки сточных вод и фильтрата включает смесительный бак, отстойники и вращающийся биологический контактер диаметром 3,6 м. Добавление азота в фильтрат существенно увеличивает эффективность очистки фильтрата от бензола, толуола, фенола, дихлорэтана, ацетона, кетонов и сульфидов [112].

Химические способы оксидирования органических вредных веществ (мокрое оксидирование, ультрафиолетовое облучение и озонирование) также не дают разложения неорганических веществ. Инвестиционные

и эксплуатационные расходы при этом довольно высоки [56]. При использовании химико-физических методов возникает необходимость в дополнительных веществах (при коагуляции, осаждении или адсорбции). Это приводит к повышению массы образующихся осадков, хотя в ряде случаев химическая и физико-химическая очистка сточных вод свалок находит применение.

При совместном размещении на свалках твердых бытовых и промышленных отходов в фильтрат поступает большое количество тяжелых металлов, в том числе Hg и Pb, загрязняющих почву, поверхностные и подземные воды. Проведенные исследования [101] показали, что сульфиды и сульфаты Hg и Pb легко выделяются из фильтрата осаждением.

Дренажные воды старых свалок [108] в окрестностях Афин, Греция, являются стабилизированными и к ним не применима биологическая обработка, они могут очищаться лишь при помощи физико-химических методов. Осаждение органических соединений из образцов дренажных сточных вод достигается при их лабораторной обработке известью в сочетании с сульфатом 2-х валентного железа и полиэлектролитом, давая уменьшение ХПК на 31 %. Однако реагентный способ не обеспечивает требуемого качества воды до безопасного уровня и необходимо дополнить технологии обработки таких сточных вод установками доочистки.

Для старых свалок, в которых органические вещества в значительной мере переработаны, биологическая очистка заведомо недостаточна. В [108] сообщается, что применение извести с оптимальной дозой в 2500 мг/л при pH=10 с добавлением железного коагулянта (соль закиси) в дозе 100 мг/л дало наилучшие результаты, снижение ХПК на 39 %. Коагуляция глиноземом в дозе 1500 мг/л с добавлением специально подобранного полиэлектролита в дозе 2 мг/л обеспечивало в лучшем случае снижение ХПК на 30 %. Установлено, что очистка только коагулянтом в данном случае тоже недостаточна. Отмечено, что для фильтрата каждой конкретной свалки оптимальные реагенты и их дозы необходимо подбирать опытом.

Предлагается система обработки сточных вод с полигона для захоронения муниципальных отходов, состоящая из 2-х ступенчатого коагулятора-осадителя и песчаного фильтра. Система высокоэффективна: содержание взвешенных веществ – 16,3 мг/л по сравнению с лучшими традиционными системами с 30 мг/л, концентрация Pb < 0,1 мг/л (у традиционных систем 1 мг/л), Cd – 0,01 мг/л (против 0,1), Zn – 0,7 мг/л (против 5), Cu – 0,6 (против 3), общий Cr < 0,1 мг/л (против 2), Hg < 0,0006 мг/л (против 0,005) [45].

Метод мембранного разделения может обеспечить полную очистку сточных вод. К преимуществу этого метода можно отнести отсутствие химических изменений продуктов, а также коррозионных и абразивных повреждений. В процессе не выделяется отработанный вредный газ, нет конденсационных систем, отпадает необходимость в охлаждающей воде, и все вредные вещества (в том числе вещества с низкой точкой кипения) осаждаются. Недостатки этого метода – малая максимально возможная концентрация и необходимость обмена модулей обратного осмоса для регенерации [56].

Для очистки сточных вод «Шенберг» (Германия) используется модульная установка обратного осмоса фирмы ROCHEM производительностью 12 $м^3$/час, площадью фильтрования 1150 $м^2$, двухступенчатая установка S = 100 $м^2$ этой же фирмы установлена на свалке опасных отходов «Райндорф». Показатели исходной и очищенной воды, мг/л: сульфаты 22093 и 4,8, хлориды 6364 и 14,0, аммиак 1955 и 42,0, нитраты 455 и 18,0, ХПК 912 и 15, никель 2,78 и 0,1, хром 2,18 и 0,1, медь 0,97 и 0,1, ванадий 290 и 2,2 [81]. Исходная вода предварительно фильтруется для удаления механических примесей.

Термические методы (испарение и осушение) приводят к максимальной концентрации дренажных вод, причем образующийся конечный продукт пригоден к сливу. Система «вихревой слой – принудительная циркуляция – испаритель» может доводить концентрацию до 90-95 %. Из-за высоких эксплуатационных расходов и возникающих проблем коррозии и вентиляции в таких процессах не рекомендуется сжигание дренажных вод [56].

Способ [69] предусматривает сбор фильтрационнных вод, образующихся на свалках отходов, и отвод их в специальные отстойные бассейны, в которых они находятся не менее 2-х недель, в течение которых происходит частичное испарение фильтрационных вод и осаждение находящихся в них опасных веществ. Остатки фильтрационных вод сливаются в концентрационный бассейн, а оттуда перекачиваются в специальное выпаривающее устройство, которое располагается над поверхностью свалки. Цикл повторяется до полного выпаривания фильтрационных вод и складирования твердых фракций на свалке.

Подводя итог всему выше сказанному, можно сделать вывод, что обработка дренажных вод одним из вышеперечисленных методов не является удовлетворительной с экономической точки зрения. Поэтому на практике необходимо комбинировать различные этапы этих методов друг с другом.

Разработана технологическая схема очистки сточных вод полигонов ТБО, включающая модифицированную коагуляцию и флокуляцию, высокоэнергетическое воздействие на фильтрат с целью предварительного разрушения стабильных органических и металлорганических соединений

и окончательную биоочистку для удаления соединений азота и фосфора. Качество фильтрата после очистки соответствует требованиям для водоемов рыбохозяйственного назначения [80].

В работе [77] оценена эффективность очистки фильтрата по двум вариантам технологических схем очистки.

Комбинированная биолого-химическая технология очистки с двумя последовательно расположенными ступенями биореакторов (аэробно-термофильный и аэробно-мезофильный), которые работают в аэробных условиях при различных температурных параметрах процесса на каждой ступени. После биологической обработки очищаемая жидкость подвергается реагентному осветлению. В качестве коагулянта применяется раствор сульфата алюминия. Применение такой технологии позволяет значительно снизить уровень органических загрязнений, удалить аммонийные соединения, фосфаты, снизить общую минерализацию, улучшить органолептические показатели стока по окраске, уменьшить содержание ряда специфических соединений (свинца, железа, меди). В то же время отмечается периодическое ухудшение качества очищаемого фильтрата на отдельных этапах биологической очистки (по содержанию железа, меди и азота нитратов), резкое увеличение содержания сульфатов после второй ступени реагентной обработки. По большинству показателей очистка фильтрата комбинированной биолого-химической обработки с применением 2-х реакторов биологической очистки и 2-х ступеней реагентного осветления позволяет сбросить очищаемый сток в городскую канализацию. Однако по ряду показателей перед сбросом требуется применение дополнительной очистки или разведения.

Технологическая схема физико-химической технологии очистки с разбавлением исходного фильтрата в соотношении 1:3, (при высоких концентрациях загрязнений процесс коагуляции не идет) включает сооружения двухступенчатого реагентного осветления сточной жидкости сульфатом алюминия. Между первой и второй ступенями очистки располагаются аэрируемые медленные фильтры. Применение этого варианта дает более низкую степень обезвреживания фильтрата, чем комбинированная биолого-физико-химическая очистка, и не позволяет достичь снижения уровня основных загрязнений до требований, предъявляемых к приему на городские очистные сооружения.

В работе [104] показано, что очистка вод свалок для сброса в водоем может быть успешной только при использовании комбинации методов, среди которых выделяется две группы.

Аэробная биоочистка с последующей физико-химической обработкой. В биологическом процессе происходит деструкция органики и окис-

ление соединений азота. Доочистка производится с применением процессов флокуляции, адсорбции и обратного осмоса.

Очистка с использованием обратного осмоса в одну или две ступени с последующим уменьшением объема концентрата выпариванием.

На мусорном полигоне Дамсдорф в конце 1992 года вступила в эксплуатацию новая четырехступенчатая самая современная установка в ФРГ для очистки дренажных вод [87]. Для надежного обеспечения требований по качеству к сливаемой воде применена установка двухступенчатого обратного осмоса. Чтобы противостоять ожидаемой повышенной органической нагрузке во время первой фазы эксплуатации мусорного полигона и, кроме того, для возможно большего снятия азотной нагрузки с дренажной воды, перед обратным осмосом введена предварительная биологическая очистка, состоящая из нитрифицирующей и денитрифицирующей частей. Предусмотрено добавление метанола во вторую ступень. В Дамсдорфе биология организована не в виде традиционных метантенков с осветительными бассейнами для отделения шлама, а применена для отделения штаммов мембранная установка ультрафильтрации. Она надежно предотвращает унос бактерий и обеспечивает заметно большую эксплуатационную надежность. Бассейны устраиваются не из бетона, а из эмалированной стали, что позволяет разместить их на поверхности с возможностью контроля. Концентрат обратного осмоса подвергается выпариванию в теплообменнике с кипящим слоем и сушке по способу грануляции в кипящем слое.

Авторами [94] сообщается о проведенном биотестировании стоков 27 действующих полигонов. На 10 из них стоки подвергались очистке следующими методами:

— биология – двухступенчатый обратный осмос;
— биология – реагентная обработка-адсорбция;
— отдувка-выпаривание;
— биология – УФ-облучение;
— одноступенчатый обратный осмос;
— каталитическое окисление.

127 проб нативных и 41 проба очищенных стоков параллельно проанализированы по следующим показателям: ХПК, общий органический углерод, адсорбируемые органические соединения, нитраты, аммонийный азот. В 80 % случаев дренажные стоки квалифицированы как опасные, требующие предварительного обезвреживания в соответствии с достигнутым уровнем техники. В 50 % случаев указанные технологии очистки обеспечивали нормативную степень очистки. Наибольший эффект был достигнут при использовании первых двух технологий.

Фильтрат, стекающий со свалок, отличается большой загрязненностью и очень плохо поддается очистке. С целью уменьшения его объема принято нагнетать его обратно в тело свалки, что в США ранее запрещалось, а теперь поощряется. Подобная рециркуляция должна уменьшить количество фильтрата, а повышенная влажность в теле свалки, которая по сути дела является биологическим реактором, должна ускорить распад органического вещества и стабилизацию содержимого свалки. Двухлетние наблюдения за способом ввода рециркулирующего фильтрата в свалку показали: достаточно применять распределительные траншеи, в данном случае сечением 0,9×0,9 м, заполненные крупным, порядка 50 мм, щебнем, открытые на длину 6 м в теле свалки непосредственно под слоем глины, перекрывающей собранные отходы [92]. Можно применять поглощающие колодцы, в данном случае диаметром 1,2 м, с глубиной до дна свалки, тоже заполненные щебнем и открытые в теле свалки. Колодцы обходятся дешевле. В обоих случаях закачиваемый фильтрат движется в теле свалки потоками по создавшимся каналам по направлениям, обладающим меньшим гидравлическим сопротивлением. По результатам измерений влажность массы отходов нигде не достигала 50 %, а в среднем была около 30 %. Закачиваемая жидкость хорошо поглощается и расход ее может быть велик, закачивалось до 8 л/сек в один колодец. Утверждается, что нет надобности орошать всю свалку, достаточно закачивать фильтрат только в один отсек, который будет действовать как биологический реактор.

Биологическая очистка, как аэробная, так и анаэробная, фильтрата не способна довести ХПК до требуемых менее 200 мг/л при содержании азота аммонийного не более 10 мг/л. Последующая доочистка биологически очищенного фильтрата коагуляцией, флотацией и т.п. тоже не позволяет достигнуть указанных цифр. В фильтрате остаются рефракторные органические вещества, образовавшиеся в результате биологической очистки и не поддающиеся биологическому разрушению, состав которых часто и сильно меняется в зависимости от местных условий [92].

Фильтрат с двух свалок после биологической очистки с последующей флотацией или коагуляцией с отстаиванием подвергался электролизу. ХПК очищенного фильтрата с 2593-1059 мг/л перед электролизом снижался на 85-92 %, а содержание азота аммонийного с 960-806 мг/л снижался до нуля. При электролизе большое и положительное значение имеет образование хлора и гипохлоритов, при чем количество хлорированных органических веществ, имевшихся в фильтрате, после электролиза сильно снижалось, а отношение ХПК:БПК росло от менее 0,05 до 0,71. Расход электроэнергии делает электролиз более дорогим, чем активированный уголь, но электролиз удобнее и не требует удаления отработанного угля [92].

В 1994 г. во Фрейнденберг-Остбюрене (Германия) принята в эксплуатацию современная установка для очистки дренажных стоков полигона твердых бытовых отходов [99]. Установка состоит из напорного закрытого аэробного реактора с ультрафильтрационным (УФ) разделением иловой смеси и сорбционной доочисткой пермеата. Блокирование биологического реактора с УФ-ступенью позволяет многократно повысить концентрацию иловой смеси в биологической ступени, что за счет снижения удельной нагрузки на биомассу по загрязнениям обеспечивает полную минерализацию последних до углекислого газа, воды и элементарного азота. Пермеат после УФ-ступени, свободный от взвешенных частиц, без затруднений доочищается на активированном угле сорбционной ступени до нормативных требований на сброс в систему канализации, а в перспективе и в природные водоемы. Степень очистки стоков по органическим загрязнениям и аммонийному азоту значительно превышает 90 % при минимальном объеме образования избыточного ила.

Для доочистки биологически очищенного фильтрата со свалки используется озонирование с последующей обработкой ультрафиолетовым облучением [102]. В состав установки входят: озонатор, смеситель-реактор для перемешивания сточной воды с озоном, устройства для получения ультрафиолетового излучения, циркуляционные насосы и дозаторы для озона и обрабатываемой воды. ХПК с 651-832 понижался до менее 180 мг/л, содержание органических галогенированных веществ с 860-1960 снижался до менее 430 мг/л. Доочистка признана достаточно эффективной.

Показатели сточных вод, обработанных по двум методам: биологическая очистка с последующей очисткой воды активированным углем и химическое окисление; обратный осмос с выпариванием и сушкой и с предварительной биологической обработкой, – идентичны показателям установок очистки коммунальных сточных вод [106].

Вода, фильтрующаяся со свалок, после биологической очистки сохраняет высокое ХПК и недопустимое количество опасных хлорорганических соединений, обозначаемых в ФРГ как «соединения АОХ». Для удаления «соединений АОХ» обратный осмос или окисление озоном совместно с ультрафиолетовым облучением. Доочистка эффективна, но дорога. Голландская фирма EPS (ECO Purification System) утверждает, что озонирование в присутствии предлагаемого фирмой порошкообразного катализатора просто, дешево и надежно снижает ХПК до 100 мг/л и менее. Снижение ХПК и АОХ тем больше, чем продолжительнее контакт сточной воды с озоном и катализатором. Увеличивать дозу бесполезно сверх нормы для данной сточной воды. Очистка сводится к тому, что очищаемая вода фильтруется снизу вверх через фильтр, заполненный катализатором. Нужное количество озона, удобно и легко получаемое из технического кислорода, вводится в фильтр тоже снизу. Непрореагировавший избыток

озона на выходе из фильтра разрушается каким-либо из общепринятых способов.

В ФРГ применяются установки обратного осмоса, очищающие воду, фильтрующуюся со свалок [105]. Установки обычно двухступенчатые: концентрат первой ступени подлежит удалению, пермеат первой ступени доочищается на второй ступени и уходит как безукоризненно очищенная вода, а получаемый на второй ступени концентрат добавляется к пермеату первой ступени. Практически не удается снизить количество концентрата ниже 10-20 % от количества поступающей на очистку воды и повысить сухой остаток в концентрате выше 5 % весовых. Удаление концентрата возможно разными путями, например, закачивают обратно в свалку. В ФРГ действует 8 таких установок. За 4 года эксплуатации заметного ухудшения состава эксфильтрующейся со свалки воды не обнаружено, но вероятность такого ухудшения исключить нельзя. На других четырех действующих в ФРГ установках концентрат составляет около 20 % от объема обработанной воды, с первой же ступени осмоса забирают на испарение. Получается 18 % дистиллята и 2 % маточного рассола, который еще можно перекачивать. Дистиллят очищается от азота и возвращается на вторую ступень обратного осмоса, маточный же рассол высушивается. Сухой остаток, составляющий около 1 % от объема сточной воды, направляется на свалку. Способ испарения конденсата выбирается по экономическим соображениям, учитывая, что конденсат богат органическими веществами и склонен к вспениванию. Обычно это сушка во взвешенном слое и сушка в аппаратах для тонкостенной сушки.

Краткий обзор работ по очистке сточных вод (поверхностных и дренажных) полигонов ТБО показывает, что необходимой степени очистки можно достигнуть лишь применением комбинированных методов очистки.

На Уфимской городской свалке состав сточной воды, подаваемой на очистные сооружения, будет зависеть от времени года и погодных условий. В зимнее время на очистку будут поступать дренажные воды, собранные по системе «горизонтального кольцевого» и «вертикального полукольцевого» дренажа. Весной основной поток будет состоять из поверхностных талых вод, летом и осенью – как из поверхностных дождевых, так и дренажных вод. Соотношение потоков будет резко меняться в зависимости от погодных условий, соответственно будет меняться и содержание загрязнений в сточной воде, поступающей на очистку. Необходимо отметить также низкую температуру сточных вод. Таким образом, технологическая схема очистных сооружений должна предусматривать возможные изменения, как по объему, так и по составу сточных вод. Возможные концентрации сточных вод представлены в табл. 39.

Как было сказано выше, объемы и составы сточных вод, подаваемых на очистные сооружения, будут резко меняться в зависимости от

времени года и погодных условий, поэтому в схеме очистных сооружений необходимо заранее предусмотреть возможные колебания расходов и свойств сточных вод.

На основе разработок лаборатории сточных вод ИППЭиП для очистки сточных вод Уфимской городской свалки предлагается две технологические схемы очистки:

1. Биохимическая очистка сточных вод, включающая двухступенчатую анаэробно-аэробную очистку, коагуляцией, озонированием и фильтрованием на минеральных и угольных фильтрах [38].
2. Физико-химическая очистка сточных вод, включающая гальвонокоагуляцию, коагуляцию сульфатом или полихлоридом алюминия, озонирование, биофильтрацию и фильтрование на минеральных и угольных фильтрах.

Схема биохимической очистки приведена на рисунке 55.

Из емкости усреднителя сточная вода насосом подается в двухступенчатые анаэробные и аэробные биофильтры с закрепленной биофлорой, где происходит окисление органических соединений, аммонийного азота и частичное восстановление сульфатов. Затем сточная вода поступает в контактную камеру озонатора, где происходит разрушение трудноокисляемой органики. Для удаления тяжелых металлов и фосфатов сточная вода обрабатывается коагулянтом (сульфат железа, полихлорид алюминия). После отстаивания и отделения взвешенных веществ и остаточной органики, сточная вода проходит двухступенчатое фильтрование на минеральных и угольных фильтрах. Показатели очистки по ступеням приведены в табл. 41. При необходимости сброса сточных вод на очистные сооружения других предприятий схема может быть сокращена.

Схема биохимической очистки отрабатывалась из-за неустойчивости состава сточных вод на свалке на модельных растворах (табл. 41).

Одним из сложных узлов схемы является окисление аммонийного азота, органических соединений, а также удаление сульфатов. Использование трехступенчатой биологии: биофильтр–аэротенк–биофильтр, позволяет проводить процесс нитрификации–денитрификации в достаточном объеме при возврате сточной воды и ила с отстойника аэротенка в биофильтр первой ступени. При этом соотношение объема исходной воды и объема возврата необходимо поддерживать 1:1,5.

Схема физико-химической очистки приведена на рис. 56. Сточная вода из усреднителя после смешения раствором серной кислоты (pH<3) поступает в гальванокоагулятор, после нейтрализации известью сточная вода отстаивается, отстоянная вода подвергается коагуляции и отстаиванию, затем обрабатывается озоном в контактной камере. Озоновоздушная смесь поступает в биофильтры, где происходит доокисление органических соединений. После отстаивания сточная вода доочищается на минеральных и угольных фильтрах. Показатели очистки по ступеням приведены в табл. 42.

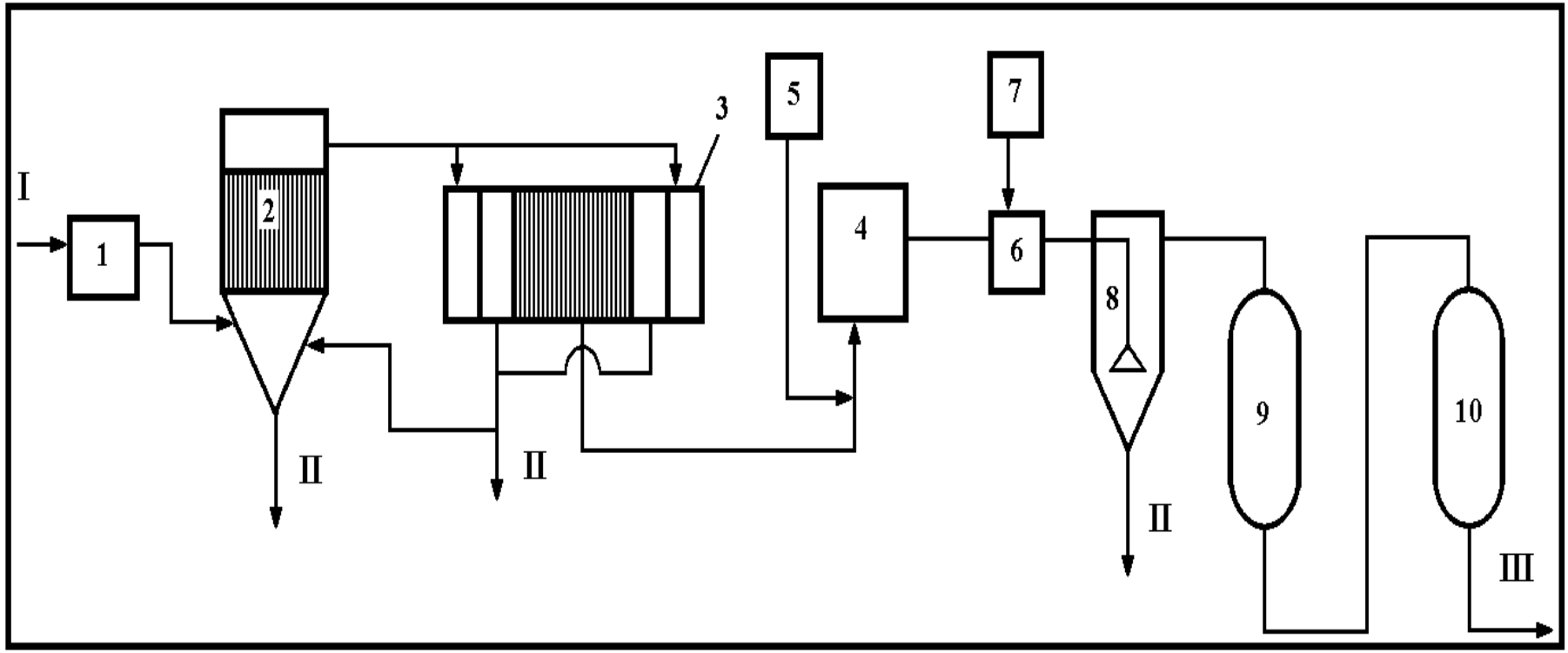


Рис. 55. Схема биохимической очистки сточных вод

I – исходная сточная вода; II – осадок сточных вод; III – очищенная сточная вода
1 – усреднитель; 2 – анаэробный биофильтр; 3 – аэробный биофильтр; 4 – контактная камера; 5 – озонатор; 6 – камера смешения; 7 – узел приготовления коагулянта; 8 – отстойник; 9 – минеральный фильтр; 10 – угольный фильтр

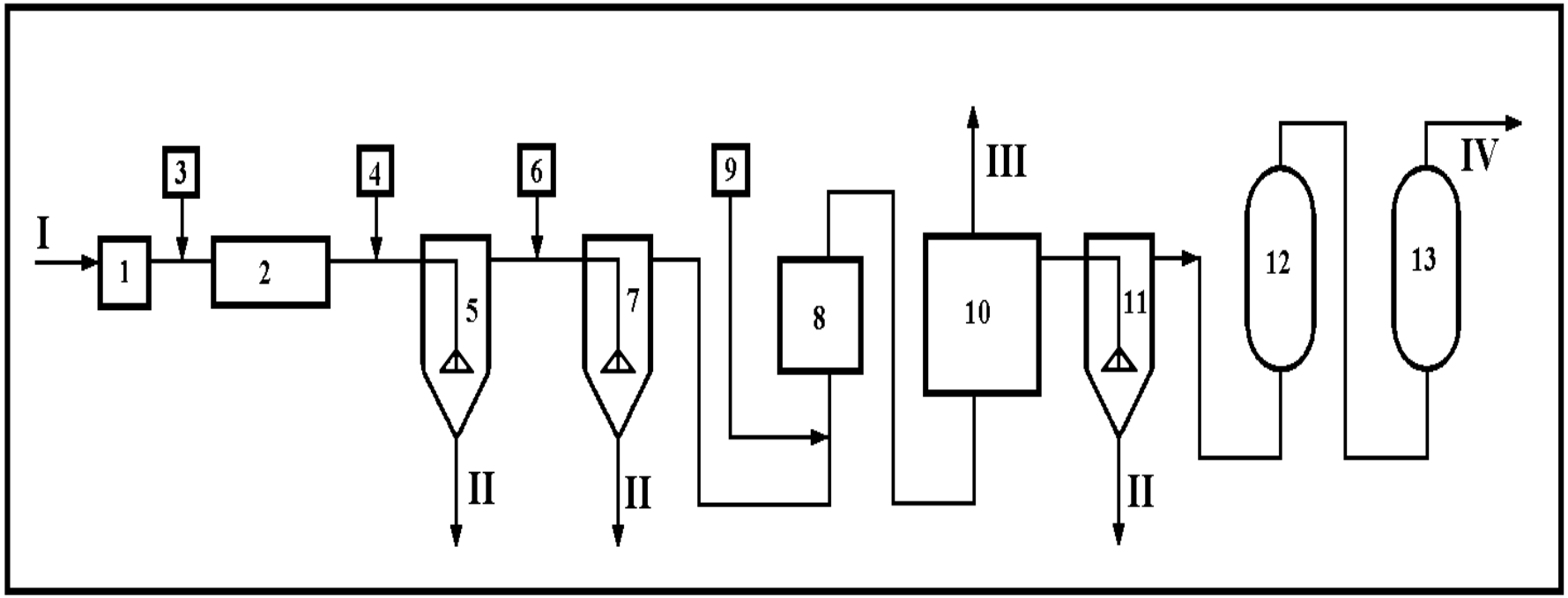


Рис. 56. Схема физико-химической очистки сточных вод

I – исходная сточная вода; II – осадок сточных вод; III – газы; IV – очищенная сточная вода
1 – усреднитель; 2 – гальванокоагулятор; 3 – узел подачи H_2SO_4; 4 – узел подачи раствора $Ca(OH)_2$; 5 – отстойник; 6 – узел подачи коагулянта; 7 – отстойник; 8 – контактная камера; 9 – озонатор; 10 – биофильтр; 11 – отстойник; 12 – механический фильтр; 13 – угольный фильтр

Таблица 41

Показатели биохимической очистки сточных вод Уфимской городской свалки по ступеням

Показатели	Исходная вода	Качество сточных вод по ступеням очистки				
		анаэробный биофильтр	аэробно-анаэ-робный биотенк	после коагуля-ции,отстаивания	минеральные фильтры	угольные фильтры
ХПК, мгО/л	1360,0	500,0	200,0	60,0	40,0	15,0
БПК, мгО/л	810,0	210,0	60,0	20,0	10,0	3,0
Взвешенные вещества, мг/л	160,0	75,0	60,0	15,0	8,0	5,0
Азот аммонийный, мг/л	384,0	170,0	9,0	1,1	1,1	0,4
Нитриты, мг/л	2,61	3,0	6,0	0,1	0,09	0,08
Нитраты, мг/л	2,97	60,0	100,0	88,0	88,0	80,0
Фосфаты, мг/л	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	
Цинк, мг/л	0,6	0,5	0,3	0,09	0,02	0,01
Медь, мг/л	0,126	0,09	0,05	0,02	0,009	0,001
Железо, мг/л	14,0	3,0	2,0	0,5	0,09	
Никель, мг/л	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01
Кадмий, мг/л	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002
Свинец, мг/л	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01
Фенолы, мг/л	2,1	0,8	0,3	0,05	0,05	0,002
Сульфиды, мг/л	0,5	0,4	0,2	0,05	0,005	0,0005
Сульфаты, мг/л	170,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0
Хлориды, мг/л	2150,0	2150,0	2150,0	2150,0	2150,0	2150,0
Марганец, мг/л	1,06	0,9	0,3	0,07	0,05	0,01
Нефтепродукты, мг/л	6,0	4,0	1,2	0,3	0,2	0,05

Таблица 42

Показатели физико-химической очистки сточных вод Уфимской городской свалки по ступеням

Показатели	Исходная вода	Качество сточных вод по ступеням очистки				
		после гальва-нокоагуляции	после коагуля-ции	после био-фильтров	после минераль-ных фильтров	после уголь-ных фильтров
ХПК, мгО/л	1360,0	900,0	300,0	100,0	69,0	20,0
БПК, мгО/л	810,0	450,0	60,0	20,0	17,0	3,0
Взвешенные в-ва, мг/л	160,0	50,0	55,0	20,0	8,0	5,0
Азот аммонийный, мг/л	384,0	241,0	203,0	2,0	1,0	0,4
Нитриты, мг/л	2,61	3,0	3,3	0,2	0,1	0,08
Нитраты, мг/л	2,97	291,0	312,0	672,0	660,0	660,0
Фосфаты, мг/л	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01
Цинк, мг/л	0,6	0,1	0,05	0,03	0,02	0,01
Медь, мг/л	0,126	0,07	0,03	0,005	0,005	0,001
Железо, мг/л	14,0	3,0	0,9	0,1	0,05	0,01
Никель, мг/л	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01
Кадмий, мг/л	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,001
Свинец, мг/л	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
Фенолы, мг/л	2,1	0,5	0,2	0,01	0,01	0,003
Сульфиды, мг/л	0,5	0,07	0,009	0,003	0,003	0,0005
Сульфаты, мг/л	170,0	210,0	240,0 (170,0)	240,0	240,0	240,0
Хлориды, мг/л	2150,0	2070,0	2000,0 (2200,0)	2000,0	2000,0	2000,0
Марганец, мг/л	1,06	0,2	0,1	0,05	0,03	0,01
Нефтепродукты, мг/л	6,0	2,0	0,3	0,05	0,05	0,02

При необходимости сброса на очистные сооружения других предприятий схема может быть существенно сокращена.

Необходимо отметить, что обе разработанные схемы не достигают требуемых норм для водоемов рыбохозяйственного значения по концентрации сульфатов, хлоридов и общей минерализации, хотя по схеме биохимической очистки происходит резкое (50 %) снижение концентрации сульфатов. Поэтому эта схема является хотя и более сложной, но более предпочтительной.

6.2.4. Сбор и утилизация биогаза

Объекты захоронения твердых бытовых отходов являются одними из наиболее значимых источников CH_4 и CO_2. По данным разных авторов вклад объектов захоронения городских отходов составляет от 2 до 12,7 % от общей эмиссии метана в атмосферу [51, 107].

В свалочных отложениях спонтанно формируется анаэробное микробное сообщество, осуществляющее деградацию органического вещества с образованием биогаза. Активное газообразование начинается после закрытия объекта, или его части, через несколько лет, которые требуются для формирования сбалансированного процесса метаногенеза. Процесс остается особенно интенсивным на протяжении 20-30 лет, затем постепенно затухает по мере исчерпания подверженного биодеградации органического вещества.

Известные из литературы оценки метаногенерации из отходов колеблются от $0{,}34\times10^{-3}$ до 68×10^{-3} м^3 на кг сухой массы отходов, в то время как на основе теоретических расчетов эта величина должна составлять 0,13 м^3 на кг сухой массы отходов в сутки [17, 19, 51].

В анализах проб вытяжек газа на территории Уфимской городской свалки также присутствуют различные органические вещества (табл. 43).

Наиболее эффективным методом уменьшения эмиссии с существующих полигонов ТБО является откачка и использование биогаза. В ряде развитых стран производится промышленная добыча свалочного биогаза. В начале 1990-х годов в мире работало более 150 таких установок, в том числе в США – 80. В России существует единственная опытная установка по откачке биогаза с полигона захоронения ТБО Кучино в Подмосковье.

Добыча газа на старых закрытых полигонах целесообразна только при очень больших запасах отходов и в случае острого нарушения экологической обстановки. Опыт показывает, что наиболее рациональным явля-

ется строительство газоотводящей системы на вновь организуемых полигонах.

В условиях Уфимской городской свалки строительство сооружений по сбору и утилизации биогаза в настоящее время не представляется возможным по нескольким причинам. Промышленные и твердые бытовые отходы складываются на разной территории, состав образующихся газов неизвестен, крутые склоны массива свалки не позволяют направить в нужном направлении образующиеся газы, высота слоя отходов очень неравномерна – со стороны ручья Фирсов овраг почти 50 м, со стороны ручья Стеклянка около 1 метра. В этих условиях реальным методом уменьшение газовой эмиссии со старых свалок является активация или создание газоокислительного микробного барьера на поверхностном слое путем насыпки рыхлого грунта, посадки травянистой или кустарниковой растительности с мощной корневой системой или введение в этот слой препарата газоокисляющих бактерий.

Таблица 43

Результаты анализов проб воздуха, отобранных с городской свалки

Место отбора	Определяемый компонент			
	Фенол, мг/м^3	Углеводороды (CH_4), мг/м^3	Аммиак, мг/м^3	Сероводород, мг/м^3
Скважина № 3 (глубина 2 м)	0,0009	5,14	< 5	< 5
Погреб, 30 м от скв. № 3 (глубина 1,5 м)	0,0008	5,07	< 5	< 5
Скважина № 43 (глубина 1 м)	0,0013	156,72	< 5	< 5
Скважина № 47 (глубина 0,7 м)	0,0011	5,40	< 5	< 5

6.3. Мероприятия по благоустройству Уфимской городской свалки

К городской свалке в санитарно-защитной зоне с юго-запада и северо-запада примыкают садовые участки жителей г.Уфы. Планомерных исследований по изучению влияния свалки на качество овощей и фруктов, получаемых на этих участках, не проводилось, хотя известно о накоплении и концентрировании в продуктах питания диоксинов и других токсикантов из атмосферы, грунтовых вод и почвы [55]. По этой причине садовые участки из санитарно-защитной зоны свалки срочно должны быть вынесены.

Для ограничения доступа людей и животных на территорию свалки она должна быть обязательно ограждена, организована охрана свалки.

Все машины, выезжающие с территории свалки, должны проходить через автомойку и санитарную обработку.

Для работников свалки необходимо построить хозяйственно-бытовой корпус с обеспечением водой питьевого качества, хозяйственно-бытовых и производственных потребностей.

Необходимо обезвредить органические отходы неопределенного состава из битумных ям, освободить и рекультивировать эту территорию для последующего строительства завода по переработке ТБО.

Для предовращения пожаров и загрязнения атомосферного воздуха выделяющимися из массива свалки газами требуется организовать сбор и утилизацию образующегося биогаза с неэксплуатируемых «старых» участков и произвести рекультивацию отвалов путем засыпки рыхлыми грунтами для создания газоокислительного микробного барьера.

Необходимо разработать проект и осуществить обустройство санитарно-защитной зоны свалки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ПРОБЛЕМА ОХРАНЫ ВОДОЗАБОРОВ г. УФЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Для урбанизированных территорий характерны загрязнители поликомпонентного состава. Происходит химическое, тепловое, бактериальное загрязнение поверхностных и подземных вод. Воды формирующих техногенных горизонтов характеризуются сложным химическим составом. Источники, пути, условия и формы поступления техногенных соединений в геологическую среду сложны и многообразны [48, 71]. Сложны также процессы трансформации, концентрации элементов в породах и техногенных осадках. Химический состав подземных вод является интегральным относительно природных условий и техногенных преобразований.

При утилизации стоков промышленных и хозяйственных отходов на полигонах наиболее сложной и дискуссионной является проблема надежности захоронения и возможности миграции растворов, содержащих высокотоксичные соединения в водоносных горизонтах, заключающих пресные питьевые и минеральные лечебные воды. Сложным является также установление путей миграции и идентификации источников загрязнения.

Продолжительность нахождения загрязняющих ингредиентов в геологической среде определяется скоростью распада органических и минеральных веществ, временем жизнедеятельности микроорганизмов. Вследствие этого при ликвидации источника загрязнения срок существования загрязняющих компонентов для одних измеряется от менее года до 1-3 лет, а для других – достигает десятков и даже сотен лет [1].

В отличие от органических загрязняющих веществ, подверженных в той или иной степени деструкции, тяжелые металлы не способны к подобным превращениям. Они могут лишь перераспределиться между отдельными компонентами природных экосистем (водой, породой и пр.). Поэтому их необходимо рассматривать как вещества, постоянно присутствующие в экосистемах. Биологическая активность и химическая реакционная способность в природных водах и геологической среде тяжелых металлов определяется в значительной степени их состоянием – всей совокупностью сосуществующих физических и химических их форм (ионным потенциалом химических элементов, величиной pH и Eh, адсорбционными свойствами отложений и пр.). Наибольшей активностью обладают

металлоорганические соединения, способные проникать через клеточную мембрану.

Как уже отмечалось, р. Шугуровка является основным накопителем сточных вод химических, нефтехимических и других предприятий северной части города, а также загрязненных поверхностных и подземных вод, поступающих с территории Уфимской городской свалки. Качество воды р. Шугуровка в значительной степени определяет качество воды «южного» водозабора г. Уфы расположенного в 25 км ниже ее впадения в р. Уфа. Минерализация воды р. Шугуровка колеблется в течение года от 0,63 до 1,1 г/л. Состав воды в устьевой части сульфатно-хлоридный, сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатный, магниево-кальциевый. Тип воды преимущественно IIIа [5]. Содержание органических веществ и различных металлов превышает ПДК их для открытых источников. В период чрезвычайного происшествия, которое имело место на «южном» водозаборе весной 1990 г., когда содержание фенолов в водопроводной воде составляло десятки и сотни ПДК, в воде р. Шугуровка концентрация фенола достигла 26,3 г/л (26 300 ПДК [2, 27]). По данным [83] содержание диоксинов в р. Шугуровка и водопроводной воде в южной части г. Уфы превышали ПДК также во много раз. Подобные чрезвычайные происшествия в меньших или больших масштабах в бассейне р. Шугуровка происходят уже десятки лет. Они не исключаются и в последующие годы. С целью своевременного перехвата и защиты «южного» водозабора от попадания загрязненных вод высокотоксичными компонентами при чрезвычайных происшествиях рекомендуется гидротехническое сооружение на р. Шугуровка в створе с. Лопатино в 2 км ниже Тимашевского моста (рис. 57). Общая длина р. Шугуровка 15 км, водосборная площадь 95 км^2, среднемноголетний расход 0,54 м^3/с (максимальный в устье – 43, а минимальный 0,22 м^3/с).

Гидрологические характеристики р. Шугуровка в створе с. Лопатино приведены в табл. 44.

Намечается земляная плотина с уположенным верховым откосом высотой 6 м с плоским двухригельным затвором, обеспечивающем быстрое перекрытие р. Шугуровки в случае аварийных выбросов (рис. 57). В остальное время затвор открытый, пропускающий весь сток реки. При максимальном расходе весеннего половодья 5 %-ой обеспеченности пруд с расчетным напором 5,5 м (объем пруда 370 тыс. м^3, площадь зеркала 14,5 га; табл. 45) заполняется за 4 часа. Накопленная вода с помощью насосной станции отводится на очистные сооружения или перебрасывается в р. Белая через Уфимский полуостров ниже водозаборов.

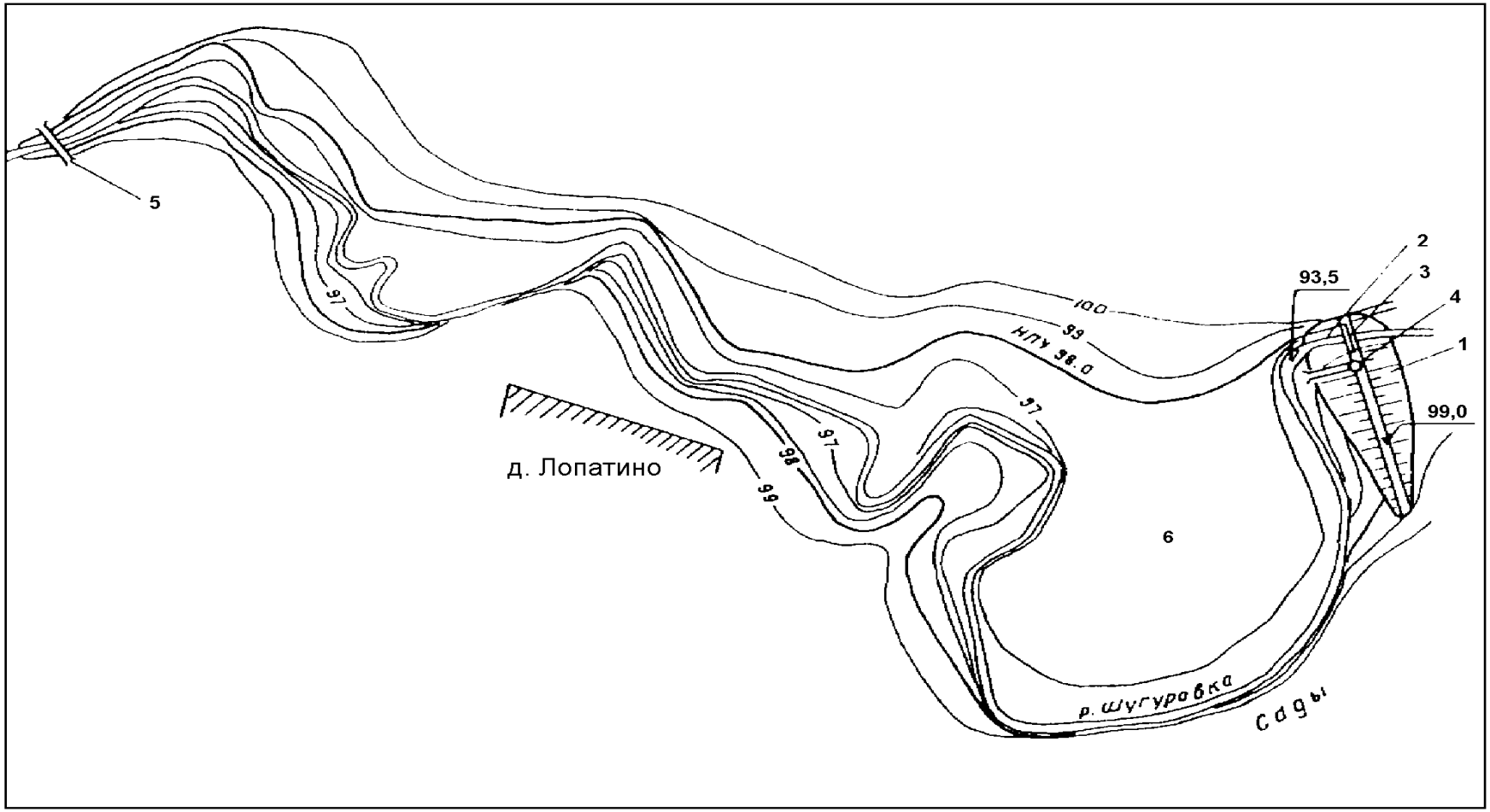


Рис. 57. Проектируемое гидротехническое сооружение на р. Шугуровка

1 – тело плотины; 2 – водосбросной канал; 3 – двухригельный затвор; 4 – насосная станция; 5 – Тимашевский мост; 6 – чаша пруда

Таблица 44

Гидрологическая характеристика р. Шугуровка

Параметры	Единица измерения	Значения
Максимальный мгновенный расход весеннего половодья обеспеченности Р=1 %	$м^3/с$	37,087
Максимальный мгновенный расход весеннего половодья обеспеченности Р=5 %	$м^3/с$	27,746
Расчетный слой максимального весеннего половодья обеспеченности Р=1 %	мм	239,33
Расчетный слой максимального весеннего половодья обеспеченности Р=5 %	мм	192,52
Максимальный мгновенный расход дождевого паводка обеспеченности Р=1 %	$м^3/с$	37,21
Максимальный мгновенный расход дождевого паводка обеспеченности Р=5 %	$м^3/с$	24,66
Расчетный слой максимального дождевого паводка обеспеченности Р=1 %	мм	136,67
Расчетный слой максимального дождевого паводка обеспеченности Р=5 %	мм	119,22

Плотину рекомендуется возводить из грунтовых материалов с крепленным верховым откосом. Ширина по гребню 6 м, заложения откосов: верхового 1:3, низового 1:2,5. Сооружения IV класса капитальности. Водосброс рекомендуется открытый берегового типа с плоскими затворами шириной 4 м.

С проблемой охраны от загрязнения поверхностных вод р. Уфы неразрывно связано качество и количество ресурсов аллювиального водоносного горизонта долины, который каптирован несколькими водозаборами инфильтрационного типа (северный и южный водозаборы г. Уфы и другие) для обеспечения крупного централизованного водоснабжения. Высокая производительность таких водозаборов объясняется, с одной стороны, хорошими фильтрационными свойствами аллювия и значительными эксплуатационными запасами подземных вод, а с другой – наличием тесной гидравлической связи аллювиального горизонта с рекой Уфа, которые служат надежным источником восполнения запасов подземных вод. Количество речных вод, поступающих в скважины инфильтрационного водозабора, в зависимости от проницаемости аллювиальных отложений, кольматации русла и прочих факторов колеблется в широких пределах и

может достигать 70-80 % от общей производительности водозабора этого типа.

Таблица 45

Характеристика намечаемого пруда на р. Шугуровка

Уровни воды, H_i, м	Площадь водной поверхности, тыс. м^2	Объем, тыс. м^3		
	F_i*	$(F_i + F_{i+1}) / 2$	ΔW_i	W_i
0	0	0	0	0
1	21,0	10,5	34,5	10,5
2	47,7	34,4	34,4	44,9
3	73,0	60,4	60,4	105,2
4	99,8	86,4	86,4	191,6
5	139,0	119,4	119,4	311,0
5,5	145,0	142,0	256,8	370,0

Примечание к табл. 45:

H_i – уровень воды i-го слоя;

F_i *и* F_{i+1} – площади водной поверхности, соответствующие уровням воды H_i и H_{i+1};

W_i – объем воды в водохранилище, соответствующей отметке H_i;

ΔW_i – объем слоя воды H_i и H_{i+1} определяется:

В ходе миграции к водозабору за счет различных физико-химических процессов происходит улучшение качества речной воды: освобождение от механических примесей и патогенных бактерий, снижение содержания некоторых компонентов, главным образом органического происхождения. Особую роль при оценке качества воды фильтрационных водозаборов играют диоксины, фенолы, нефтепродукты, тяжелые металлы и др., которые относятся к токсичным и супертоксичным веществам.

Система мер защиты «южного» водозабора от загрязнений включает разработку многоступенчатой схемы, включающей создание очистных сооружений на предприятиях, на ливневой канализации города и на самом «южном» водозаборе, перехват поверхностных и дренажных вод с территории городской свалки, химических, нефтехимических и промышленных предприятий, защитные сооружения на р. Шугуровка, а также организация автоматических наблюдательных постов с экспресс-анализом нефтепродуктов, фенолов и других компонентов на р. Шугуровка ниже УГП «Химпром».

В заключение необходимо отметить, что принятая в качестве модели загрязнения окружающей природной среды Уфимская городская свалка является типичным для свалок ТБО и полигонов промышленных отходов других крупных городов, промышленных центров Башкирии и России. Поэтому полученные в результате исследований решения по утилизации отходов могут быть использованы при проектировании полигонов промышленных и твердых бытовых отходов и в других регионах.

ЛИТЕРАТУРА

1. ***Абдрахманов Р. Ф.*** Техногенез в подземной гидросфере Предуралья / УНЦ РАН. Уфа, 1993. 208 с.

2. ***Абдрахманов Р. Ф.*** Особенности формирования химического состава воды Павловского водохранилища // Гидрохимические материалы. 1994. Т. 111. С. 139-150.

3. ***Абдрахманов Р. Ф.*** Геохимия экотоксикантов в подземных водах урбанизированных территорий // Геохимия. 1997. № 6. С. 630-636.

4. ***Абдрахманов Р. Ф.*** Подземные воды Республики Башкортостан // Проблемы региональной геологии, металлогении и гидрогеологии Республики Башкортостан / УНЦ РАН. Уфа, 1997. С. 59-70.

5. ***Абдрахманов Р. Ф., Мартин В. И.*** Гидрогеоэкология г. Уфы / УНЦ РАН. Уфа, 1992. 44 с.

6. ***Абдрахманов Р. Ф., Кудряшева Ж. Н., Попов В. Г.*** Применение математических методов при исследовании процессов смешения нефтепромысловых рассолов и речных вод // Водные ресурсы, 1995. Т. 22. № 1. С. 23-27.

7. ***Абдрахманов Р. Ф., Зайнуллин Х. Н., Минигазимов Н. С.*** Моделирование гидрогеологических процессов // Проблемы экологического мониторинга / ИППЭиП. Уфа, 1995. С. 283-289.

8. ***Абдрахманов Р. Ф., Зайнуллин Х. Н., Минигазимов Н. С.*** Экотоксиканты в подземных водах северной части г. Уфы и проблемы охраны питьевых водоисточников от загрязнения // Эколого-гигиенические проблемы Уральского региона / УфНИИ мед. труда и экологии человека. Уфа, 1995. С. 180-184.

9. ***Абдрахманов Р. Ф., Зайнуллин Х. Н., Минигазимов Н. С.*** Диоксины и другие экотоксиканты в подземных водах на территории г. Уфы // Диоксины: экологические проблемы и методы анализа / ИППЭиП. Уфа, 1995. С. 146-151.

10. ***Абдрахманов Р. Ф., Зайнуллин Х. Н., Минигазимов Н. С.*** Диоксины в подземных водах // Проблемы региональной геологии, нефтеносности, металлогении и гидрогеологии Республики Башкортостан. Уфа, 1997. С. 222-223.

11. ***Авхименко М. М.*** Свалки ТБО: Эколого-гигиенические проблемы: Обзорная информация / ВИНИТИ «Научные и технические аспекты ООС». М., 1995. № 5. С. 51-60.

12. ***Алекин О. А.*** Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. 444 с.

13. ***Баскаков А. П., Мацнев В. В., Раскопов И. В.*** Котлы и топки с кипящим слоем. М.: Энергоатомиздат, 1996. 352 с.

14. ***Беньямовский Д. Н., Левин Б. И.*** Термическая переработка твердых бытовых отходов и экономия топливных ресурсов в крупных городах. М.: МГЦНТИ, 1982. 22 с.

15. ***Билькенрот К. Д., Кальданацци О., Юрген Х., Хайльман М.*** Защита мусорных полигонов с помощью озокерита и полимерных силикатов // Метроном. 1992. № 2. С. 65-66.

16. ***Бочаров В. Л., Селезнева В. Н., Косинова И. И.*** Очистительные возможности песчано-глинистых пород для техногенных вод металлургического производства // Минералого-геохимические аспекты охраны окружающей среды. СПб.: ВМО, 1990. С. 48-50.

17. ***Брукнер Ф., Буль Ю.*** Ситуационное санирование загрязнений летучими хлорированными углеводородами путем отсасывания почвенного воздуха // Метроном. 1992. № 1. С. 77-78.

18. ***Вейвер К., Коад Р., Макинтош К.*** Противофильтрационная завеса в борьбе с опасными отходами // Строительство в США. 1992. № 7. С. 27-29.

19. ***Горянков Ю. А., Калаев Х. Г., Лапидус А. А.*** Строительство крупных объектов с освоением городских территорий, занятых свалками // Известия академии промышленной экологии. М. 1997. № 1. С. 18-19.

20. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской федерации в 1995 году» // газ. «Зеленый мир». М. № 24, 26, 27, 28, 29. 1995.

21. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Башкортостан. Уфа: МЧС и экобезопасности, 1997. 229 с.

22. ***Грибанова Л. П., Вовк Л. А.*** Влияние полигонов ТБО на природную среду // ЖиКХ, 1989. № 1. С. 33-34.

23. ***Даниэл Д., Корнер Р.*** Облицовка хранилищ отходов: от поверхности до дна // Строительство в США. 1992. № 3. С. 19-21.

24. Диоксины в окружающей среде. Научный доклад по загрязнениям № 27. Лондон: Ее Величества правительственное издательство, 1990. 130 с.

25. Диоксины: экологические проблемы и методы анализа / ИППЭиП. Уфа, 1995. 360 с.

26. ***Долгарев А. В.*** Вторичные сырьевые ресурсы в производстве строительных материалов. М.: Стройиздат, 1990. 456 с.

27. Ежегодник качества поверхностных вод. 1990 год. Обнинск: ВНИИГМИ МЦД, 1991. 466 с.

28. ***Зайнуллин Х. Н., Маннанова С. С., Аблаева Ю. В., Расветалова Т. Н.*** Использование осадков очистных сооружений в качестве удобрений // Тезисы докладов международной научно-практической конференции «Геоэкология в Урало-Каспийском регионе». Уфа, 1996. Ч.1. С. 231.

29. ***Зайнуллин Х. Н., Фердман В. М., Минигазимов Н. С., Расветалов В. А.*** Пути решения проблемы нефтешламов в Республике Башкортостан // Материалы региональной конференции «Промышленные и бытовые отходы. Проблемы и решения». ИППЭиП. Уфа, 1996. Ч.1. С. 153-158.

30. ***Зайнуллин Х. Н.*** Разработка технологии переработки осадков сточных вод гальванических производств // Материалы региональной конференции «Промышленные и бытовые отходы. Проблемы и решения» / ИППЭиП. Уфа, 1996. Ч. 1. С. 74-81.

31. ***Зайнуллин Х. Н., Латыпов Н. М., Фархутдинов М. М. и др.*** Утилизация органических отходов на птицефабрике «Турбаслинская» методом биологической ферментации с получением органоминерального удобрения «Бионекс» и перспективы ее развития // Материалы региональной конференции «Промышленные и бытовые отходы. Проблемы и решения» / ИППЭиП. Уфа, 1996. Ч. 2. С. 88-98.

32. ***Зайнуллин Х. Н., Тимергалин Р. Г., Минигазимов Н. С.*** Оптимизация размещения объектов переработки малотоксичных отходов промышленности с привлечением неиспользованных производственных мощностей // Материалы конференции «Ресурсо- и энергосбережение в Республике Башкортостан. Проблемы и решения». Уфа, 1997.

33. ***Зайнуллин Х. Н.*** Разработка технологии утилизации осадков сточных вод машиностроительных предприятий // Техноген-97: Материалы Международной специализированной выставки-конференции по переработке техногенных образований. Екатеринбург, 1997. С. 68.

34. ***Зайнуллин Х. Н., Минскер К. С., Колесов С. В.*** Вторичная переработка смесевых полимерных композиций упорно деформационным способом // Тезисы докладов межотраслевой конференции «Полимерные материалы: производство и экология». М.: МКНТ, 1995. С. 97.

35. ***Зайнуллин Х. Н., Вафина Л. А.*** Оборотное водоснабжение котельных и ТЭС // Тезисы научно-технической конференции «Улучшение экологических характеристик действующих производств Стерлитамакского региона». Стерлитамак, 1988. С. 42-43.

36. ***Зайнуллин Х. Н.*** Отходы города Уфы состояние и перспективы // Материалы конференции «Ресурсо- и энергосбережение в Республике Башкортостан. Проблемы и решения». Уфа: БГУ, 1997.

37. ***Зайнуллин Х. Н., Мифтахов Р. А., Фаухутдинов А. А.*** Правовые аспекты обращения с отходами производства и потребления в Республике Башкортостан // III Республиканская научно-техническая конференция «Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан». Казань: Минприроды РТ, 1997.

38. ***Зайнуллин Х. Н.*** Разработка технологии биохимической очистки сточных вод Уфимской городской свалки // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Управление устойчивым водопользованием». Москва-Екатеринбург, 1997. С. 82.

39. ***Закиров Д. М., Чулков А. И., Зайнуллин Х. Н., Минигазимов Н. С., Козлов П. А.*** Технология утилизации гальванического шлама АО «Автонормаль» // Материалы региональной конференции «Промышленные и бытовые отходы. Проблемы и решения» / ИППЭиП. Уфа, 1996. Ч. 1. С. 82-86.

40. Заявка 4131743 ФРГ, МКИ E 02 D 31/00/ Комбинация материалов для герметизации оснований полигонов и дорожного строительства. Telge Peter. № 4131743.2; заявл. 29.4.91; опубл. 1.4.93.

41. ***Зильберг В. С., Великина Г. М., Брускова В. В.*** Обоснование методами математического моделирования проекта рабочей документации, строительства и эксплуатации персонально-компьютеризованной системы экологозащитных мероприятий от влияния уфимской городской свалки на поверхностные и подземные воды. М.: ЭИЦ «Экос», 1995. 110 с.

42. ***Ишков А. Г.*** Московский мусор; состояние, проблемы, перспективы // Метроном. 1993. № 1. С. 17-20.

43. ***Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.*** Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.

44. ***Кавамото Исао, Отахара Муцуо и др.*** // Канке гидзюцу. = Environ. Consery Eng. 1992. 21, № 2. с. 107-113. (Обработка стоков со свалок бытовых отходов в г. Миадзаки с использованием дисковых биофильтров [Япония]. РЖ 83. Охрана и улучшение городской среды. 1993. № 2. С. 19).

45. ***Като Р., Утино А., Исикава Я.*** Оборудование для обработки измельченных отходов: продление срока службы полигона для захоронения // Ebaza JihoEbaza Eng. Rev. 1994. № 163. С. 46-50 // ЭИ ВИНИТИ. «Ресурсо-сберегающие технологии». 1995. № 7.

46. Каталог. Технология и оборудование для очистки и обезвреживания сточных вод и газовых выбросов гальванических производств. М.: ВИМИ. 1992.1. 112 с.

47. Концепция Российской государственной программы «Отходы». М.: Минэкология, ИППЭиП, 1992. 98 с.

48. ***Крайнов С. Р., Швец В. М.*** Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. М.: Недра, 1987. 237 с.

49. ***Кретинин М. В., Зайнуллин Х. Н., Хамаев В. Х., Галимова Е. Ж.*** Состояние вопроса утилизации шламов гальванического производства // Материалы региональной конференции «Промышленные и бытовые отходы. Проблемы и решения» / ИППЭиП. Уфа, 1996. Ч. 1. С. 110-114.

50. ***Лебедева А. Н., Лаврик О. Л.*** Природоохранное законодательство развитых стран // Аналит. обзор РАН Сиб. отд. ГПНТБ в 3 ч., Ч. 3: Экологическая политика. Новосибирск. 1993. 256 с.

51. ***Лебедев В. С., Ножевникова А. И.*** Объекты захоронения городских бытовых отходов как источник атмосферного метана // Экологическая химия, 1995. № 4. С. 49-60.

52. Материалы Датско-Российского семинара по переработке отходов. Смоленск, 1992. 97 с.

53. Материалы научно-практического семинара «Захоронение отходов; Санитарные аспекты и влияние на окружающую среду». СПб., 1995. 58 с.

54. ***Матросов А. С.*** Проблемы санитарной очистки города Москвы // Известия Академии промышленной экологии. 1997. № 1. С. 10-12.

55. ***Майстренко В. Н., Хамитов Р. З., Будников Г. К.*** Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. М.: Химия, 1996. 319 с.

56. Метод осушения концентрата дренажных вод // Метроном. 1993. № 2. С.57.

57. ***Мирный А. Н., Абрамов Н. Ф., Беньямовский Д. Н. и др.*** Санитарная очистка и уборка населенных мест: Справочник. М.: Стройиздат, 1990. 413 с.

58. ***Монтелеон М.*** Свалка: качество обделки // Строительство в США, 1990. № 7. С. 16-17.

59. Муниципальные и промышленные отходы: способы обезвреживания и вторичной переработки // Аналит. обзор. ГПНТБ СО РАН. Новосибирск, 1995. 156 с. (Сер. «Экология»; Вып. 39).

60. Опыт и проблемы захоронения твердых бытовых отходов // ЭИ. Сер. «Благоустройство и санитарное содержание населенных мест». Вып. 21 (39) АКХ им. Памфилова, 1990. 7 с.

61. ***Павлова Л. И.*** Из чего делают «границу» // Коммерческий вестник, 1995. № 7-8.

62. Патент США 08/405, 245 Process for Treatment of Waste Products, 1995.

63. Патент 4143108 ФРГ, МКИ С 09 К 3/10, Е 02 D 19/16, В 09 В 1/00 Минеральный противофильтрационный материал; заявл. 24.12.91; опубл. 1.7.93.

64. Патент 4222969 ФРГ, МКИ D 06 N 7/00/ Герметизация полигона. Mohr P. № 4222969; заявл. 13.7.92; опубл. 24.6.93.

65. Патент 397263 Австрия, МКИ Е 02 D 3/12/ Schiveizer M., Narath N. Способ герметизации оснований и/или боковых откосов и герметизирующий материал для осуществления способа. № 1471/89; заявл. 15.6.89; опубл. 25.3.94.

66. Патент 38947413 Австрия, МКИ В 098 3/00. Применение минеральных добавок для санирования упорядоченных свалок с твердыми или пастообразными отходами.

67. Патент № 3729653.1 ФРГ, МКИ В 09 В1/00 Способ и устройство для защиты окружающей среды от фильтрационных вод, образующихся на свалках отходов; заявл. 4.9.87; опубл. 16.3.89.

68. Патент 4204974 ФРГ, МКИ Е 02 В 11/00/ Дренажный слой для герметизации полигона, в частности, из гравия. Friesecke Gerhart. № 4204974.1; заявл. 19.2.92; опубл. 26.8.93.

69. Патент 260056 ГДР, МКИ С 02 F 9/00. Способ обработки и устранения фильтрационной воды, образующейся на свалках отходов; заявл. 3.5.83; опубл. 12.11.84.

70. ***Пермяков Б. А., Пермяков А. Б.*** Опыт сжигания бытовых отходов в котельных установках // Известия Академии промышленной экологии. 1997. № 1. С. 56-58.

71. ***Питьева К. Е.*** Гидрогеологические аспекты охраны геологической среды. М.: Наука, 1984. 221 с.

72. Полимерный противофильтрационный экран для полигонов захоронения токсичных промышленных отходов // Томский межотрасл. территор. центр науч.-техн. информации и пропаганды, 1991. (Инф. листок № 22291).

73. Политика в отношении отходов ЕЭС. Стратегия сообщества по управлению отходами // Techn., Sci., Meth. 1991. № 1. P. 9-15.

74. ***Попов В. Г., Абдрахманов Р. Ф., Тугуши И. Н.*** Обменно-адсорбционные процессы в подземной гидросфере / БНЦ УрО РАН. Уфа, 1992. 156 с.

75. ***Порядин А. Ф.*** Проблема бытовых отходов и пути ее решения // Известия Академии промышленной экологии. 1997. № 1. С. 3-6.

76. ***Посохов В. Е.*** Общая гидрохимия. Л.: Недра, 1975. 208 с.

77. ***Прокопов В. А., Толстопятова Т. В., Мактаз Э. Д.*** Пути решения очистки фильтрата свалки ТБО г. Киева // Химия и технология воды. 1995. № 1. Т. 17. С. 44-50.

78. ***Разнощик В. В.*** Региональные системы санитарной очистки городов. Проблемы больших городов: Обзорная информация / МГЦНТИ, 1982. Вып. 6. 27 с.

79. ***Ройле В.*** Компактная биология и ориентированная на дренажные воды мембранная ступень // Метроном. 1993. № 1. С. 53-57.

80. ***Скворцов Л. С., Варшавский В. Я., Николадзе Г. И. и др.*** Очистка сильно загрязненных стоков от полигонов захоронения твердых бытовых отходов // Экватек-96. М., 1996. С. 373-374.

81. Стоки городских свалок: обработка стоков обратным осмосом / Рекламный проспект фирмы ROCHEM, 1997.

82. ***Титов А. П., Кривеча С. Е., Беспамятнов Г. П.*** Обезвреживание промышленных отходов. М.: Стройиздат, 1980. 79 с.

83. ***Федоров Л. А.*** Диоксины как экологическая опасность: ретроспектива и перспективы. М.: Наука, 1993. 266 с.

84. ***Хамитов Р. З.*** Проблемы охраны окружающей среды в Республике Башкортостан // Экологические проблемы регионов России. Республика Башкортостан. М.: ВИНИТИ, 1997. С. 5-22. (Инф. вып. № 4).

85. ***Хамитов Р. З., Зайнуллин Х. Н., Ибатуллин У. Г.*** Проблемы обезвреживания и переработки твердых бытовых отходов в Башкортостане. Состояние и перспективы // Материалы конференции «Ресурсо- и энергосбережение в Республике Башкортостан: Проблемы и решения». Уфа: БГУ, 1997.

86. ***Холенберг Т., Хольтман А., Леве Д.*** Дополнительная изоляция основания с использованием проведения подсечного штрека // Метроном. 1993. № 1. С. 65-68.

87. ***Хольц Ф.*** Самая современная установка для очистки дренажных вод на мусорном полигоне Дамсдорф // Метроном. 1992. № 45. С. 25-29.

88. ***Шестаков В. Л.*** Динамика подземных вод. М.: Изд-во МГУ, 1979. 368 с.

89. Экологические проблемы регионов России. Московская область. М.: ВИНИТИ. 1997. 120 с. (Инф. выпуск № 5).

90. ***Al-Hashimi A., Evans G., Cox B.*** Contaminants mobility in acidgenerating waste / Subsoils system // J. Environ. Sci. and Health A. 1994. 29, № 4. P. 745-753. (Перемещение загрязняющих веществ в создающих кислотность отходах и подстилающих отходы грунтах // РЖ 72. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. 1995. № 9. С. 103).

91. Biomembrat – метод активации с мембранной фильтрацией при очистке щелочных вод свалок // Mull und Abfall, Западный Берлин. 1989. № 10. с. 530. – Экспресс-информация АКХ им. Памфилова, серия “Благоустройство и санитарное содержание населенных мест”, 1990. Вып. 21 (39).

92. ***Chang Hao, Garnard Ph. E.*** Field evaluation of leachate recirculation system: [Pap.]. Groundwater Quality: remediat. and Prot. (GQ`95): Int. Conf., Prague, 15-18 May, 1995 // IAHS Publ. 1995. № 225. С. 355-363 (Практическая оценка систем рециркуляции фильтрата со свалок // РЖ 72. Охрана природы. 1996. № 2. С. 90).

93. Characterization of Municipal Solid Waste. USEPA, March, 1988; 1990 UPDATE.

94. ***Deihl K., Hagendorf U., Hahn J.*** Biotests zur Beurteilung der Reinigungsleistung vonDeponiesickerwasserbehadlungsverfahren // Entsorg. Prax. 1995. № 3. P. 47-50. (Биотестирование для оценки эффективности очистки дренажных стоков полигонов различными методами // РЖ 72. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. 1995. № 10. С. 105).

95. Deutschland. Политика, культура, экономика и наука. D21251F N1, февраль 1997 RU.

96. Dichten zum Schutz der zumwelt // Bd: Baumaschinendienst. 1989. 25, № 10. P. 838. (Уплотнение для защиты окружающей Среды // РЖ 72. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. 1990. № 3. С. 116).

97. ***Dregger Ch.*** Pflanzen zeiniger Deponiesickerwasser // Umwelt. 1989. 19, № 6. S. 322, 325, 327. (Растения очищают инфильтрационные воды в зонах свалок // РЖ 72. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. 1989. № 12. С. 145).

98. Erste umweltgerechte Deponue Leipzig // BW: Bauwirtschaft. 1993. 47, № 11. S. 34. (Первая соответствующая требованиям защиты окружающей среды свалка в г. Лейпциг // РЖ 72. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. 1994. № 5. С. 114).

99. Erstman in Deutschland: Hochleistungs biologie und Aktivkohle reinigen grobtechnisch Deponie Sickewasser // VGB Kraftwerkstechn. 1994. 74, № 2. S. 160-170. (Впервые в Германии: высоконагружаемая биология и активированный уголь для крупномасштабной очистки дренажных стоков полигонов // РЖ 72. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. 1994. № 2. С. 106).

100. ***Fuchsberger M., Henogl O., Schonsterin K.*** Sanierung einer kommunales miilldeponie // Entsorg. Prax. 1993. № 12. S. 20, 22, 24. (Обезвреживание городской свалки бытового мусора // РЖ 85. Технологические аспекты ООС. 1994. № 6. С. 16).

101. ***Gould J. P., Pohland F. G., Gross W. H.*** Mobilization and retention of merairy and lead from particulates codisposed with municipal solid wastes // Particul. Sci. and Technol. 1988. 6, № 4. P. 381-392. (Химическое связывание и выделение ртути и свинца из фильтрата, выделяющегося со свалок совместного размещения твердых промышленных и бытовых отходов // РЖ 72. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. 1989. № 10. С. 109).

102. ***Greunig H.*** Sickerwasseraufbereitung durch UVOxidation mit Ozon // Abfallwir. J. 1994. 6, № 3. P. 103-104. (Очистка фильтрата со свалок ультрафиолетовым излучением с озонированием // РЖ 72. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. 1994. № 9. С.94).

103. ***Henderson J. P., Atwatter J. W.*** High ammonia landfill leachate treatment using anaerobic filter and rotating biological contactor // Can. J. Civ. Eng. 1995. 22, № 5. P. 992-1000. (Очистка богатого аммиаком фильтрата со свалок в анаэробных фильтрах метантенках и биодисках (дисковых фильтрах) // РЖ 72. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. 1996. № 5. С. 117).

104. ***Hening A.*** Verfahren skombinationen // Entsorg. Prax. 1989. Spez. № 9. P. 19-22. (Очистка дренажных сточных вод // РЖ 83. Охрана и улучшение городской среды. 1990. № 11. С. 29).

105. ***Hovelmann A., Bidinger S.*** Entsorgung von UmkehrosmoseKonzentratenStand der Technik bei der Behandlung von Deponiesickerwasser // AbfallwirtJ. 1993. 5, № 4. S. 309-316. (Удаление концентрата обратного осмоса обработка фильтрата свалок // РЖ72. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. 1994. № 5. С.115).

106. ***Kiefer M.*** Reststoffbehandlung. Weitergehende Verfazensschritte zur Entsorgung von Produkten aus der Sikerwasseraufbereitung // Korrespond. Abwasser. 1993. 40, № 3. S. 356-358, 360, 362-363 (Обработка осадков. Дальнейшие пути ликвидации продуктов от процессов обработки фильтрационных вод // РЖ72. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. 1994. № 6. С.94).

107. Landfill techniques. The technical brief. The World Resource Foundation. 1995. 8 p. (ЭИ ВИНИТИ Ресурсосберегающие технологии. 1995. № 21).

108. ***Loizidou M., Vithoulkas N., Kapetanios E.*** Phisicalchemical treatment of leachate from landfill // J. Enverion. Sci. and Health. A. 1992. 27, № 4. P. 1059-1073. (Физико-химическая обработка фильтрата со свалок // РЖ 72. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. 1994. № 5. С. 115).

109. ***Myburg C., Britz T.*** Influence of higher organic loading on efficiency of an anaerobic digester while treating landfill leachate // Water S. Afr. 1993. 19, № 4. P. 319-324. (Влияние больших нагрузок по органическим загрязнениям на производительность метантенка совмещенной конструкции при обработке фильтрата со свалок // РЖ 72. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. 1994. № 5. С. 113).

110. National Incinerator Testing and Evaluation Program: The Environmental Characterization of Refusederived Fuel (RDF) Combustion Technology. MidConnecticut Facility, Hartford, Connecticut. Research and Development. EPA600/R94140. December 1994.

111. ***Neno D.*** Under Cover // Civ. Eng. (USA). 1994. 64, № 2. P. 70-71. (Под покрытием // РЖ 72. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. 1995. № 6. С. 107).

112. ***Opatken Edward J., Howard Hinton K., Bond James J.*** Biological treatment of leachate from a superfund site // Environ. prog. 1989. 8, № 1. P. 12-18. (Биологическая очистка фильтрата со свалки // РЖ 83. Охрана и улучшение городской среды. 1990. № 1. С. 41).

113. ***Rainer S.*** Anaerobe Sickerwasserbehanddlung // Entsorg. Prax. 1989. Spez. № 9. P. 24-26, 28-29. (Анаэробная обработка дренажных вод // РЖ 83. Охрана и улучшение городской среды. 1990. № 11. С. 29).

114. Reporting on Municipal Solid Waste; A Local Issue. US IPE, EPA 530K93002, September, 1993. 82 p.

115. Research and Development. US JPE, EPA600/R94140, December, 1994. 136 p.

116. ***Sickenberger B.*** Die Deponie des 21 Jahrhunderts // Entsorg / Prax. 1993. № 5. P. 198-299. (Свалка 21 века // РЖ 72. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. 1994. № 2. С. 102).

117. ***Toth S.*** SOILCRETE Dichtnand als vorsorgliche sicheruny zur Verhinderung der Ausbreitung von Kontaminationen // Geotechnik. 1989. 12, № 1. S. 14. (Экологически надежная защита от свалок отходов скоплений промышленных выбросов // РЖ 72. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. 1989. № 12. С. 140).

118. Waste // European Environment Agency. EUROPE'S ENVIRONMENT. The Dobris Assessment. Edited by Stannezs and Philippe Bourdean. Copenhagen. 1995. P.342-358.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

Глава 1. Мировой и российский опыт переработки и размещения отходов производства и потребления 6

1.1. Переработка и утилизация отходов за рубежом 6

1.2. Состояние образования, использования и размещения отходов в Российской Федерации 14

Глава 2. Современное состояние образования и размещения отходов в Республике Башкортостан 20

Глава 3. Отходы производства и потребления мегаполиса Уфа. Состав, динамика образования, особенности использования и размещения 50

3.1. Промышленные отходы 50

3.2. Твердые бытовые отходы 56

Глава 4. Природные условия района городской свалки и их роль в формировании эколого-гидрогеохимической обстановки 70

4.1. Рельеф и климатические условия 70

4.2. Поверхностные воды и их химический состав 71

4.3. Геолого-гидрогеологические условия 79

4.4. Геохимическое состояние подземных вод 89

4.5. Оценка скорости распространения загрязняющих веществ в подземных водах 109

Глава 5. Математическое моделирование для проектирования персонально-компьютеризованной системы 113

5.1. Параметрическая интерпретация природно-техногенной геофильтрационной системы верификационно-наблюдаемого экологически неблагоприятного влияния уфимской свалки 113

5.2. Модели расчетно-схематизированной параметрически интерпретированной природно-техногенной еофильтрационной системы верификационно-наблюдаемого экологически-неблагоприятного влияния Уфимской свалки 115

5.3. Программное обеспечение верификационно-наблюдаемой природно-техногенной геофильтрационной системы 127
5.4. Идентификация природно-техногенной геофильтрационной системы формирования верификационно-наблюдаемого экологически неблагоприятного влияния Уфимской свалки..... 145
5.5. Оценка эффективности защиты подземных и поверхностных вод от загрязняющего влияния свалки..... 153

Глава 6. Пути снижения воздействия отходов г. Уфы на окружающую среду 167
6.1. Снижение объемов и токсичности складируемых отходов путем развития раздельного сбора и утилизации отходов..... 167
6.2. Сбор и утилизация техногенных образований свалки 173
6.2.1. Варианты перехвата сточных вод и сброса их в водоем..... 173
6.2.2. Устройство свалок и инженерные сооружения перехвата сточных вод 178
6.2.3. Разработка технологии очистки сточных вод...... 199
6.2.4. Сбор и утилизация биогаза..... 214
6.3. Мероприятия по благоустройству Уфимской городской свалки..... 216

Заключение. Проблема охраны водозаборов г. Уфы от загрязнения 217
ЛИТЕРАТУРА..... 223

CONTENTS

INTRODUCTION 3

Chapter 1 . World and Russian experience of industrial and domestic waste disposal and reclamation 6

1.1. Waste disposal and reclamation abroad 6

1.2. Waste origination, disposal and reclamation in the Russian Federation 14

Chapter 2. The current state of waste origination and disposal in the Republic of Bashkortostan 20

Chapter 3. Industrial and domestic waste in the city of Ufa. Composition, dynamics of origination, peculiarities of disposal and reclamation 50

3.1. Industrial waste 50

3.2. Solid domestic waste 56

Chapter 4. Natural conditions of the city landfill site area and their role in forming the environmental and hydrogeochemical situation 70

4.1. Terrain and climatic conditions 70

4.2. Surface waters and their chemical composition 71

4.3. Geological and hydrogeological conditions 79

4.4. Geochemical state of ground waters 89

4.5. Evaluation of the speed of pollutant spreading in ground waters 109

Chapter 5. Mathematical modelling for designing a PC system 113

5.1. Parametric interpretation of the nature -technogenic geofiltration system of verification and observation of the adverse environmental impact of the city landfill site 113

5.2. Models of a calculated schematic parametrically interpreted nature-technogenic geofiltration system for verification and observation of the adverse environmental impact of the city landfill site 115

5.3. Software for the nature-technogenic geofiltration system of verification and observation 127

5.4. Identification of the nature-technogenic geofiltration system of formation of the verified and observed adverse environmental impact of the city landfill site 145
5.5. Efficiency evaluation of the ground and surface waters protection against the adverse pollution impact of the landfill site 153

Chapter 6. Ways of reducing the impact of waste on the environment in Ufa 167

6.1. Reduction of volumes and toxicity of waste through the development of the system for separate waste collection and recovery..... 167
6.2. Collection and recovery of landfill site technogenic formations 173
6.2.1. Variants of waste water interception and import to reservoirs..... 173
6.2.2. Landfill site construction and engineering structures for interception of waste water 178
6.2.3. Development of technologies for waste water reclamation..... 199
6.2.4. Biogas gathering and recovery..... 214
6.3. Measures on the city landfill site improvement..... 216

Conclusion. The problem of the water intake facilities protection against pollution 217

LITERATURE 223

Зайнуллин Х. И., Абдрахманов Р. Ф., Савичев Н. А.

УТИЛИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Подписано и печать 14.01.98. Формат бумаги $60\times84^{1}/_{16}$. Объём 15 печ. л. Печать офсетная.
Бумага офс. № 1. Тираж 300 экз. Заказ № 1001.

Отпечатано с готовых диапозитивов в Уфимском полиграфкомбинате.
450001. г. Уфа. проспект Октября, 2.