

Республиканское научно-исследовательское  
унитарное предприятие  
«Бел НИЦ «Экология»

**ПЕСТИЦИДЫ**  
**в Республике Беларусь:**  
**ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ, МОНИТОРИНГ,**  
**ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ**  
**НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Минск, Бел НИЦ «Экология»  
2011



*This publication  
is supported by:*

The NATO Science for Peace  
and Security Programme

УДК 502/504.5 (476) (041)

**Кузьмин, С.И., Савастенко, А.А. Пестициды в Республике Беларусь: инвентаризация, мониторинг, оценка воздействия на окружающую среду / С.И. Кузьмин, А.А. Савастенко. Под общей редакцией В.М. Федени. – Минск, Бел НИЦ «Экология». – 2011. – 84 с.**

ISBN 978-985-6542-71-1

В брошюре сделан анализ группы пестицидов, относящихся к «стойким органическим загрязнителям» или СОЗ – токсичным химическим веществам, которые загрязняют окружающую среду. Приводятся результаты обследования состояния окружающей среды в районах захоронения ядохимикатов, а также представлены наиболее известные методы обезвреживания и утилизации непригодных пестицидов, даются рекомендации по их безопасному обращению.

Предназначается для специалистов экологических служб, сельского хозяйства, здравоохранения, ученых и студентов, для широкой общественности.

Рецензенты:

И.П. Наркевич, доктор технических наук,  
В.М. Яцухно, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

**УДК 502/504.5 (476) (041)**

ISBN 978-985-6542-71-1

© С.И. Кузьмин, 2011  
© А.А. Савастенко, 2011

В подготовке материалов приняли участие:  
О.А. Белый (гл. 5), Г.А. Рускевич (гл. 3), И.В. Хведчин (гл. 6)

## Перечень основных сокращений

ВАТ – наилучшие имеющиеся методы  
ВЕР – наилучшие виды природоохранной деятельности  
СFC – хлорфторуглерод  
КС – Конференция Сторон  
ДДТ – дихлордифенилтрихлорэтан  
ЕС – Европейский Союз  
GAIA – Глобальный альянс за альтернативы сжиганию  
ГЭФ – Глобальный экологический фонд  
ГББ – гексабромбифенил  
ГБЦДД – гексабромциклододекан  
ГХБ – гексахлорбензол  
МКРХВ – Международная конференция по регулированию химических веществ  
МФХБ – Межправительственный форум по химической безопасности  
IPEN – Международная сеть по ликвидации СОЗ  
НПВ – Национальный план выполнения  
Окта БДЭ- окта-бромированный дифенил эфир  
PAN – Сеть действий против пестицидов  
ПХБ – полихлорированные бифенилы  
PeCB – пентахлорбензол  
Пента БДЭ – пента-бромированный дифенил эфир  
ПФОС – перфтороктановый сульфат  
СОЗ – стойкие органические загрязнители  
ЮНЕП – Программа ООН по окружающей среде  
ПРООН – Программа развития ООН  
ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения

## Содержание

Введение.....	5
Глава 1 Пестициды: польза и вред.....	8
Глава 2 Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях.	15
Глава 3 Инвентаризация пестицидов в Беларуси.....	21
Глава 4 Мониторинг воздействия пестицидов на окружающую среду.....	30
Глава 5 Методы обезвреживания непригодных пестицидов.....	62
Глава 6 Уничтожение отходов в плазменных реакторах.....	70
Заключение.....	77

## Введение

Настоящая книга была подготовлена в соответствии с проектом «Утилизация пестицидов с использованием термической плазменной технологии», получившем финансовую поддержку от ассоциативной программы «Наука ради мира и безопасности» Отдела общественной дипломатии НАТО. Проект был направлен на реализацию положений Стокгольмской конвенции по стойким органическим загрязнителям (СОЗ) в Республике Беларусь. Его главная цель заключалась в том, чтобы исследовать риски и потребности, связанные с хранением непригодных пестицидов, а также возможности их ликвидации. Проект являлся частью комплекса работ по обследованию мест захоронения непригодных пестицидов и решению в стране проблемы их утилизации, выполняемых за счет бюджетных средств. Подобные работы способствовали сокращению количества хранящихся непригодных к использованию пестицидов в захоронениях путем проведения их переупаковки и подготовки для последующего уничтожения. [1]. Проект выполнялся РУП «Бел НИЦ «Экология» совместно с Институтом тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси.

В книге дается краткое описание проблемы опасных синтетических пестицидов. Приводятся краткие сведения о том, какой вред наносят опасные пестициды здоровью человека и окружающей среде, рассматриваются результаты научных исследований, направленных на минимизацию этих вредных воздействий, предлагаются некоторые рекомендации, которые могут оказаться полезными при обращении с ядохимикатами. Особо подчеркивается роль Стокгольмской конвенции по стойким органическим загрязнителям в решении этой глобальной проблемы. [6]

В настоящее время пестициды и стойкие органические загрязнители представляют серьезную проблему практически для всех стран мира. Республика Беларусь присоединилась к Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях Указом Президента Республики Беларусь от 26 декабря 2003 г. № 594. В целях определения эффективных мер по решению проблемы СОЗ в Республике Беларусь разработан Национальный план выполнения обязательств, принятых Республикой Беларусь по Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, на 2007-2010 годы и на период до 2028 года, утвержденный Указом Президента от 12 июня 2007 г. № 271 [7]. На первом этапе выполнения Национального плана в 2007-2010 годах были проведены обследование и очистка территорий, загрязненных стойкими органическими загрязнителями, разработано законодательство в области обращения со стойкими органическими загрязнителями, создана национальная система мониторинга окружающей среды и мониторинга состояния здоровья населения, экологически безопасного хранения и обезвреживания отходов, содержащих стойкие органические загрязнители. Особое внимание уделялось проблеме безопасного обращения с запасами непригодных пестицидов.

Мероприятия по решению проблемы СОЗ в Республике Беларусь в период 2011-2015 гг. будут реализовываться в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 27.06.2011 г. № 271, которым утвержден на этот период Национальный план выполнения обязательств по реализации положений Стокгольмской конвенции. В 2011-2015 годах планируется выполнение мероприятий, направленных на осуществление экологически безопасного хранения и обезвреживание существующих в республике отходов, содержащих стойкие органические загрязнители (непригодные пестициды и полихлорированные бифенилы); проведение мониторинга состояния здоровья населения в связи с воздействием стойких органических загрязнителей; сокращение выбросов стойких органических загрязнителей в результате их непреднамеренного производства. Предполагается, что в результате выполнения указанных мероприятий не только будут соблюдены международные обязательства Республики Беларусь, но и снизится вредное воздействие стойких органических загрязнителей на здоровье человека и окружающую среду. [51]

В Беларуси никогда не производились химические вещества, относящиеся к СОЗ, и к началу 1980-х гг. в Беларуси, как и в других республиках СССР, был прекращен ввоз и применение СОЗ-содержащих пестицидов. ДДТ (дихлор-дифенил-трихлорэтан), более известный как дуст, являлся основным пестицидом, относящимся к СОЗ, который в одно время получил широкое применение в сельском хозяйстве. В ограниченных количествах также применялись альдрин, гептахлор и гексахлорбензол. Кроме того, имело место использование гексахлорциклогексана или линдана. В свое время в БССР применялось около 440 видов пестицидов четырех классов опасности. К слову, во второй половине прошлого века аграрии успели «подкормить» белорусскую землю более чем 20 тысячами тонн химических удобрений.

В рамках выполненных в период с 1990 по 2011 гг. инвентаризации пестицидов и мониторинга воздействия ядохимикатов на окружающую среду были получены данные о запасах хранящихся пестицидов и определены масштабы загрязнения ряда территорий.

По данным инвентаризации установлено, что к настоящему времени переупакованы практически все пестициды. Данная работа была проделана в рамках осуществляемой в стране программы, финансируемой из средств государственного бюджета и проектов двусторонней помощи ряда государств, которые были осуществлены еще до присоединения Беларуси к Конвенции [10]

По результатам мониторинга выявлено сравнительно незначительное загрязнение почвы в местах расположения небольших складов пестицидов, а также загрязнение отдельных участков в местах захоронения пестицидов. Особую обеспокоенность вызывают захоронения непригодных пестицидов, которые могут оказать потенциальное трансграничное воздействие на состояние окружающей среды соседних стран ЕС.

В Беларуси проводилась работа по включению некоторых мероприятий по мониторингу СОЗ в Национальную систему мониторинга окружающей среды (НСМОС). Особое внимание в рамках НСМОС уделяется трансграничному переносу загрязняющих веществ, местам захоронения пестицидов и полигонам для размещения бытовых и промышленных отходов. Согласно полученным результатам, на этих объектах, как правило, присутствуют некоторые пестициды, относящиеся к СОЗ, в том числе ДДТ, хотя их содержание лишь изредка превышает максимально допустимые уровни. В некоторых «горячих точках» выявлено их повышенное содержание в почве и грунтовых водах.

В республике имеется нормативное правовое обеспечение охраны окружающей среды, однако необходимо дальнейшее уточнение и закрепление в базовом законодательстве страны обязательств, принятых по Конвенции; мер по контролю СОЗ; полномочий и ответственности субъектов, участвующих в обращении с СОЗ; порядок финансирования мероприятий по обращению с СОЗ.

Несомненно, в целом Беларусь добилась значительных успехов в решении проблемы СОЗ. В республике определен общий масштаб проблемы и первоочередные мероприятия, выработано понимание проблем и задач в долгосрочной перспективе. Ведется деятельность по решению проблемы за счет собственных ресурсов страны. Вместе с тем, международная помощь позволяет Беларуси более успешно решать эти проблемы.

Основные задачи проекта «Утилизация пестицидов с использованием термической плазменной технологии» были направлены на решение проблемы совершенствования системы экологически безопасного обращения со стойкими органическими загрязнителями в Беларуси в соответствии с обязательствами страны по Стокгольмской конвенции, а также на окончательное решение проблемы двух захоронений пестицидов – Брестского и Петриковского. Другими задачами проекта являлись:

- скорейшее уничтожение запасов СОЗ-содержащих пестицидов, которые представляют особый риск и требуют принятия неотложных мер;
- проектирование, разработка и экспериментальное применение плазменной установки для сжигания пестицидов;
- проведение оценки объектов, подготовка технико-экономического обоснования мероприятий по очистке захоронений пестицидов и проведение работ по их удалению или надежной изоляции СОЗ от контакта с окружающей средой;
- совершенствование технического потенциала в области анализа СОЗ, обучение персонала методике работы на новом приборном оснащении в целях повышения качества мониторинга;
- планирование и разработка программы по уничтожению запасов непригодных пестицидов;
- усиление правовых основ обеспечения контроля СОЗ и выполнения обязательств по Конвенции. [1]

Реализация проекта позволила провести более детальную оценку воздействия СОЗ на окружающую среду, снизить реальные риски захоронения непригодных пестицидов. В ходе реализации проекта удалось более четко определить конкретные задачи по решению проблемы СОЗ, требующей значительных финансовых и материальных затрат. Прежде всего, были предложены проекты инвестиционных мероприятий, направленных на оценку состояния захоронения пестицидов и последующее уничтожение известных имеющихся запасов пестицидов, а также инициирование работ на объектах, загрязненных СОЗ.

Вторая задача предусматривала усиление технического потенциала, включая анализ, мониторинг, управление данными и формирование кадастров, а также обучение и переподготовку персонала для работы с СОЗ. Третья задача предусматривала определение мероприятий по усилению нормативно-правового обеспечения решения проблемы СОЗ в соответствии с обязательствами страны по Конвенции. И хотя на данном этапе не все эти задачи получили полное воплощение, все же сделан весомый шаг в научном осмыслении данной проблемы в республике и определении конкретных мер по ее практической реализации.

Экологически безопасное обращение с СОЗ напрямую связано с охраной здоровья населения и предотвращением деградации окружающей среды посредством оценки, безопасного обращения, безопасного хранения и экологически безопасного уничтожения СОЗ. Деятельность по проекту в Республике Беларусь в полной мере соответствует обязательствам по Стокгольмской конвенции, требованиям в области обращения с СОЗ. Следует отметить, что непосредственным результатом работ по исследованию проблемы пестицидов, выполняемых РУП «Бел НИЦ «Экология» с 1991г., стала полная ликвидация Брестского захоронения непригодных пестицидов и частичная – Петриковского.

Настоящая книга, в которой представлены результаты работ по исследованию непригодных пестицидов, информация о созданной экспериментальной плазменной установке по уничтожению пестицидов и других ядохимикатов, а также данные оценки реальной угрозы для человека и окружающей среды и рекомендации по безопасному обращению с пестицидами, будет полезна не только для ученых и специалистов, но и для широкого круга общественности.

## **Глава 1 Пестициды: польза и вред**

Для начала давайте разберемся, что же такое пестициды? Корень «цид», происходящий от латинского слова «убивать», говорит, что непосредственное назначение этих веществ – умерщвление живого. Корень «пест», и поныне означающий «вредитель» во многих языках мира, дает понять, что все существа

человек разделяет на полезные для него и вредные, отказывая вторым в праве на существование. [2, 3,4]

Пестициды, по крайней мере, в небольших масштабах, использовались еще с древних времен. Древние греки и римляне использовали мышьяк в качестве пестицида. Есть сведения, что китайцы применяли производные мышьяка как пестициды уже в шестнадцатом веке. В конце девятнадцатого века соединения мышьяка стали широко использовать как инсектициды в Европе и Северной Америке. Это привело к появлению в 1900 г. первого законодательства по пестицидам. Но применение синтетических химических пестицидов началось лишь в 1930-е годы. А затем уже после Второй мировой войны началось широкомасштабное производство и применение синтетических химических пестицидов и удобрений. Первоначально это привело к резкому увеличению урожайности в результате применения пестицидов и других агрохимических средств. Быстро расширялось сельскохозяйственное производство в развивающихся странах с целью продажи продукции в промышленно развитые страны. Другим последствием новой агрохимической технологии стало расширение практики монокультур: одну и ту же культуру выращивали из года в год на одном участке, не применяя севооборот и не оставляя землю под паром. [9]

С ростом применения пестицидов у многих целевых вредителей начала вырабатываться устойчивость к ним. Это часто заставляло фермеров увеличивать дозы пестицидов для борьбы с ними. Пестициды убивали не только целевых насекомых, но также и полезные виды. Это привело к новому явлению, которое назвали вспышками численности вторичных вредителей: насекомые или клещи, численность которых ранее сдерживали полезные виды, начали появляться в эпидемических количествах. Начали применять новые пестициды для борьбы со вторичными вредителями и общий объем используемых пестицидов в почве и воде продолжал расти.

Используемые пестициды уничтожали почвенные микроорганизмы, которые играют ключевую роль в обеспечении растений питательными веществами, необходимыми для роста и развития.

Пестициды часто распространялись с воздушными потоками, загрязняли близлежащие участки и наносили вред популяциям птиц, млекопитающих, рыб и других видов. Инфильтрация пестицидов в поверхностные водоемы и в грунтовые воды начала угрожать источникам питьевой воды. К середине 1950-х годов были выполнены многочисленные исследования, показывающие эти и другие проблемы, связанные с пестицидами.

«Пестициды» – широкое понятие, охватывающее множество химических веществ, угнетающе воздействующих на живую природу. Наиболее распространены и известны инсектициды, умерщвляющие насекомых; гербициды, уничтожающие травянистые растения; фунгициды, направленные против грибов; родентициды, губительные для грызунов и т.д. Большая часть пестицидов – это яды, отравляющие механизмы-мишени, но к ним относят также стерилизаторы (вещества, вызывающие бесплодие) и ингибиторы роста. Изначально, согласно положениям Стокгольмской конвенции, девять видов хлорорганических пестицидов относили к стойким органическим соединениям (СОЗ). В настоящее время этот список расширен. Все эти соединения обладают высокой токсичностью, могут накапливаться в окружающей среде и организме человека, а также способны перемещаться на далекие расстояния. Их период распада длится десятилетиями.

Иногда к пестицидам относят и репелленты. Вредным может считаться любое животное, растение или другой организм, нежелательный в данное время или в какой-то ситуации, главным образом, по медицинским, экономическим или эстетическим соображениям.



На протяжении столетий люди изобрели различные способы борьбы с вредителями и сорняками. Такие способы, как севооборот, осушение болот, прополка, ловушки для вредителей и сетки от насекомых, могут считаться классическими и применяются до сих пор. Однако сегодня эту проблему стараются решать с помощью пестицидов. С каждым днем вопрос их размещения и утилизации становится все актуальнее. Вред, наносимый ядохимикатами живой природе, не поддается точной оценке. Но с абсолютной уверенностью можно сказать, что он огромен.

Пестициды делят на группы в зависимости от того, какие организмы они поражают. Гербициды применяют против сорных растений; бактерициды – против бактерий; фунгициды – против паразитических грибов; альгициды – против водорослей. Для борьбы с животными-вредителями используются инсектициды (против насекомых), акарициды (против клещей), родентициды (против грызунов), авициды (против птиц) и т.д. Как правило, пестициды – это яды, но не всегда; к ним относят также десиканты (иссушающие организм средства) и регуляторы роста. Большинство пестицидов – химические соединения, но тоже не всегда; для борьбы с сорняками и вредителями используются также вирусы и другие болезнетворные микроорганизмы. [2, 3, 4]

Применение пестицидов позволяло не только получать стабильные урожаи, но и ограничивать распространение инфекций, передаваемых животными-переносчиками, например, малярии и сыпного тифа. Однако непродуманное использование пестицидов имеет и негативные последствия. Оно ведет к появлению устойчивых к ним видов организмов, особенно среди насекомых; губит хищников (естественных врагов вредителей) и других полезных животных. Загрязняя окружающую среду, пестициды угрожают и человеку: сейчас их обнаруживают даже в грунтовых водах.

Растущее беспокойство по поводу злоупотребления пестицидами привело к разработке правил их применения, принятых в индустриальных странах. Они охватывают все аспекты обращения с этими средствами: их перевозку, хранение, ликвидацию пустых емкостей, предельно допустимые остаточные количества и многое, многое другое. Из-за опасности, которую они представляют, изымаются из употребления хлорорганические инсектициды (хлорированные углеводороды), такие, как хлордан, ДДТ и другие, хотя они, несомненно, принесли определенную пользу и здравоохранению, и сельскому хозяйству. Запрещены и некоторые фумиганты, применявшиеся ранее для газового обеззараживания почвы и хранящегося зерна.

Хотя по числу названий в продажу поступает больше всего различных инсектицидных препаратов, по применяемому количеству лидируют гербициды, а инсектициды занимают второе место. Применение пестицидов продолжает расти, и тенденция эта, видимо, сохранится и впредь.

Гербициды. По функции гербициды можно разделить на несколько групп. В одну из них входят вещества, применяемые для стерилизации почвы; они полностью предотвращают развитие на ней растений. К этой группе относятся хлористый натрий и бура. Гербициды второй группы уничтожают растения избирательно, не затрагивая нужные виды. Например, 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д) убивает двудольные сорняки и нежелательную древесно-кустарниковую растительность, но не вредит злакам. В третью группу входят вещества, уничтожающие все растения, но не стерилизующие почву, так что растения на этой почве могут потом расти. Так действует, например, керосин, по-видимому, первое вещество, примененное в качестве гербицида. Четвертая группа объединяет гербициды системного действия; нанесенные на побеги, они перемещаются по сосудистой системе растений вниз и губят их корни. Еще один способ классификации гербицидов основан на времени их применения, например, до посева, до появления всходов и т.д.

Фунгициды. Многие фунгициды – это неорганические вещества, содержащие серу, медь или ртуть. Сера была, вероятно, первым эффективным фунгицидом и широко применяется до сих пор, особенно для борьбы с мучнистой росой. Из органических

соединений первым стали применять против грибов формальдегид. Сейчас наиболее распространены синтетические органические фунгициды, например дитиокарбаматы. Антибиотики типа стрептомицина тоже используются для борьбы с грибами, однако чаще – для защиты растений от бактерий. Фунгицид системного действия перемещается по всему растению и действует подобно антибиотику, излечивая болезни, вызываемые грибами, или не давая им появиться. Фунгициды широко применяют для борьбы с плесенью. В хлеб, например, с этой целью добавляют пропионат натрия.

Инсектициды. Инсектициды обычно классифицируют по способу их действия. Кишечные яды, например мышьяк, отравляют вредителей, поедающих обработанные ими растения. Инсектициды контактного действия, например ротенон, убивают насекомых, попав на поверхность их тела. Фумиганты, например метилбромид, действуют, проникая в организм через дыхательные пути.

ДДТ ( $C_{14}H_9Cl_5$ ) – это классический пример инсектицида. По форме ДДТ представляет собой белое кристаллическое вещество, не имеющее вкуса и почти без запаха. Впервые синтезированный в 1873 году австрийским химиком Отмаром Цейдлером (en: Othmar Zeidler), он долгое время не находил себе применения, до тех пор пока швейцарский химик Пауль Мюллер в 1939 году не открыл его инсектицидные свойства, за что получил Нобелевскую премию по медицине в 1948 году, как «За открытие высокой эффективности ДДТ как контактного яда». [9]

ДДТ обладает высокой устойчивостью к разложению: ни критичные температуры, ни ферменты, занятые обезвреживанием чужеродных веществ, ни свет не способны оказать на процесс разложения ДДТ сколько-нибудь заметного эффекта. В результате, попадая в окружающую среду, ДДТ так или иначе попадает в пищевую цепь. Обращаясь в ней, ДДТ накапливается в значительных количествах сначала в растениях, затем в животных и, наконец, в человеческом организме.

Высокая растворимость в жирах и низкая растворимость в воде обуславливают задержку ДДТ в жировой ткани. Скорость накопления ДДТ в организме варьируется в зависимости от вида организмов, длительности воздействия и концентрации, а также от условий окружающей среды. Высокая степень удержания ДДТ означает, что токсические эффекты у организмов могут возникать с задержкой по времени, а также на значительном географическом удалении от места воздействия. В целом организмы высоких пищевых уровней имеют тенденцию к накоплению больших количеств ДДТ по сравнению с организмами низших пищевых уровней. ДДТ способен транспортироваться по всему миру в организмах мигрирующих животных, а также океаническими и воздушными потоками.

Таким образом, ДДТ, накапливаясь в живых организмах, оказывает на них токсическое действие, по силе варьирующееся в зависимости от концентрации ДДТ в живом организме. Необходимо отметить, что многие источники содержат утверждения о канцерогенном, мутагенном, эмбриотоксическом, нейротоксическом, иммунотоксическом воздействии ДДТ на организм человека. Также утверждается, что ДДТ вызывает или способствует развитию разнообразных заболеваний человека, которые ранее не рассматривались как связанные с каким-либо химическим веществом. К их числу относятся сердечно-сосудистые болезни, рак, атипичная пневмония, ретрорентальная фиброплазия, полиомиелит, гепатит и «нейропсихические проявления». [3, 4, 9]

Имеющиеся данные о последствиях токсического воздействия ДДТ на другие живые организмы можно обобщить следующим образом. Водные микроорганизмы более чувствительны к действию ДДТ, нежели наземные. При концентрации в окружающей среде 0,1 мкг/л ДДТ способен подавлять рост и фотосинтез зелёных водорослей.

Показатели как острой, так и хронической токсичности для различных видов водных беспозвоночных ДДТ неодинаковы. В целом ДДТ проявляет высокую

токсичность для водных беспозвоночных при остром воздействии в концентрациях всего 0,3 мкг/л, причём токсические эффекты включают нарушения репродуктивной функции и развития, изменения со стороны сердечно-сосудистой системы, а также неврологические сдвиги.

ДДТ является высокотоксичным соединением для рыб: показатели LC50 (96 ч), полученные в статических тестах, колеблются от 1,5 мкг/л (большеротый окунь) до 56 мкг/л (гуппи). Остаточные уровни содержания ДДТ свыше 2,4 мг/кг в икре зимней камбалы вызывали аномальное развитие эмбрионов; с аналогичными остаточными концентрациями, как было обнаружено, связана гибель мальков озёрной форели в натуральных условиях. Основной мишенью токсического действия ДДТ может являться клеточное дыхание.

Еще один способ классификации исходит из химической природы инсектицидов: их делят на неорганические или органические (природные и синтетические). Неорганические, в частности соединения фтора, не очень эффективны и накапливаются в почве. Природные органические инсектициды, такие, как алкалоид никотин, в основном уже вышли из применения; впрочем, пиретрумом до сих пор широко пользуются и в доме, и в саду, поскольку он не опасен для теплокровных животных. Чаще всего сейчас употребляются синтетические органические соединения, особенно фосфорорганические, сероорганические, карбаматы и пиретроиды. Почти все хлорорганические инсектициды запрещены в большинстве стран, поскольку отравляют окружающую среду.

Пестициды относятся к ингибиторам (отравителям) ферментов (биологических катализаторов). Под действием пестицидов часть биологических реакций перестаёт протекать и это позволяет: бороться с болезнями (антибиотики), дольше хранить пищу (консерванты), уничтожать насекомых (инсектициды), уничтожать сорняки (гербициды).

Пестициды применяются главным образом в сельском хозяйстве, хотя их используют также для защиты запасов продовольствия, древесины и других природных продуктов. Во многих странах с помощью пестицидов ведётся химическая борьба с вредителями лесов, а также переносчиками заболеваний человека и домашних животных (например, с малярийными комарами).

Пестициды различаются по своей специфичности и эффективности, то есть по диапазону поражаемых ими организмов. ДДТ, например, характеризуется широким спектром действия, убивая многие виды животных. У пиримикарба спектр действия намного уже – он действует на тлей и двукрылых, но не влияет на жуков и многих других насекомых. Аналогичным образом, далапон губит однодольные растения, но щадит двудольные, а гербициды на основе феноксиуксусной кислоты характеризуются прямо противоположным действием.

Применение пестицидов широкого спектра действия чревато «возрождением» вредителей, то есть появлением их после обработки в большем, чем до неё, количестве. Это обусловлено тем, что препарат убивает не только вредителей, но и хищников, уничтожавших их.

Хороший пример такого рода – использование ДДТ для борьбы с гусеницами репной белянки, или просто репницы (*Pieris rapae*), паразитирующей на брюссельской капусте. Сначала обработки ДДТ давали заметный эффект, но постепенно обилие вредителей стало даже выше, чем на контрольных (неопрыскиваемых) участках. Разница была даже более выраженной при повторных применениях ДДТ для «подавления» новых вспышек численности вредителя. Анализ агроэкосистемы показал, что концентрация пестицида в листьях, которые объедают гусеницы, быстро снижается за счёт общего роста зелёных частей капусты. Однако уровень ядохимиката в почве остаётся высоким, особенно если в неё запахиваются послеуборочные остатки растений. В результате гусеницы, вылупляющиеся из яиц, отложенных на листья

после обработки, страдают слабо, зато численность их главных врагов – жужелиц (*Harpalus rufipes*) и сенокосцев (*Phalangium opilio*) – снижается.

Меньше страдая от хищников, вредители существенно повышают свои шансы на выживание, что не компенсируется даже ядохимикатом. Дальнейшее его применение только ухудшает ситуацию. Зачастую хищники страдают от пестицидов сильнее, чем растительноядные вредители. Всё дело в том, что численность популяции хищников изначально бывает меньшей, и, следовательно, хищники более уязвимы и медленнее восстанавливают свою численность после поражения.

Пестицидное отравление губительно действует на многих плотоядных, особенно птиц. Птицы особенно чувствительны к этому ядохимикату, поскольку он индуцирует гормональные изменения, влияющие на метаболизм кальция, а это приводит к истончению скорлупы откладываемых яиц, которые в большом количестве начинают биться даже при простом насиживании.

ДДТ сейчас запрещён в большинстве стран. Однако он сравнительно дешев и до сих пор считается хорошим средством в определённых ситуациях, например при борьбе с малярийными комарами. Решая вопрос о применении того или иного пестицида, часто приходится из двух зол выбирать меньшее. Скажем, с помощью ДДТ во многих странах удалось полностью искоренить малярию.

Пестициды (в том числе и консерванты) часто вызывают аллергию, диатез и некоторые другие заболевания. Особенно опасны системные пестициды, проникающие во все ткани животных и растений.

Общий эффект использования пестицидов – снижение видового разнообразия (по-другому называется геноцид). Обычно пестициды повышают продуктивность на нижних трофических уровнях и понижают на верхних.

Полихлорированные дифенилы (ПХД) или полихлорированные бифенилы (ПХБ) – группа органических соединений, включающая в себя все хлорозамещённые производные дифенила (1-10 атомов хлора, соединённые с любым атомом углерода дифенила, молекула которого составлена из двух бензольных колец), отвечающие общей формуле  $C_{12}H_nCl_n$ .

Конечно, у разработчиков пестицидов были благие цели, связанные с повышением урожайности продовольственных культур. В нынешнем понимании стойкие органические загрязнители – это класс высоко опасных химических загрязняющих веществ, представляющих собой серьёзную глобальную угрозу здоровью человека и окружающей среде. СОЗ широко представлены в окружающей среде во всех регионах мира. Каждый человек содержит в своем организме СОЗ, которые в основном накапливаются в жировых тканях. Организмы большинства рыб, птиц, млекопитающих и других форм дикой природы также загрязнены СОЗ. [9]

Находясь в окружающей среде, СОЗ загрязняют продукты питания, которые мы ежедневно потребляем, особенно рыбу, мясо, масло, сыр. Когда люди едят пищу, загрязнённую СОЗ, эти химические вещества накапливаются в их жировых тканях. Организм матери передает СОЗ новорожденному. У человека и других млекопитающих СОЗ проникают в плод и загрязняют его еще в утробе матери. Так как грудное молоко также содержит СОЗ, новорожденные продолжают подвергаться воздействию СОЗ во время кормления. У не млекопитающих видов СОЗ попадают от матери потомству через икру. Даже в малых концентрациях, которые повсеместно обнаруживаются в обычных продуктах питания, СОЗ могут причинить вред человеку и другим живым организмам. Существуют медицинские доказательства связи заболеваний человека и потери трудоспособности в связи с воздействием одного или нескольких СОЗ.

Озабоченность людей СОЗ появилась в 1960-х и 70-х годах, когда три загрязнителя – ДДТ, ПХБ и диоксины – начали привлекать серьёзное внимание общественности. Так, во время войны во Вьетнаме воздействие диоксинов на

человека стали связывать с возникновением редких форм рака и неожиданно высоких уровней некоторых других заболеваний среди военнослужащих США и гражданского населения Вьетнама. Было обнаружено, что дефолиант эйджент ориндж и некоторые другие гербициды содержат в качестве непреднамеренных загрязнителей диоксины, которые оказались вероятной причиной заболеваний. [9]

В 70-80 гг. прошлого столетия в странах Западной Европы и США была построена широкая сеть мусоросжигательных заводов (МСЗ) на которых сжигались десятки миллионов тонн мусора, на эти цели тратились миллиарды долларов США. Последствия этого непродуманного решения не замедлили проявиться. Около 70% выбросов диоксинов стали приходиться на долю МСЗ.

ДДТ, ПХБ и диоксины обладают рядом общих свойств. В итоге термин «стойкий органический загрязнитель» или «СОЗ» стали использовать как общий термин для целого класса химических веществ, которые обладают следующими четырьмя конкретными свойствами:

1) **Стойкость:** СОЗ – это химические загрязнители, которые не поддаются физическому, химическому и биологическому разложению. Поэтому, как только СОЗ оказывается в окружающей среде, он остается там длительное время.

2) **Способность накапливаться в биологических объектах:** СОЗ представляют собой химические вещества, которые легко растворяются в жирах (являются липофильными). Они накапливаются в тканях живых организмов в концентрациях, которые существенно превышают аналогичные концентрации в окружающей среде.

3) **Способность перемещаться на большие расстояния:** СОЗ могут перемещаться на большие расстояния в окружающей среде и могут причинять вред в местах, удаленных от первоначального источника попадания СОЗ в окружающую среду. СОЗ в основном переносятся воздушными потоками, но они также могут переноситься водными массами или мигрирующими видами животных.

4) **Вероятность вредного воздействия:** СОЗ – это химические вещества, которые оказывают негативное воздействие на здоровье людей и/или состояние экосистем. Связанные с пестицидами хронические эффекты включают злокачественные и доброкачественные опухоли, заболевания нервной системы, репродуктивные расстройства, подавление иммунной системы и эндокринные нарушения. [6, 8, 9]

Основной источник поступления пестицидов в организм – продукты питания: овощи, фрукты, мясо, рыба, масло, молоко. Впрочем, они могут попасть в организм и через дыхательную систему, кожу.

Накапливаясь, опасные вещества подрывают репродуктивную систему и иммунитет, нарушают функции ферментов печени, увеличивают риск развития опухолей. «Пестицидные» проблемы ученые обнаружили у тюленей, аллигаторов и морских улиток. У птиц химикаты истончают скорлупу, повреждают эмбрионы. Многолетние наблюдения показывают, что воздействие пестицидов становится причиной развития рака, бесплодия у мужчин, невынашивания детей у женщин.

В целом химические вещества, которые считаются СОЗ, попадают в одну из трех категорий. Некоторые СОЗ производились или продолжают производиться преднамеренно для использования в виде пестицидов. Другие СОЗ производились или продолжают производиться для использования в качестве промышленных химикатов. Отдельные СОЗ производятся непреднамеренно, в качестве нежелательных побочных продуктов в некоторых химических промышленных процессах или непреднамеренно образуются во время процессов горения, включая сжигание в присутствии хлора или других галогенов (например, брома, фтора).

Ученые, изучавшие то, как СОЗ попадают в океаны, моря и озера, вначале полагали, что основным источником этих химических веществ были выбросы отходов промышленных предприятий, сливы канализационных систем и загрязненные воды,

которые стекают с сельскохозяйственных полей и городских улиц. Вместо этого они обнаружили, что большинство СОЗ (и ртуть), разрушающих водные экосистемы, попадали в них вместе с осадками из воздуха. Многие пестициды очень устойчивы и распространяются далеко от мест применения. Например, в середине 1960-х гг. ДДТ был обнаружен в печени пингвинов в Антарктиде – очень далеко от тех мест, где применялся этот химикат.

## ПЕСТИЦИДЫ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ



Рисунок 1.1 – Циркуляция пестицидов в окружающей среде

СОЗ в состоянии переноситься с воздушными течениями на большие расстояния, так как достаточно летучи для того, чтобы испариться в воздухе и/или легко прикрепиться к частицам атмосферной пыли. СОЗ путешествуют с воздушными течениями на короткие или длинные расстояния, но затем, когда температура понижается или начинается дождь, СОЗ из воздуха попадают обратно на землю. Иногда СОЗ остаются на поверхности земли только в течение короткого времени, затем испаряются обратно в воздух, перемещаясь опять и опять между воздухом и поверхностью, что получило название «эффекта кузнечика». Обычно СОЗ испаряются значительно легче в теплом климате и оседают легче в более холодном регионе. В результате общей тенденцией для СОЗ является миграция из теплых регионов в холодные. Последствием этого стало серьезное загрязнение СОЗ Арктического региона, несмотря на то, что СОЗ там редко использовались. [9]

Таким образом, стало очевидным для ученых многих стран не только польза от применения ряда химических веществ в промышленности, сельском хозяйстве, медицине и быту, но и их нежелательные последствия для здоровья людей и окружающей среды. Остро встал вопрос об их дальнейшем использовании. Было бы не рационально применять запреты на производство и использование каждого отдельного вещества. Тем более, что каждый год синтезируются тысячи новых химических веществ. Нужно было искать более общее решение как для используемых, так и в перспективе создаваемых новых веществ, которое позволяло бы производить их, применять или строго контролировать их применение. Ни одно правительство в одиночку не в состоянии защитить свой народ и окружающую среду от СОЗ. Эти аргументы показывают как необходимость, так и правомерность глобальных действий по решению проблем, связанных с СОЗ. Стало очевидным, что единственным

практическим решением может быть создание глобального, юридически обязательного договора по контролю и ликвидации СОЗ. Такой подход и был осуществлен в Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях.

## **Глава 2 Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях**

Усилия по созданию глобального, юридически обязательного договора о СОЗ всерьез начались в середине 1990-х годов с первоначальной инициативы, выдвинутой странами Северной Европы. Аргументы, которыми они оперировали для поддержки глобального договора о СОЗ, были ясными и простыми. СОЗ перемещаются на большие расстояния с воздушными потоками и другими способами. Они могут причинять серьезный вред здоровью человека и окружающей среде в местах, удаленных на большие расстояния от источника СОЗ.

В мае 1995 года в ответ на усилия стран Северной Европы Руководящий совет ЮНЕП принял резолюцию, в которой признается, что СОЗ являются главной и все возрастающей угрозой здоровью людей и окружающей среде. В ноябре 1995 года вопрос о СОЗ был снова поднят на крупной международной конференции в Вашингтоне по разработке Глобального плана действий (ГПД) по защите морской окружающей среды от хозяйственной деятельности на суше. Эта конференция, в которой приняли участие министры окружающей среды из разных стран мира, признала, что СОЗ являются существенным источником вреда для морской окружающей среды, и приняли Вашингтонскую декларацию по защите морской окружающей среды от загрязнения в результате осуществляемой на суше хозяйственной деятельности. В ней устанавливалось четкое межправительственное обязательство разработать глобальный, юридически обязательный договор о СОЗ. [5]

В 1996 году, в ответ на инициативы Руководящего совета ЮНЕП, Межправительственный форум по химической безопасности (МФХБ) создал Специальную рабочую группу по СОЗ для полной оценки глобальных стратегий по решению проблем СОЗ. В этой рабочей группе приняли участие представители правительств из всех регионов, поощрялось также широкое участие НПО и торгово-промышленных ассоциаций. После обсуждений и переговоров рабочая группа приняла детальный список рекомендаций Руководящему совету ЮНЕП, начиная с утверждения о том, что требуются международные действия, включая глобальный юридически обязательный инструмент, для снижения риска для здоровья человека и окружающей среды от выброса 12 –ти СОЗ.

В этих рекомендациях коротко излагались элементы, которые должен содержать глобальный договор о СОЗ, и они также включали рекомендацию о том, что новый договор должен установить критерии и процедуры по выявлению дополнительных СОЗ помимо первоначально указанных 12-ти веществ. В феврале 1997 года Руководящий совет ЮНЕП получил отчет МФХБ и принял свои рекомендации. В дальнейшем он поручил Исполнительному директору ЮНЕП созвать Межправительственный переговорный комитет (МПК) по подготовке договора.

Первый раз Межправительственный переговорный комитет по СОЗ встретился с июне 1998 года в Монреале, Канада. В его работе приняли участие делегаты из почти ста стран. НПО, работающие в области охраны здоровья и окружающей среды, из всех регионов мира также участвовали в первом заседании МПК по СОЗ.

В последующие три года МПК по СОЗ встречался пять раз. На своей пятой встрече в январе 2001 года в Йоханнесбурге, Южная Африка, был достигнут финальный консенсус по тексту Конвенции. Спустя четыре месяца, в мае 2001 года на дипломатической конференции, проходившей в Швеции, правительственные

чиновники высокого уровня формально приняли документ, получивший название «Стокгольмская конвенция о СОЗ».

Понятие о стойких органических загрязнителях, сокращенно СОЗ, редко – «Грязная дюжина» веществ (англ. persistent organic pollutants – POP) появилось в Конвенции, сформулированной и открытой для подписания 23 мая 2001 года на Конференции полномочных представителей в Стокгольме. [6]

В течение последующих трех лет национальные парламенты стран мира обсуждали вопрос о ратификации Конвенции. Во многих случаях они также пересматривали национальные законы и подзаконные акты, и вносили в них изменения, чтобы добиться их соответствия требованиям, установленным в Конвенции. Наконец, спустя три года после принятия Конвенции, правительства ряда стран ратифицировали Конвенцию. Их число было достаточным для того, чтобы Конвенция вступила в силу.

Страны, ратифицировавшие Конвенцию, называются «Сторонами». Стороны Конвенции регулярно проводят встречи под названием «Конференции Сторон». Согласившись стать Стороной Конвенции, правительство берет на себя формальное обязательство, которое должно быть отражено в национальном законодательстве, соблюдать положения Конвенции и осуществлять ее мероприятия и выполнять взятые обязательства.

Конвенция вступила в силу 17 мая 2004 года, при ратификации её первоначально 128-ю участниками (всего подписало Конвенцию на тот момент 151 Страна). Подписавшиеся в конвенции закрепили обязательства по запрещению производства и использованию (за исключением некоторых пунктов) девяти химических веществ из списка СОЗ, ограничить использование ДДТ для контроля малярии. Кроме того, стороны обязались разработать программы по пресечению ненамеренного образования диоксинов и фуранов. Цель Стокгольмской конвенции о СОЗ заключается в охране здоровья человека и окружающей среды от стойких органических загрязнителей. Если другие международные акты, касающиеся опасных *химических* веществ давали инструмент по управлению этими веществами, то Стокгольмская конвенция о СОЗ ставит конкретную задачу – уничтожение, а там где это невозможно минимизация образования СОЗ. К настоящему времени более 150 стран ратифицировали конвенцию при общем числе 170 участников.

В 2001 году в первоначальный список Стокгольмской конвенции о СОЗ были включены следующие двенадцать соединений:

1. Дихлор-дифенил-трихлорэтан (ДДТ)
2. Алдрин (пестицид-инсектицид, первоначально инсектицидного действия, оказавшийся токсичным для рыб, птиц и человека)
3. Диэлдрин (пестицид, производное алдрина, в почве алдрин быстро превращается в диэлдрин, который имеет период полувыведения из почвы 5 лет, в отличие от 1 года для алдрина)
4. Эндрин (пестицид-инсектицид и дератизатор, высокотоксичен для рыб)
5. Хлордан (инсектицид против термитов, оказавшийся токсичным для рыб, птиц, у человека воздействует на иммунную систему, потенциальный канцероген)
6. Мирекс (инсектицид против муравьев и термитов, не токсичен для человека, но является потенциальным канцерогеном)
7. Токсафен (инсектицид против клещей, является потенциальным канцерогеном)
8. Гептахлор (инсектицид, применялся против почвенных насекомых, оказался токсичен для птиц. Потенциальный канцероген)
9. Полихлорированные дифенилы (ПХД)
10. Гексахлорбензол (ГХБ) (пестицид-фунгицид, воздействует на репродуктивные органы)
11. Полихлордифенилдиоксины (ПХДД)



12. Полихлордибензофураны (ПХДФ) (дибензофураны по структуре очень похожи на диоксины и многие их токсические эффекты совпадают).

Список данных соединений приведен в конвенции в качестве приложений:

А (запрещение производства и ликвидация – пп. 2-8)

В (ограничение использования – ДДТ)

С (непреднамеренное производство – ГХБ, ПХД и ПХДД/ПХДФ).

Необходимо отметить, что пункты списка 9, 11 и 12 – это не конкретные соединения, а целые группы высокотоксичных соединений. В соответствии со статьёй 8 Стокгольмской конвенции существует возможность расширения данного списка, путем добавления новых соединений и групп соединений в приложения А, В и С.

После четвертого съезда Сторон конвенции, состоявшегося с 4 по 8 мая 2009 года было принято решение (индекс SC-4/12) о включении 9 дополнительных органических соединений:

1. Альфа гексахлорциклогексан (в приложение А)
2. Бета гексахлорциклогексан (в приложение А)
3. Хлордекан (в приложение А)
4. Гексабромбифенил (в приложение А)
5. Гекса- и Гептахлорбифениловый эфир (в приложение А)
6. Линдан (в приложение А)
7. Пентахлорбензол (в приложение А и С)
8. Перфтороктановый сульфонат, его соли и перфтороктанового сульфонилфторида (в приложение В)
9. Тетрабромдифениловый эфир и пентабромдифениловый эфир (в приложение А)

Ниже кратко отметим основные положения и обязательства Стокгольмской конвенции о СОЗ. Конвенция начинается с представления цели. В ней говорится: *«Учитывая принцип принятия мер предосторожности, закрепленный в Принципе 15 Рио-де-Жанейрской декларации по окружающей среде и развитию, цель настоящей Конвенции заключается в охране здоровья человека и окружающей среды от стойких органических загрязнителей»*. [6]

Химические вещества, контролируемые Конвенцией, перечислены в приложениях к Конвенции. Всего таких приложений три: Приложения А, В и С. Приложение А содержит перечень из девяти преднамеренно производимых СОЗ, подлежащих уничтожению. Семь из них производились для использования в виде пестицидов. Это альдрин, хлордан, диэльдрин, эндрин, гептахлор, мирекс и токсафен. Два из них производились в основном для использования в виде промышленных химикатов. Это гексахлорбензол (ГХБ) и полихлорированные бифенилы (ПХБ).

Стороны обязаны прекратить производство и использование каждого химиката, перечисленного в Приложении А. Однако Конвенция не контролирует малые количества перечисленных химикатов, когда они используются в лабораторных исследованиях, а также в качестве эталонного стандарта. Кроме того, если химическое вещество, перечисленное в Приложении А, содержится в продуктах и изделиях в качестве непреднамеренного микрозагрязнителя, от Сторон не требуется запрещения производства этого продукта, его использования или импорта.

Конвенция позволяет Сторонам обращаться и получать конкретные исключения по своим обязательствам по прекращению производства и использования СОЗ, перечисленных в Приложении А.

Всем Сторонам Конвенции запрещается преднамеренно производить ПХБ. Однако Сторонам позволено использовать содержащее ПХБ оборудование, такое как трансформаторы или конденсаторы, до 2025 года, и они не обязаны полностью удалять и ликвидировать ПХБ содержащие отходы до 2028 года. Однако Сторонам запрещается экспортировать или импортировать ПХБ содержащее оборудование для

каких-либо других целей, кроме целей экологически рационального удаления отходов. Сторонам запрещается также рекуперация веществ с содержанием полихлорированных бифенилов для повторного использования в другом оборудовании.

Конвенция поощряет решение Сторон не ждать 2025 года для ликвидации ПХБ содержащего оборудования, а действовать быстрее. От Сторон требуется принятие решительных мер по выявлению, маркировке и прекращению эксплуатации оборудования, содержащего полихлорированные бифенилы в объеме пяти или более литров. Каждые пять лет Стороны должны отчитываться о прогрессе, достигнутом в ликвидации ПХБ.

Конвенция требует, чтобы производство и использование ДДТ были прекращены Сторонами, за исключением тех из них, которые поставили в известность Секретариат, что намерены производить и использовать ДДТ исключительно в целях, разрешенных Конвенцией.

Конвенция просит Стороны, содействовать, в пределах своих возможностей, научным исследованиям и разработке безопасных альтернативных химических и не химических продуктов, методов и стратегий для Сторон, применяющих ДДТ, с учетом условий этих стран и в целях облегчения бремени, наложенного болезнями, на население и экономику.

В дополнении к конкретным исключениям и исключениям для приемлемого использования, Конвенция определяет третью категорию исключений. Химикат-СОЗ может производиться и использоваться как, в терминах Конвенции, промежуточное вещество локального действия, находящееся в изолированной системе.

Некоторые СОЗ могут производиться непреднамеренно и выбрасываться в окружающую среду во время сжигания или некоторых химических процессах. В Приложении С перечислены четыре таких непреднамеренно производимых СОЗ, которые Стороны Конвенции должны контролировать. Два из них – диоксины и фураны, никогда преднамеренно не производились (за исключением целей лабораторных исследований). Два других вещества – ПХБ и ГХБ- перечислены в Приложении А и С, так как оба производились преднамеренно и образовывались также непреднамеренно.

Цель Конвенции для непреднамеренно производимых СОЗ заключается в их постоянной минимизации и, где возможно, окончательной ликвидации.

В Конвенции перечислены некоторые категории источников (часть II Приложения С), которые обладают потенциалом для относительно высокого уровня формирования и выброса непреднамеренно образующихся СОЗ в окружающую среду. К ним относятся:

Соединения списка А. Так как соединения пп. 2-8 в настоящее время запрещены к производству, и фактически не производятся в мире, а только используются из запасов и утилизируются, то единственным источником поступления данных соединений в окружающую среду могут быть: использование, утечки из хранилищ и нарушения/утечки в процессе их ликвидации и обезвреживания.

Соединения списка В и С. Иначе обстоит дело с соединениями из приложений В и С. ДДТ производится на данный момент в качестве основного средства по борьбе с насекомыми, переносчиками опасных заболеваний (в частности малярией в странах Африки) и на данный момент не существует эффективной замены данному соединению. В соответствии с пунктом 1 части второй приложения В, сторона конвенции производящая и/или применяющая ДДТ обязана включить себя в соответствующий Реестр стран применяющих ДДТ, а в соответствии с пунктом 7, сторона конвенции может исключить себя из данного Реестра по прекращению производства и использованию.

Диоксины, дибензофураны и дифенилы. Самые токсичные соединения представлены в списке С и имеют некоторую специфику. А именно, они производятся непреднамеренно, являются побочным продуктом совершенно разных производств из различных отраслей. Основные источники ПХД и ПХДД/ПХДФ:

- установки сжигания отходов (конверторы, МСЗ);
- цементные печи (как по производству цемента, извести, керамической плитки, стекла, кирпича и пр., так и специальные цементные печи по сжиганию опасных отходов);
- целлюлозное производство с хлорными отбеливателями;
- различные технологические процессы металлургического производства;
- автотранспорт;
- угольные, мазутные и работающие на сырой нефти электростанции;
- различные химические производства, стихийные пожары на полигонах ТБО, в ходе производства битума и асфальта и пр.;
- производство пластмасс, пластификаторов, пенистых материалов.

Для всех СОЗ, перечисленных в Конвенции, Стороны обязаны разрабатывать и осуществлять стратегии по выявлению существующих запасов СОЗ и разрабатывать стратегии по выявлению используемой продукции, загрязненной СОЗ, и отходов, содержащих СОЗ. Запасы СОЗ должны регулироваться безопасным, эффективным и экологически обоснованным способом. Эти запасы должны рассматриваться как отходы, содержащие СОЗ, если содержащиеся в них СОЗ не подпадают под исключение. С запасами ДДТ следует обращаться как с отходами, загрязненными СОЗ, если Страна больше не зарегистрирована в Конвенции как использующая ДДТ для контроля переносчиков заболеваний. От Стран требуется принимать меры по экологически обоснованному обращению, сбору, транспортировке и хранению содержащих СОЗ отходов. Содержащие СОЗ отходы должны быть удалены таким образом, чтобы содержащиеся в отходах СОЗ были бы уничтожены или необратимо преобразованы, и больше бы не проявляли свойств СОЗ.

Однако разрешены и другие способы экологически обоснованного удаления, если уничтожение и необратимое преобразование не является экологически предпочтительными вариантами, или если уровень содержания СОЗ в отходах низкий. Жестко запрещается такое размещение, при котором потенциально возможны восстановление, переработка, регенерация или повторное использование содержащихся в отходах СОЗ. Экспорт отходов, содержащих СОЗ, разрешается только с целью экологически безопасного удаления.

От каждой Страны Конвенции требуется разработать Национальный план выполнения (НПВ) для выполнения обязательств по Конвенции. Эти планы должны быть представлены через два года после вступления Конвенции в силу для данной Страны. Затем каждая Страна должна периодически пересматривать и обновлять НПВ. В НПВ должны быть включены планы действий, которые обязаны разработать Страны для минимизации и ликвидации образования и выброса диоксинов.

Конвенция дает указания Странам проводить обмен информацией, связанной с сокращением или ликвидацией СОЗ, а также информацией по веществам, альтернативным СОЗ, включая их риски, экономические и социальные затраты.

Каждая Страна в рамках своих возможностей содействует и способствует:

- повышению осведомленности своих директивных и руководящих органов по вопросам стойких органических загрязнителей;
- предоставлению общественности всей имеющейся информации о стойких органических загрязнителях;
- разработке и осуществлению учебных и общественно-просветительских программ - особенно для женщин, детей и наименее образованных лиц - по вопросам

стойких органических загрязнителей, а также их последствий для здоровья человека и окружающей среды и альтернативных им веществ;

- участию общественности в решении вопросов, касающихся стойких органических загрязнителей, а также в деле выработки соответствующих мер реагирования, включая создание возможностей для обеспечения на национальном уровне вклада в осуществление настоящей Конвенции;

- подготовке рабочих, научных, преподавательских, технических и управленческих кадров;

- подготовке и обмену на национальном и международном уровнях материалами для просвещения и информирования общественности;

- разработке и осуществлению просветительских и учебных программ на национальном и международном уровнях.

Стороны поощряют или осуществляют научные исследования, разработки, мониторинг и сотрудничество в отношении стойких органических загрязнителей, их альтернатив и потенциальных стойких органических загрязнителей по таким, в частности, вопросам, как:

- Источники и выбросы СОЗ в окружающую среду;

- Мониторинг уровней СОЗ в организме человека и окружающей среде и соответствующие тенденции этих уровней;

- Перенос в окружающей среде;

- Воздействие СОЗ на здоровье человека и окружающую среду;

- Социально-экономические и культурные последствия воздействия СОЗ;

- Сокращение и ликвидация выбросов;

- Гармонизированные методологии подготовки инвентаризации источников СОЗ, аналитические методы измерения выбросов.

Кроме того, поощряется, чтобы Стороны обеспечивали поддержку и дальнейшее развитие международных программ, сетей и организаций, задача которых заключается в определении, проведении, оценке и финансировании научных исследований, сбора данных и мониторинга СОЗ. Усилия должны быть направлены на расширение национальных возможностей по проведению научно-технических исследований, а также на содействие доступу к данным и результатам анализов и обмену ими. Научные исследования должны проводиться с целью смягчения последствий воздействия стойких органических загрязнителей на репродуктивную функцию.

Кроме того, так как многие развивающиеся страны и страны с переходной экономикой имеют ограниченный доступ к финансовым и техническим ресурсам, сотрудничество должно быть направлено на улучшение их потенциала участвовать в этих видах деятельности. Стороны признают, что оказание своевременной и соответствующей технической помощи в ответ на просьбы Сторон, являющихся развивающимися странами, и Сторон, являющихся странами с переходной экономикой, является важнейшим условием успешного осуществления настоящей Конвенции. Каждой Стороне предписано также, в рамках ее возможностей, предоставлять средства и стимулы для поддержки национальной деятельности по достижению целей Конвенции.

Стороны, являющиеся развитыми странами, согласились предоставлять новые и дополнительные финансовые ресурсы, которые будут использоваться для того, чтобы облегчить развивающимся странам и странам с переходной экономикой выполнять свои обязательства по Конвенции. Эти средства предоставляются таким образом, чтобы принимать во внимание потребности в адекватном, предсказуемом и своевременном потоке средств и важности разделения ответственности между содействующими Сторонами.

В Конвенции признается, что развивающиеся страны-Стороны Конвенции будут в состоянии эффективно выполнять свои обязательства по Конвенции только в том

случае, если развитые страны-Стороны выполняют свои обязательства по предоставлению финансовых ресурсов, технической помощи и передаче технологий. В Конвенции учитывается тот факт, что устойчивое экономическое и социальное развитие и искоренение бедности являются преобладающими приоритетами развивающихся стран- Сторон Конвенции, наряду с важностью защиты здоровья человека и окружающей среды.

Каждая Сторона представляет Конференции Сторон информацию о принимаемых ею мерах по осуществлению положений настоящей Конвенции и об эффективности таких мер с точки зрения достижения целей настоящей Конвенции. Эта информация включает надежные данные или приемлемые оценки совокупных объемов ее производства, импорта и экспорта каждого из преднамеренно образующихся СОЗ.

Предполагается, что Стороны периодически оценивают эффективность Конвенции. В целях содействия такой оценке должны быть проведены мероприятия по сбору или предоставлению данных мониторинга присутствия СОЗ в окружающей среде и данные о глобальном переносе СОЗ в окружающей среде.

Большая часть проблемы заключается в том, что общее количество финансовой и технической помощи, которое было получено, чтобы дать возможность развивающимся странам-Сторонам Конвенции выполнить свои обязательства по Конвенции, не адекватно работе. Одна из причин такой ситуации в том, что Соединенные Штаты – самый крупный донор, все еще не являются Стороной Конвенции, и они сопротивлялись усилиям других стран-доноров увеличить общий объем финансирования, предоставляемого в ГЭФ на оказание помощи по проектам, связанным с СОЗ.

Конвенция содержит специальные положения о повышении информированности и участии общественности. Стороны обязаны продвигать и содействовать программам повышения информированности общественности о СОЗ, включая их воздействие на здоровье и окружающую среду и альтернативы к ним.

Стокгольмская конвенция – первый глобальный юридически обязательный договор, который обязывает правительства контролировать класс химических веществ во имя защиты здоровья человека и экосистем от ущерба, вызванного воздействием токсичных веществ.

Конвенция находится на ранней стадии своего развития, и многое еще нужно сделать для расширения списка СОЗ, контролируемого Конвенцией, чтобы в него вошли все химикаты с характеристиками СОЗ и потенциально причиняющие серьезный ущерб. Большинство правительств являются Сторонами Конвенции и на высоком политическом уровне уже согласились выполнять ее.

Эта книга позволит читателям осознать, что не только СОЗ представляют серьезную глобальную проблему, существует много химикатов, не являющихся СОЗ, которые также причиняют серьезный вред здоровью человека и экосистемам. Работа государственных и общественных организаций должна рассматриваться как средство создания такой ситуации, когда все токсичные химические вещества достаточно контролируются для того, чтобы не являться больше источниками вреда здоровью человека и экосистем.

### **Глава 3 Инвентаризация пестицидов в Беларуси**

В середине 70-х годов в Республике Беларусь применение пестицидов было запрещено. Пришедшие в негодность химикаты осели мертвым грузом на складах и в 7 специальных хранилищах, вырытых в земле. Пестициды в штатной таре укладывались в заранее отрытые бульдозерами траншеи глубиной 3,5 – 4 метра, днище и стенки которых выстилались слоем глины, железобетонными плитами и полиэтиленовой пленкой. Сверху химикаты также укрывались пленкой, слоем глины и песчаным грунтом.

Поначалу поводов для беспокойства не было: вроде бы все предусмотрели. Выбор участков для могильников делали компетентные специалисты. Выделение и закрепление этих участков согласовывалось с соответствующими инстанциями. Подчеркивалось, что на всех этапах сооружения захоронений пестицидов все работы должны вестись строго в соответствии с действующими инструкциями по их обустройству.

За время длительного хранения «владельцы» могильников неоднократно менялись, что и привело к утрате маркировки и документов, а также – к образованию смесей неизвестного состава и происхождения, протеканию химических реакций, в результате которых образовались новые соединения с неизвестными свойствами. Поэтому со временем значительная часть объектов размещения непригодных пестицидов стала представлять собой потенциальную опасность для окружающей среды и здоровья человека.

В 1999 году Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь забило тревогу. Поводы для беспокойства действительно были. Ядовитые примеси обнаружили в подземных водах, которые являются источником питьевого водоснабжения. Но и это еще не все. При возможных утечках пестицидов из хранилищ они могут представлять опасность для других стран. Ведь все захоронения непригодных пестицидов расположены вблизи границ с соседними государствами.



Рисунок 3.1 – Карта захоронений пестицидов

По современным представлениям, белорусские захоронения пестицидов не обеспечивают безопасного для окружающей среды и населения длительного хранения ядохимикатов. Наиболее реальным путем защиты окружающей среды и человека от непригодной химии в настоящее время считается переупаковка в специальную герметичную тару, обеспечивающую длительное безопасное хранение. Первая переупаковка ядохимикатов в нашей стране проходила на Слуцком складе. Впоследствии этот опыт был распространен на другие области. Характерно, что в ходе такой работы дополнительно выявлялись новые места хранения, поскольку изначально не все предприятия считали должным обнародовать подобную информацию. В итоге предполагаемая цифра, например, на Гродненщине с 600 тонн выросла до 1 600 тонн пестицидов.

В 2007 году было ликвидировано Брестское захоронение непригодных пестицидов, которое могло породить крупную трансграничную проблему. Оно находилось всего в пяти километрах от польской границы, вблизи бассейна реки Западный Буг. Ядохимикаты переупаковали и вывезли на специальный комплекс по хранению опасных отходов, который был создан в Чечерском районе Гомельской области. [17]

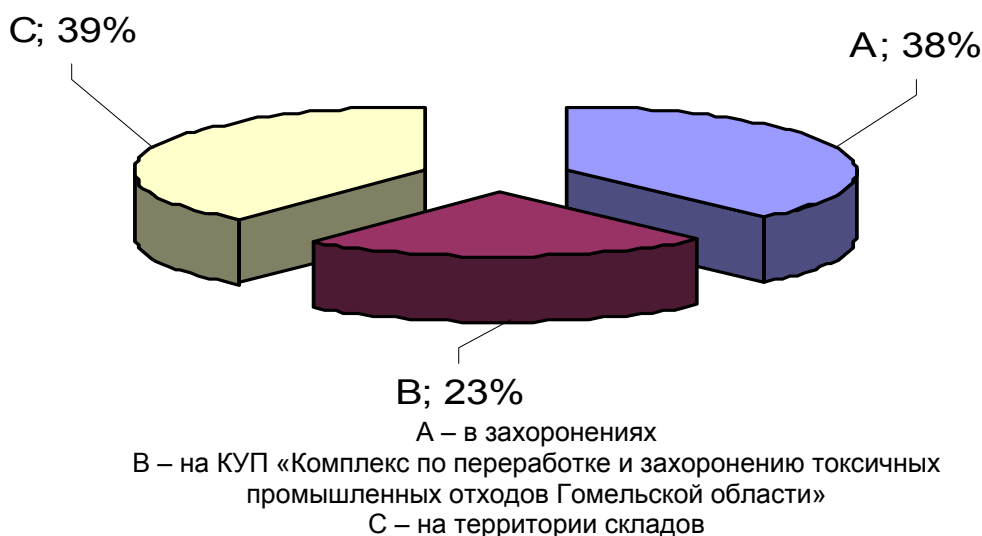
Работы по ликвидации самого большого, Петриковского захоронения (1423,3 тонн пестицидов) начались в 2008 году. В Чечерский комплекс хранения опасных отходов уже отправлена третья часть пестицидов Петриковского захоронения. [17]

В ближайшее время в Беларуси будет реализован проект по ликвидации Слонимского захоронения непригодных пестицидов, что позволит значительно улучшить экологическую обстановку в регионе. Эти работы будут проведены при

поддержке Всемирного банка. Захоронение планируется ликвидировать в 2011- 2012 гг. с последующим вывозом ядохимикатов за пределы Беларуси. [19, 24] Принято решение и об уничтожении Городокского захоронения пестицидов. [18, 21].

В соответствии со стратегией в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2025 года, одобренной Решением коллегии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь № 8-Р от 28.01.2010 г., до 2020 г. в республике должны быть ликвидированы все захоронения непригодных пестицидов.

По данным инвентаризации, выполненной РУП Бел НИЦ «Экология», в Республике Беларусь по состоянию на 01.07.2010 г. накоплено 7 359,8 т непригодных пестицидов, из которых 2 832,0 т (39% от общего количества) хранится на складах сельскохозяйственных предприятий; 2 824,7 т (38%) захоронено в подземных хранилищах; 1703,1 т (23%) принято на хранение за период 1999 – 2010 гг. в КУП «Комплекс по переработке и захоронению токсичных промышленных отходов Гомельской области» (рис. 3.2). [10]



**Рисунок 3.2 – Распределение объемов непригодных пестицидов**

Данные о наличии непригодных пестицидов в разрезе областей приведены в таблице 3.1 и рисунке 3.3.

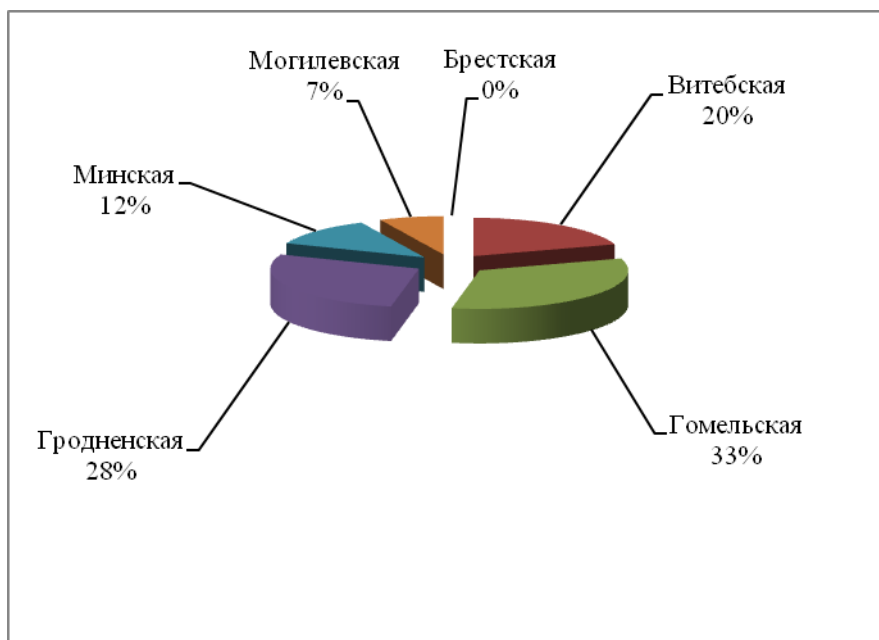
**Таблица 3.1 – Сводные данные о наличии непригодных пестицидов в разрезе областей на 01.07.2010 г.**

Область	Количество непригодных пестицидов и их смесей, тонн					Кол-во захоронений	Кол-во складов
	всего, тонн	в том числе на территории с/п	переупакованных на территории с/п	не переупакованных на территории с/п	в захоронениях		
Брестская	-	-	-	-	-	-	-
Витебская	1459,406	494,506	400,417	94,089	964,9	3	33
Гомельская*	2452,266	-	-	-	749,14	1	1*
Гродненская	2030,697	1410,297	1389,155	21,142	620,4	1	56
Могилевская	490,226	-	-	-	490,266	1	-
Минская	927,2	927,200	901,12	26,08	-	-	70
Итого	7359,835	2832,003	2690,692	141,311	2824,706	6	160

\* с учетом 1703,126 т непригодных пестицидов, вывезенных на КУП «Комплекс по переработке и захоронению токсичных промышленных отходов Гомельской области»

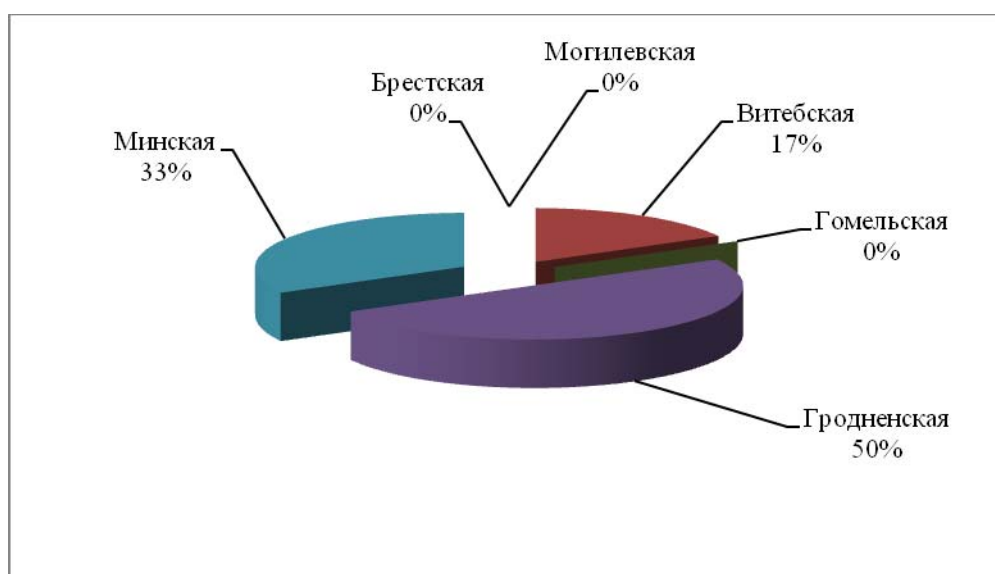


На 07.2010 г. переупаковано 3719,962 т непригодных пестицидов, из них 2690,692 т хранится на 159 складах сельскохозяйственных организаций и 1703,126 т – на КУП «Комплекс по переработке и захоронению токсичных промышленных отходов Гомельской области». Переупаковано 95% непригодных пестицидов, хранящихся на складах сельхозпредприятий республики.



**Рисунок 3.3 – Распределение объемов непригодных пестицидов по областям**

В результате проведенной инвентаризации выявлено, что в Гродненской области переупаковано 99% непригодных пестицидов, в Минской области – 97%, в Витебской – 81% от общего количества непригодных пестицидов, хранящихся в каждой из областей. Наибольший объем пестицидов хранится на складах Гродненской области – 50% от общего количества, на складах Минской области – 33%, на складах Витебской области – 17% (без учета пестицидов, вывезенных на КУП «Комплекс по переработке и захоронению токсичных промышленных отходов Гомельской области») (рисунок 3.4).



**Рисунок 3.4 – Распределение объемов непригодных пестицидов на объектах хранения в разрезе областей**



В Гомельской области накоплено 2 452,266 т непригодных пестицидов. Из них 1703,126 т хранится на КУП «Комплекс по переработке и захоронению токсичных промышленных отходов Гомельской области». Анализ данных, представленных КУП «Комплекс по переработке и захоронению токсичных промышленных отходов Гомельской области», показывает, что принято на хранение 4,551 т СОЗ содержащих непригодных пестицидов, из них 3,608 т ДДТ и 0,943 т ГХЦ. На долю неидентифицированных непригодных пестицидов приходится 35% (598,5 т) от общего количества хранящихся ядохимикатов.

После частичного извлечения ядохимикатов в 2008-2010 гг. в Петриковском захоронении находится 749,14 т пестицидов. За указанный период было переупаковано и перевезено на КУП «Комплекс по переработке и захоронению токсичных промышленных отходов Гомельской области» 673,856 тонн непригодных пестицидов. [26]. Необходимо отметить, что Петриковское захоронение непригодных пестицидов осуществлялось в период с 1974 по 1988 гг. Гомельским областным производственным объединением «Сельхозхимия» и являлось самым крупным на территории Республики Беларусь. Захоронение производилось в 4 этапа: в 1974, 1980, 1986, 1988 гг. В 1974 г. было произведено захоронение в количестве 521 т в 7 траншеях, конструкцию которых составляют железобетонные плиты, полиэтиленовая пленка и глиняный замок толщиной 1 м. Тогда было захоронено 17 видов пестицидов, основное количество составляли хлорорганические. В 1988 г. захоронено 351,6 т ядохимикатов, в составе которых (до 50 т) находятся неизвестные пестициды и смеси. Всего было захоронено 1423,3 т непригодных пестицидов.

В Могилевской области в Дрибинском захоронении размещено 490,266 т непригодных пестицидов. Дрибинское захоронение расположено в труднодоступном для автотранспорта лесном урочище Темный лес в западной части Мстиславского района вблизи (2 км) административной границы с Дрибинским районом. Захоронение имеет форму четырехугольника площадью 2,6 га. Захоронение непригодных пестицидов производилось в 3 этапа: в 1973-1974 годах, 1983 и 1988 году. На каждом этапе готовилась отдельная траншея размером 12 - 60 м и глубиной 4 м. В днищах и стенках укладывались противотрационные экраны из глины толщиной 0,8-1,0 м с последующей утрамбовкой и засыпались негашеной известью слоем около 40 см. После укладки ядохимикатов траншеи засыпались местным грунтом. По химическому составу пестициды, находящиеся в подземном захоронении, подразделены на хлорорганические, фосфорорганические, симазаин-триазиновые, а также неорганические и производные органических кислот. По данным природопользователя – холдинга ОАО «Агромашсервис» (г. Могилев) из них идентифицировано 353,8 т, в том числе 98,74 т ДДТ и 28,3 т ГХЦГ. [19]

В целях выполнения мероприятий национального плана выполнения обязательств, принятых Республикой Беларусь по Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, в 2007 г. ликвидировано Брестское захоронение непригодных пестицидов (д. Гершоны).

На территории Гродненской области находится 2 030,697 т непригодных пестицидов. По результатам инвентаризации на складах 14 районов хранится 1 410,297 т непригодных пестицидов, из них переупаковано 1 389,155 т. Не переупаковано 21,142 т или 1,5% от общего количества ядохимикатов, находящихся в складских помещениях. В Слонимском подземном захоронении находится 620,4 т непригодных пестицидов. [25]

Анализ данных инвентаризации за 2010 г. показал, что количество непригодных пестицидов на складах области увеличилось по сравнению с данными за 2008 г. на 21,142 т в связи с тем, что были выявлены новые склады, расположенные в Берестовицком, Волковысском, Зельвенском Лидском, Ивьевском, Новогрудском,

Сморгонском, Ошмянском, Островецком районах (пестициды конфискованы таможенными органами).

Непереупакованные непригодные пестициды хранятся на территории 32 складов области, из них в Берестовицком районе находится 2 склада, в Волковысском – 1 склад, в Ивьевском – 5 складов, в Лидском – 9 складов, в Зельвенском – 2 склада, Новогрудском – 3 склада, в Мостовском – 1 склад, в Островецком – 1 склад, в Ошмянском – 1 склад, в Свислочском – 3 склада, в Сморгонском – 1 склад, в Щучинском – 3 склада.

Более 70% непригодных пестицидов от общего количества по области находится на территории Волковысского, Зельвенского, Сморгонского и Новогрудского районов. Из них на долю Волковысского района приходится 25% (358,26 т), на долю Зельвенского района – 23,% (323,483 т), Сморгонского района – 15% (210,055 т), Новогрудского района – 15% (208,57 т) от общего количества непригодных пестицидов по области.

Непереупакованные ядохимикаты представлены в виде смесей непригодных пестицидов неустановленного состава в количестве 21,142 т. Согласно данных Министерства сельского хозяйства и продовольствия и ГУ «Главная государственная инспекции по семеноводству, карантину и защите растений» на территории области хранится 186 кг ДДТ и 3,525 т ГХЦГ.

В Альбертинском лесничестве Слонимского района размещается подземное захоронение, где находится 620,4 т непригодных пестицидов, из них 447,2 ДДТ т и 1,8 т ГХЦГ. Строительство захоронения осуществлено в 1974 г. ОАО «Слонимское РПО «Сельхозхимия». В захоронении находятся непригодные пестициды в твердом и жидком состоянии. Порошки в мешках уложены в две траншеи, жидкие пестициды размещены в 2-х бункерах. На дно траншеи уложен слой глины толщиной до 10 см, сверху траншеи засыпаны местным грунтом. На захоронении создана сеть пунктов наблюдений локального мониторинга подземных вод, состоящая из 4 наблюдательных скважин. Слонимское захоронение пестицидов является объектом, в отношении которого территориальными органами Минприроды и Минздрава Республики Беларусь осуществляется контроль за состоянием окружающей среды.

В 2008 году на Слонимском захоронении непригодных пестицидов проведены инженерно-технические и профилактические мероприятия по снижению вредного воздействия непригодных пестицидов, содержащихся в захоронении (установлено ограждение и таблички с предупредительными знаками, вырыт ров вокруг захоронения). Основным направлением применения мероприятий по защите окружающей среды на захоронении является комплекс ликвидационных мероприятий. Данные мероприятия будут проведены в рамках выполнения полномасштабного проекта ГЭФ/Всемирного банка по обращению со стойкими органическими загрязнителями и укреплению технического и институционального потенциала в Республике Беларусь в период 2011-2012 гг.

По результатам инвентаризации в Витебской области на складах 17 районов хранится 494,506 т непригодных пестицидов, из них 400,417 т (81% от общего количества по области) переупакованы в специальную тару. По сравнению с данными, представленными в 2008 г., количество непригодных пестицидов и их смесей на складах Витебской области увеличилось на 35 тонн (с 459,672 т до 494,506 т). Увеличение объемов связано с проведением инвентаризации и уточнением объемов хранящихся непригодных пестицидов, находящихся на складах, а также с выявлением новых объектов с непригодными пестицидами.

Полностью или частично переупакованы непригодные пестициды, находятся в 13 районах области. Полностью (100%) переупакованы непригодные пестициды в 4 районах области. По сравнению с 2008 г. полностью завершена переупаковка в Браславском районе, частично осуществлена переупаковка в Верхнедвинском районе (из 18,96 т переупаковано 8,12 т), в Миорском районе (из 13,4 т непереупакованных в

2008 г. непригодных пестицидов в 2010 г. переупаковано 8,4 т), Шумилинском районе (из 2,6 т переупаковано 0,3 т).

Количество непереупакованных пестицидов составило 94,087 т: из них 28,2 т (или 30% от непереупакованных пестицидов по области) приходится на Лиозненский район; 20,0 т (или 22%) – на Поставский район; 12,4 т (или 13%) – на Толочинский район.

По результатам инвентаризации на территории Минской области на складах 20 районов хранится 927,2 т непригодных пестицидов, из них 901,12 т переупаковано, что составляет 97,2% от общего количества по области. По сравнению с данными инвентаризации 2008 года количество пестицидов увеличилось на 52 тонны в связи с тем, что в рамках контроля над хранением непригодных ядохимикатов были выявлены места хранения неучтенных ранее пестицидов с истекшим сроком годности в Вилейском, Воложинском, Клецком, Смолевичском и Червенском районах.

В Минской области было переупаковано 62 т непригодных пестицидов. Количество непереупакованных пестицидов на 07.2010 г. составило 26,08 т. По сравнению с 2008 г. переупакованы все непригодные пестициды в Березинском и Борисовском районах. На территории области находится 70 объектов хранения непригодных пестицидов, из них 25% от общего количества по области приходится на Борисовский район; 20% – на Копыльский район; 17% – на Минский район. За период с 2008 г. по 2010 г. количество складских помещений для хранения непригодных пестицидов уменьшилось в Вилейском (на 4 склада), Воложинском (на 13 складов), Дзержинском (на 7 складов), Клецком (на 2 склада), Молодеченском (на 1 склад), Мядельском (на 5 складов) районах.

Согласно данным инвентаризации, представленных Минсельхозпродом на территории Минской области хранится порядка 508 тонн смесей непригодных пестицидов неустановленного состава (56% от общего количества по области), идентифицировано 419,2 тонны (84 вида непригодных пестицидов), около 8 т – загрязненной пестицидами земли. Полностью или частично идентифицирован состав непригодных пестицидов, находящихся в складских помещениях 12 районов области. Неидентифицированы переупакованные ядохимикаты, хранящиеся в Березинском, Дзержинском, Клецком, Копыльском, Крупском, Логойском, Пуховичском, Смолевичском, Узденском и Червенском районах.

При переупаковке и хранении непереупакованных пестицидов возможна их утечка и соответственно, существует большая вероятность попадания СОЗ в объекты окружающей среды.

*Прилегающие территории* к ликвидированным складам можно рассматривать как потенциально загрязненные. Для конкретизации этих данных необходимо провести детальные исследования этих территорий, что позволит сделать оценку степени загрязненности почв и грунтовых вод пестицидами. На основе данных инвентаризации пестицидов, представляется целесообразным обследовать состояние окружающей среды в местах наиболее массового хранения СОЗ-содержащих пестицидов. Для этого в перечень мест обследования предполагается включить объекты, которые были ликвидированы в связи с переупаковкой ядохимикатов и их вывозом (прежде всего, в перечень необходимо включить склады райсагросервисов)

В 2006 г. одновременно с разработкой Национального плана по выполнению страной обязательств по Стокгольмской конвенции Минприроды при участии Глобального экологического фонда был разработан проект «Программы мониторинга стойких органических загрязнителей в объектах окружающей среды». Программой было предусмотрено, что мониторинг СОЗ проводится не только в поверхностных водах и связанных с ними донных отложениях, взвесьях и биологических объектах, а также почвах, подземных водах и атмосферном воздухе. Следует отметить, что Программа не была утверждена и носила рекомендательный характер.

Выполненные работы по обследованию объектов хранения (складов) проводились согласно «Правил обращения с непригодными пестицидами», утвержденными

совместным постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды и Министерства сельского хозяйства и продовольствия № 5/6 от 03.02.2005 г. Действие настоящих правил распространяется на:

- организации, индивидуальных предпринимателей являющихся собственниками (владельцами непригодных пестицидов);
- организации, осуществляющие работы по инвентаризации, переупаковке, перевозке, идентификации, обезвреживанию непригодных пестицидов;
- организации, осуществляющие долговременное хранение непригодных пестицидов;
- государственные органы, осуществляющие государственный контроль в области охраны окружающей среды, санитарного и противопожарного надзора, защиты растений. [8]

К слову, на сегодня в стране переупаковано более 2 000 тонн пестицидов в соответствии со стандартами ЕС. Все этой «химии» гарантировали безопасное «существование» в течение 20 лет. Однако проблемы хранения возникают и после переупаковки. Уже зафиксированы случаи самовозгорания контейнеров с пестицидами.

#### **Контроль за хранением непригодных пестицидов в складских помещениях**

Складские помещения должны быть оборудованы в соответствии с действующими СНиП «Склады сухих минеральных удобрений, химических средств защиты растений».

Разрешение на право получения и хранения пестицидов (санитарный паспорт) предоставляется главным санитарным врачом района, государственным районным инспектором по защите растений.

Документ по эколого-санитарному обследованию склада должен состоять из следующих основных пунктов:

- тип склада (типовой или приспособленный) и его емкость;
- месторасположение;
- характеристика ближайшей территории;
- техническое описание (строительные материалы, вентиляция и т.д.);
- характеристика условий хранения.

Ответственность за состояние склада и окружающей среды в санитарно-защитной зоне склада (СЗЗ) несет заведующий складом.

В зависимости от емкости складского помещения устанавливается СЗЗ (таблица 3.2). [27]

**Таблица 3.2 – Соотношение емкости склада и размеров санитарно-защитной зоны**

<b>Емкость склада, т</b>	<b>Размер СЗЗ, м</b>
менее 20	200
21 – 50	300
51 – 100	400
101 – 300	500
301 – 400	600
401 – 500	700
Более 500	1000

Контроль за содержанием пестицидов в почве осуществляется агрохимическими лабораториями, выборочно – органами санэпидемслужбы Минздрава и организациями Минприроды.

Разрешение на хранение непригодных пестицидов выдается территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Хранение непригодных пестицидов в непригодных для этих целей складах хозяйств (колхозов, совхозов и др.) запрещено. Все непригодные пестициды из

хозяйств должны быть свезены в приспособленные складские помещения для хранения минеральных удобрений и средств защиты растений.

Целью проведения обследования складского помещения является:

- определение собственника складского помещения;
- количество упаковок и объем накопленных пестицидов;
- определение необходимости проведения отбора проб, их количество;
- определение количества и качества тары для переупаковки;
- определение маркировки;
- наличие средств индивидуальной защиты.

Технология хранения препаратов должна обеспечивать их сохранность, оптимальные санитарно-гигиенические условия труда, предупреждать возникновение пожара на складе.

Категорически запрещается хранение препаратов непосредственно на полу. Препараты, затаренные в бумажные и джутовые мешки, деревянные ящики, металлические барабаны должны храниться на поддонах в штабелях.

Складирование пестицидов должно осуществляться в штабелях на поддонах или на стеллажах. Высота штабеля при хранении препаратов в мешках, металлических барабанах, бочках вместимостью менее 50 л, картонных и полимерных коробках, ящиках, флягах – три яруса. При использовании стеллажей высота складирования может быть увеличена. Минимальное расстояние между стеной и грузом должно быть не менее 0,8 м, между перекрытием и грузом – 1, между светильником и грузом – 0,54 м. Запрещается хранить пестициды навалом.

Высота штабелей и стеллажей должна соответствовать принятой технологии хранения препаратов. Препараты с другими видами упаковки (стеклянные бутылки, металлические канистры, картонные короба) хранятся на стеллажах и полках.

На складах должны быть приспособления для механизированной разгрузки и погрузки пестицидов, а также механизмы для перевозки пестицидов внутри склада.

На всех видах тары с пестицидами должны быть этикетки, написанные несмываемой краской. В этикетках указывается:

- товарный знак или наименование предприятий-поставщиков;
- название пестицида и номинальный процент действующего вещества в нем;
- группа пестицида, к которой относится продукт;
- вес брутто и нетто;
- дата изготовления;
- обозначения «Огнеопасно» или «Взрывоопасно» (при наличии у препарата соответствующих свойств);
- цвет предупредительных полос для групп пестицидов следующий:  
гербициды – красный; дефолианты – белый; инсектициды – черный; фунгициды – зеленый; протравители – синий; зооциды – желтый.

Владелец складского помещения должен иметь следующую документацию по обращению с непригодными пестицидами:

- разрешение на хранение непригодных пестицидов, полученное в территориальном органе Минприроды в соответствии с Правилами выдачи, приостановления, аннулирования разрешений на размещение отходов производства;
- книгу первичного учета непригодных пестицидов;
- материалы инвентаризации непригодных пестицидов;
- инструкцию по обращению с непригодными пестицидами;
- план мероприятий по переупаковке.

Для всех непригодных пестицидов необходимо установление класса опасности в соответствии с Положением о порядке определения степени опасности отходов и установления класса опасности отходов (постановление Министерства природных

ресурсов и охраны окружающей среды, Министерства по чрезвычайным ситуациям, Министерства здравоохранения от 28 ноября 2001 г.).

## Глава 4 Мониторинг воздействия пестицидов на окружающую среду

Исследования по оценке воздействия захоронений пестицидов на окружающую среду в Республике Беларусь ведутся с 1999 г. Основной целью таких исследований является определение возможного загрязнения объектов окружающей среды в районах размещения захоронений, характер и степень загрязнения, разработка сценариев развития загрязнения и оценка рисков воздействия на окружающую среду. Комплексные экологические наблюдения за захоронениями включают:

- изучение геолого-гидрогеологических условий участков;
- обоснование и сооружение режимной сети наблюдательных скважин за подземными водами;
- установление возможных путей миграции пестицидов в окружающую среду;
- аналитические исследования проб на содержание пестицидов;
- обоснование и последующее проведение постоянного локального мониторинга на каждом из захоронений.

РУП «Бел НИЦ «Экология» проводит наблюдения за подземными захоронениями пестицидов с 2003 года. Объектами исследований являются все захоронения непригодных пестицидов, построенные в Республике Беларусь, предметом исследований – воздействие захороненных пестицидов на окружающую среду.

Согласно официальным данным Минсельхозпрода Республики Беларусь на территории нашей страны в 1971-1988 гг. построено 7 захоронений непригодных или запрещенных к применению в растениеводстве пестицидов (таблица 4.1). [17, 26]

Таблица 4.1 – Подземные захоронения

Захоронения	Год захоронения	Количество пестицидов, тонн	Место захоронения	Начало исследований на участках захоронений, год
<b>Брестское</b>	1978	80	Брестский р-н, юго-западнее населенного пункта Митьки	2004
	1988	42		
	<b>Итого:</b>	<b>122</b>		
<b>Верхнедвинское</b>	1982	455	Верхнедвинский р-н, с-з «Дрисненский»	2003
<b>Городокское</b>	1973	411	Городокский р-н, Щелбовское лесничество	2005
<b>Дрибинское</b>	Декабрь 1974	152	Дрибинское захоронение на территории Мстиславльского р-на, Темнолесское лесничество, кв. 106	2003
	1983	202		
	1988	176		
	<b>Итого:</b>	<b>530</b>		
<b>Петриковское</b>	1974	521	Петриковский р-н, Кошевичское лесничество, кв. 52	2003
	1980	297		
	1986	253,7		
	1988	351,6		
	<b>Итого:</b>	<b>1423,3</b>		
<b>Поставское</b>	Октябрь 1971	100	Поставский р-н	2006
<b>Слонимское</b>	Декабрь 1974	892	Слонимский р-н, Альбертинское лесничество, кв. 140	2004
<b>Всего:</b>		<b>3933,3</b>		

Административно они расположены следующим образом: три в Витебской области и по одному в Брестской, Гомельской, Гродненской и Могилевской областях. Географически на территории республики их местоположение выбрано в северо-западной (Верхнедвинское и Поставское), крайней северо-восточной (Городокское), восточной (Дрибинское), южной (Петриковское), крайней юго-западной (Брестское) и западной (Слонимское) частях.

Трансграничные условия местоположения захоронений характеризуются следующим образом: Верхнедвинское захоронение расположено у Государственной границы Республики Беларусь с Латвийской Республикой и Российской Федерацией. Минимальное расстояние до границы с Латвией составляет 7 км к северо-западу у д. Ворзово. Граница с Российской Федерацией проходит к северо-востоку от участка, кратчайшее расстояние до нее (у оз. Белое) – 28 км. Участок расположения 3 границ (Беларуси, Латвии и России) находится от захоронения пестицидов на удалении 10 км к северу от оз. Освейское. Брестское захоронение расположено в 2,8 км к западу от границы с Республикой Польша, проходящей по руслу р. Западный Буг. От Городокского захоронения граница с Российской Федерацией расположена в 10 км к северо-востоку. Местоположение Дрибинского захоронения выбрано в 12 км к востоку от границы с Россией. От Петриковского захоронения до границы с Украиной 110 км к югу, а с Россией 195 км к востоку. Поставское захоронение расположено в 20 км к юго-востоку от границы с Литовской Республикой, Слонимское захоронение находится в 100 км к востоку от границы с Республикой Польша.

Захоронения пестицидов на территории Беларуси размещены таким образом, что поверхностный сток от них попадает в конечном итоге в крупные реки: Брестское – в р. Западный Буг, Верхнедвинское, Городокское и Поставское – в р. Западная Двина, Дрибинское – в реки Проня, Сож и далее в Днепр, Петриковское – в р. Припять и далее в р. Днепр, Слонимское – в р. Неман. Очевидно, что пестициды в случае их миграции из захоронений могут оказаться в поверхностных водах сопредельных государств.

Первым из захоронений было построено в 1971 г. Поставское, затем в 1973 г. Городокское, в 1974 г. Слонимское, в 1982 г. Верхнедвинское. Сооружение остальных захоронений осуществлялось в несколько этапов: Брестское – в 1978 и 1988 гг., Дрибинское – в 1974, 1983 1988 гг. и Петриковское – в 4 этапа (1974, 1980, 1986 и 1988 гг.). Строительство захоронений осуществлялось в соответствии с требованиями действовавшей в тот период временной инструкции по уничтожению ядохимикатов и тары из под них [17]. Инструкцией предусматривалось устройство противofильтрационных экранов в стенках и днищах траншей из глины с утрамбовкой толщиной не менее 1 м с последующим укрытием полиэтиленовой пленкой. После заполнения траншей пестицидами захоронения должны были сверху перекрыты экраном из глины и полиэтиленовой пленкой с последующей засыпкой местным грунтом. На 6 захоронениях в качестве хранилищ использованы траншеи. Только на Брестском захоронении хранение ядохимикатов было осуществлено в бетонном капонири форта под номером литера «З», возведенного в 1912-1915 гг. и входившего во внешнее кольцо Брестской крепости.

Результаты анализа материалов, относящихся к строительству захоронений, показали, что проектная, а также исполнительная документация на строительство захоронений, в том числе и акты на скрытые работы для всех участков не сохранились. Поэтому подтвердить соблюдение требований нормативных документов в процессе строительства не представляется возможным. Ответ на этот вопрос можно будет получить только при полной ликвидации захоронений и извлечении из них ядохимикатов.

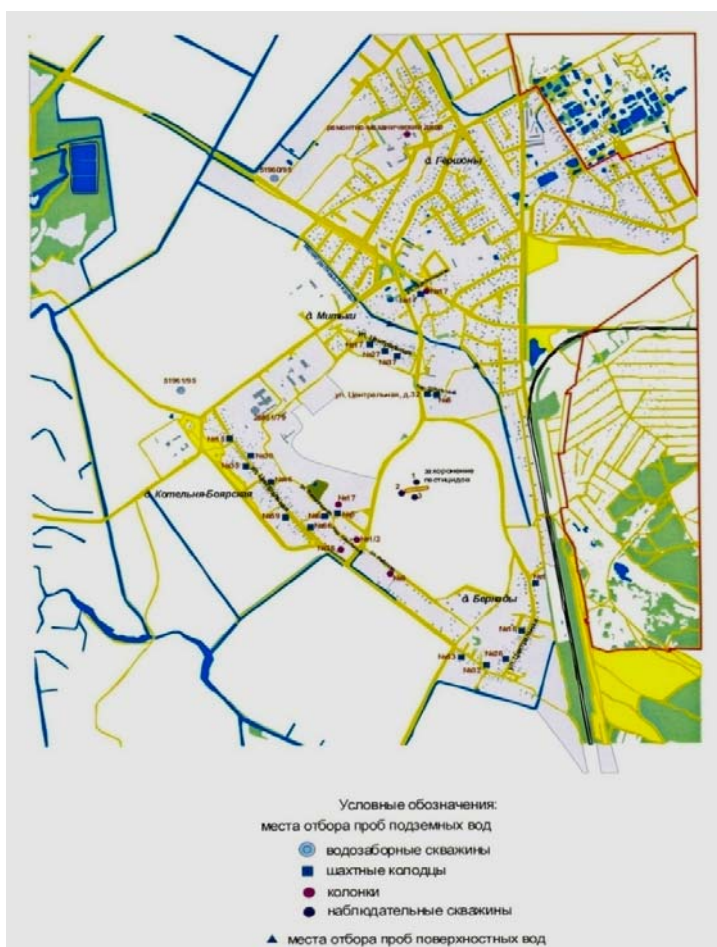
Так, в 2007 г. было ликвидировано Брестское захоронение посредством извлечения ядохимикатов из хранилищ, их переупаковки в металлические контейнеры. Извлеченные пестициды (общая масса вывезенных пестицидов составила 380 тонн

вместо 122, указанных изначально в сохранившейся документации) были вывезены и складированы на «Гомельском комплексе по переработке и хранению токсичных промышленных отходов». Поэтому для Брестского захоронения в рамках данной работы производился контроль содержания пестицидов в подземных водах после ликвидации захоронения. Сделать это было необходимо для того, чтобы убедиться, что грунты под Брестским захоронением не загрязнены пестицидами и полностью ликвидирована опасность загрязнения окружающей среды СОЗ в районе расположения бывшего захоронения.

#### **Характеристика природных условий участков захоронений пестицидов**

Участки захоронений непригодных пестицидов расположены на территории всей республики (минимальное расстояние (130 км) характерно между Верхнедвинским и Поставским захоронениями, максимальное (570 км) – между Брестским и Городокским). В связи с этим участки захоронений существенно отличаются природными условиями, которые оказывают заметное влияние на миграцию ядохимикатов из хранилищ в объекты окружающей среды. Ниже приводится краткая характеристика природных условий участков.

Брестское захоронение располагалось в пригороде г. Брест в юго-западной части между дд. Котельня-Боярская, Митьки и Бернады, которые по генплану 2003 г. включены в городскую черту областного центра (рисунок 4.1). В орографическом отношении участок расположен на междуречье р. Западный Буг и его правого притока Мухавца. Расстояние до их русел составляет 2,8 км к западу и 6,0 км к северу соответственно. Геоморфологически территория относится к водноледниковой равнине, переходящей к речным долинам в первую надпойменную террасу, которая в, свою очередь, ближе к руслам рек сменяется поймой. Абсолютные отметки земной поверхности уменьшаются в северо-западном направлении от 143,0 м у д. Митьки, до 132 м при впадении р. Мухавец в р. Западный Буг.



**Рисунок 4.1 – Обзорная карта района Брестского захоронения с точками отбора проб подземных и поверхностных вод**

По данным региональных геолого-гидрогеологических исследований в геоструктурном отношении Брестское захоронение расположено в пределах Брестской впадины, где глубина залегания кровли кристаллического фундамента, а соответственно и мощность гидрогеологического разреза достигает 1,5 км.

Литологически коренные породы представлены преимущественно карбонатными разностями–известняками, реже мергелями (ордовик, силур, верхняя юра), белым писчим мелом (верхний мел), а также песчаниками, песками с прослоями глин

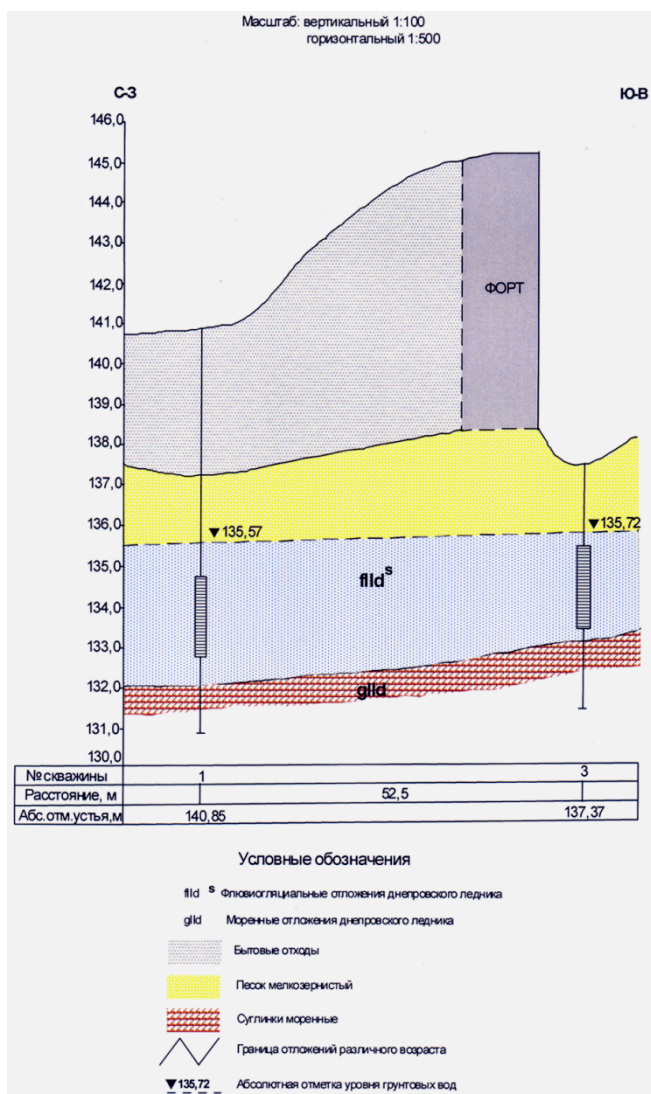


(кембрий, нижняя юра), песчаниками, алевролитами (верхний венд), туфами, базальтами, туффитами (нижний венд). На верхнемеловых отложениях, кровля которых вскрывается скважинами на глубинах 40-50 м, залегают палеогеновые пески, реже супеси и суглинки. Мощность палеогена составляет 4-10 м. Выше по разрезу залегают четвертичные образования, представленные (сверху вниз) водноледниковыми преимущественно мелкозернистыми песками (мощность 3-8 м), подстилаемые супесями и суглинками днепровской морены (мощность 8-13 м). Под мореной на палеогеновых песках залегают мелкозернистые пески времени отступления днепровского оледенения (мощность 5-10 м). Суммарная мощность четвертичных образований составляет 23-34 м.

В гидрогеологическом разрезе района выделяются грунтовые и межпластовые подземные воды, стратиграфически подразделяемые на водоносные горизонты. Гидрогеологический разрез до верхнего мела включительно приведен на рисунке 3. Меловая толща мощностью 140-160 м защищает от загрязнения залегающие глубже межпластовые воды.

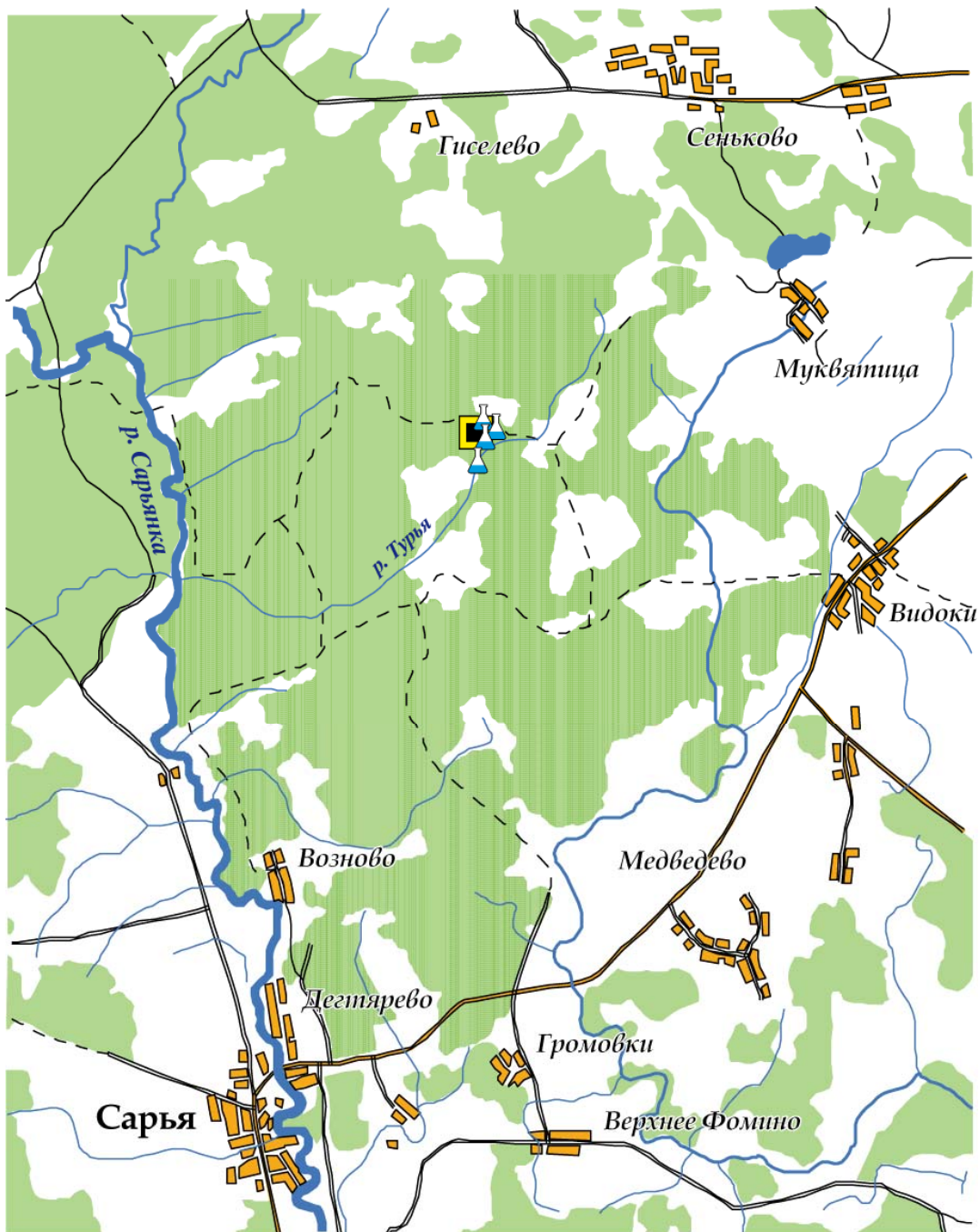
На участке захоронения прилегающая к капониру с северо-востока территория использовалась до 1988 г. под полигон твердых бытовых отходов, мощность которых по данным бурения наблюдательных скважин составила 4-6 м. Грунтовые воды залегают под отходами в водноледниковых песках на глубине 1,65 м в пределах естественного рельефа и 5,3 м в пределах ПТБО (рисунок 4.2). Нижним водоупором грунтовым водам служит днепровская морена, кровля которой вскрывается на глубинах 4-11 м. Полигон отходов оказывает значительное воздействие на состояние грунтовых вод, загрязняя их. Подземный сток от участка, как и поверхностный, направлен к северо-западу в долины рек Западный Буг и Мухавец.

На участке захоронения прилегающая к капониру с северо-востока территория использовалась до 1988 г. под полигон твердых бытовых отходов, мощность которых по данным бурения наблюдательных скважин составила 4-6 м. Грунтовые воды залегают под отходами в водноледниковых песках на глубине 1,65 м в пределах естественного рельефа и 5,3 м в пределах ПТБО (рисунок 4.2). Нижним водоупором грунтовым водам служит днепровская морена, кровля которой вскрывается на глубинах 4-11 м. Полигон отходов оказывает значительное воздействие на состояние грунтовых вод, загрязняя их. Подземный сток от участка, как и поверхностный, направлен к северо-западу в долины рек Западный Буг и Мухавец.





**Рисунок 4.2 – Геолого-гидрогеологический разрез участка Брестского захоронения**

Верхнедвинское захоронение административно расположено в северо-западной части Верхнедвинского района в приграничной зоне с Латвийской Республикой в 18 км к северу от районного центра г. Верхнедвинск. Второй ближайший крупный населенный пункт – г.п. Освея находится в 12 км к северо-востоку (рисунок 4.3). Площадка под захоронение выбрана, вероятно, визуальнo (по обнажению глин) в лесу в 68 квартале (выдел 13) Сарьяновского лесничества.



Условные обозначения

-  захоронение пестицидов
-  места отбора проб воды

**Рисунок 4.3 – Обзорная карта Верхнедвинского захоронения с точками отбора проб воды (масштаб 1:70 000)**

Речная сеть района относится к правобережному бассейну р. Западная Двина и представлена ее правыми притоками – реками Сарьянка и Ужица. Верхнедвинское захоронение расположено в долине р. Турья (левый приток р. Сарьянка). Она берет свое начало в 2,5 км на запад от д. Муквятица, расположенной в 5 км к востоку от участка и впадает в р. Сарьянка слева в 15 км от устья основной реки. Площадка для

строительства захоронения выбрана между двумя короткими ручьями субширотного (южный) и субмеридиального (восточный) направлений на правобережье долины р. Турья. В 500 м от русла Турьи и в 190 м от участка названные ручьи сливаются и образуют безымянный правый приток Турьи. Долины обоих ручьев V-образные, шириной поверху 60-100 м. Абсолютные отметки тальвегов уменьшаются вниз по течению и в точке слияния составляют 145 м. Глубина эрозионного вреза при этом достигает 5,0 м. Абсолютная отметка русла Турьи в устье исследуемого правого притока 137,5 м.

Восточный ручей у захоронения вытекает из небольшого по площади (до 60 м в диаметре) болота круглой формы, расположенного в 50 м к северо-востоку от захоронения. В месте истока ручья семейством бобров устроена плотина, подпора которой хватает, чтобы удерживать воду круглый год, хотя болото и русла ручьев в меженные периоды пересыхают.

В геоморфологическом отношении район Верхнедвинского захоронения приурочен к Латгальской возвышенности и Полоцкой низине. Латгальская возвышенность заходит на территорию Беларуси своей восточной частью. Абсолютные отметки ее поверхности составляют 160-175 м. [10, 17].

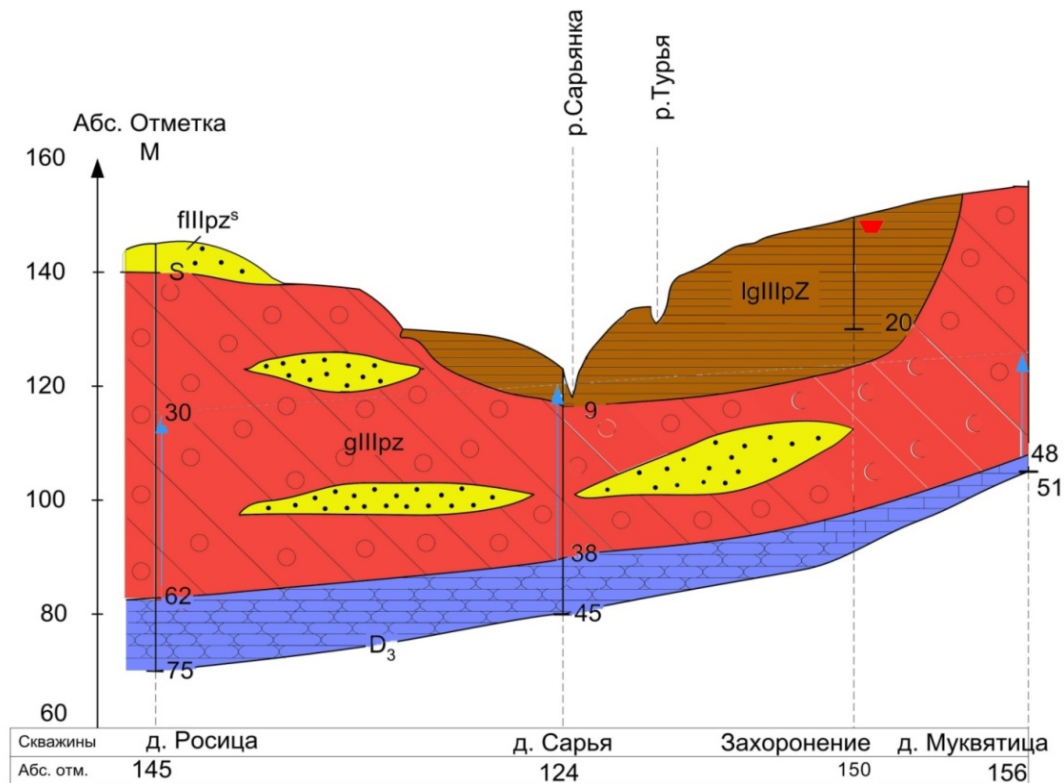
В геоструктурном отношении исследуемый район расположен в пределах северо-восточной части Белорусско-Литовского свода. Он характеризуется относительно неглубоким (650-680 м) залеганием кровли кристаллического фундамента. В геологическом разрезе (снизу вверх) выделяются породы кристаллического фундамента (диориты, граниты, гнейсы), верхнего протерозоя (гравелиты, глины, алевролиты), нижнего кембрия (пески, песчаники) и девона.

Непосредственно на участке захоронения с поверхности, иногда под маломощным слоем (до 1,5 м) глинистых песков залегают ленточные глины. Пятью разведочными скважинами глубиной 15-20 м, расположенными по условиям подъезда с трех сторон, глины не пройдены. Полный разрез четвертичных отложений на участке идентифицирован по геологическим разрезам водозаборных скважин в ближайших населенных пунктах. По этим данным на участке мощность ленточных глин оценивается в 25 м, они подстилаются глинистыми породами позерской морены (рисунок 4.4).

По гидрогеологическим условиям исследуемый район расположен в восточной части Прибалтийского артезианского бассейна. Вследствие залегания с поверхности глин грунтовые воды на участке отсутствуют. Поэтому на водоупорных породах на небольшой глубине в маломощных глинистых песках образуется верховодка.

Межпластовые воды представлены (сверху вниз) сожско-поозерским горизонтом, саргаевским, старооскольским и наровским водоносными горизонтами девона.

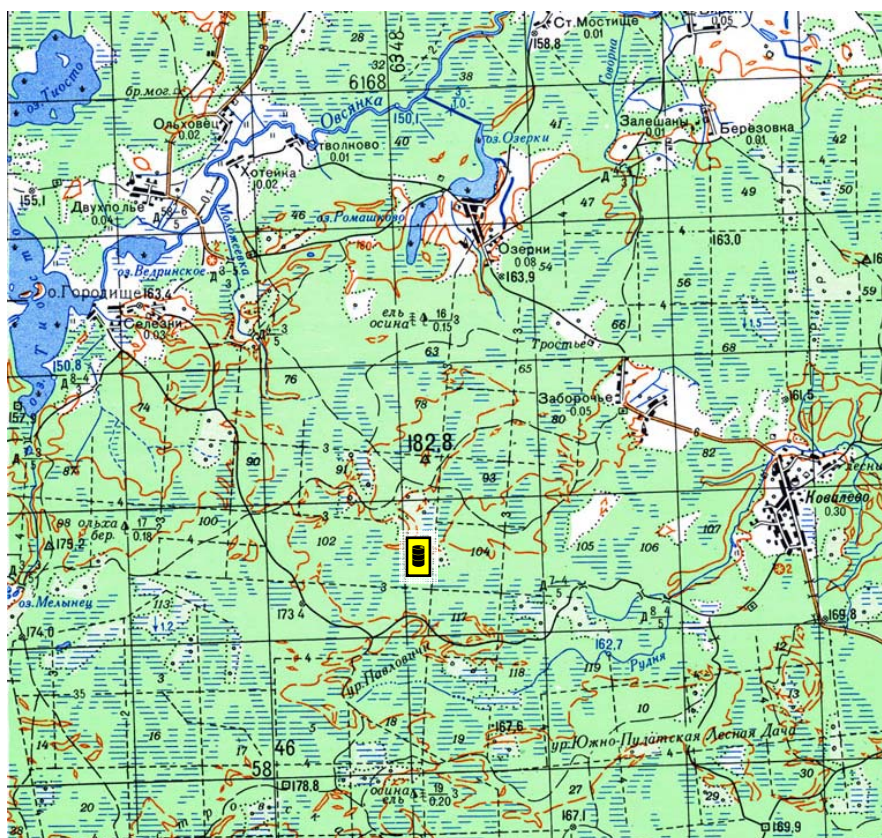
Глубина залегания сожско-поозерского горизонта составляет 13-49,2 м, а мощность 19,4-57,6 м. Он имеет тесную гидравлическую связь с саргаевским и общую с ним пьезометрическую поверхность, устанавливающуюся на глубинах от 14,0 до 37 м в зависимости от рельефа. Величина напора составляет 20-30 м. Необходимо отметить, что верховодка не связана с межпластовыми водами, которые никакого влияния не оказывают на условия хранения пестицидов.



**Рисунок 4.4 – Схематический геолого-гидрогеологический разрез района Верхнедвинского захоронения**

Городокское захоронение расположено в крайней северо-восточной части как республики в целом, так и Витебской области и Городокского района. Районный центр Городок расположен в западной части района в 36 км от захоронения. Окружающая захоронение территория характеризуется залесенностью, местами заболоченностью и малочисленностью небольших сельских населенных пунктов. Ближайшие из них расположены в 3,5-6,0 км (рисунок 4.5). Участок захоронения расположен в пределах Суражской низины, разделяющей Витебскую и Городокскую возвышенности. Она характеризуется полого-волнистой поверхностью, осложненной эоловыми образованиями. Ее абсолютные отметки изменяются от 168,0 до 181,2 м. К одному из холмов приурочено захоронение.





Условные обозначения:



- место расположения захоронения

**Рисунок 4.5 – Обзорная карта района Городокского захоронения непригодных пестицидов**

Гидрографическая сеть в районе захоронения относится к бассейну р. Западная Двина. Ближайшей к захоронению является р. Овсянка – правый приток р. Усвяча, впадающей в р. Западная Двина в Витебском районе у г.п. Сураж. Река Овсянка берет начало на Городокской возвышенности, течет через 7 проточных озер и впадает в р. Усвяча на территории Псковской области у д. Любань. Долина в верхнем и нижнем течении трапецеидальная шириной 300–400 м. Длина реки 90 км, площадь водосбора 548 км<sup>2</sup>. В долине р. Овсянка большое количество озер и безымянных притоков. Наиболее крупное озеро Тиосто площадью 5,35 км<sup>2</sup> расположено в 3,0 км к северо-западу от захоронения. В 5 км от оз. Тиосто вниз по течению р. Овсянка расположены 2 относительно небольших озера: Ромашково и Озерки.

В геоструктурном отношении район захоронения расположен в пределах западного борта обширной Оршанской впадины. Кровля фундамента вскрыта опорной скважиной в районном центре на глубине 1380 м.

В гидрогеологическом разрезе района наблюдается чередование водопроницаемых и водоупорных пород. Региональным водоупором, как и на Верхнедвинском участке, служит мергельно-глинистый слой наровского горизонта. Он разделяет пресные и минерализованные воды. В отложениях девона стратиграфически выделяются водоносные горизонты, аналогичные геологическим. Все они относятся к межпластовым водам и вместе с водами четвертичных пород образуют зону активного водообмена, которая дренируется долиной Западной Двины.

Первыми от земной поверхности во флювиогляциальных песках залегают грунтовые воды. Нижним водоупором им служат супеси и суглинки поозерской морены. они вскрыты всеми наблюдательными скважинами на глубинах 1,80–3,18 м. На участке мощность грунтового потока составляет от 4 до 6 м. Межпластовые воды в



четвертичных отложениях образуют 2 водоносных горизонта: сожско-поозерский между поозерской и сожской моренами и сожский подморенный.

Дрибинское захоронение расположено в крайней западной части Мстиславльского района в 2 км от административной границы с Дрибинским районом. До районных центров г. Мстиславль и г.п. Дрибин расстояние составляет 30 и 11 км соответственно. Ближайшие сельские населенные пункты расположены на расстоянии 3 км (дд. Темный Лес, Каменка, Ремество), 4 км (дд. Славное, Старина, Черноусы) (рисунок 4.6).



Условные обозначения

- захоронение пестицидов
- Места отбора проб воды:
- на содержание пестицидов
- на содержание ртути
- граница предполагаемой зоны влияния захоронения пестицидов

Рисунок 4.6 – Обзорная карта района Дрибинского захоронения с точками отбора проб воды

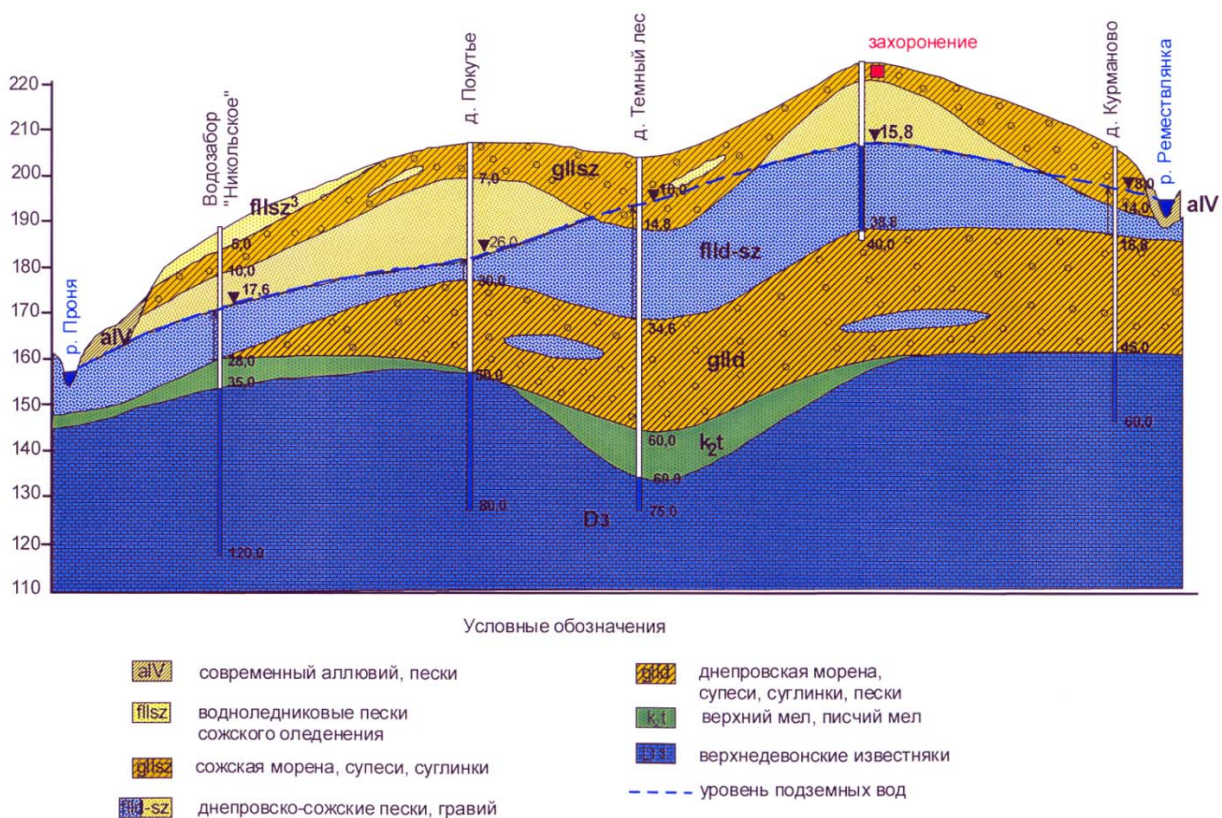


В геоморфологическом отношении район захоронения приурочен к северной части Оршанско-Могилевской равнины, характеризующейся пологоволнистой поверхностью, пересеченной долинами рек и ручьев. Абсолютные отметки поверхности изменяются в пределах 170-236 м и снижаются в направлении речных долин.

Гидрографическая сеть района относится к бассейну р. Днепр и представлена левыми притоками р. Проня. Ближайшим поверхностным водотоком является р. Ремествлянка. Вследствие ледникового характера рельефа ее долина опоясывает район захоронения с юга (от истока), востока и севера. С запада водный пояс замыкает р. Проня. В результате такое расположение речной сети образовало практически изолированную возвышенность длиной 15 км и шириной около 8 км. Местный водораздел ее располагается в 1,5 км восточнее д. Темный Лес и вытянут в северо-западном направлении. Исследуемый участок захоронения приурочен к юго-восточной части возвышенности, к водоразделу. [19, 22]

В геоструктурном отношении Дрибинское захоронение расположено в пределах Оршанской впадины. Мощность осадочных пород в ней до кровли кристаллического фундамента оценивается в 1,5 км. Коренные отложения представлены верхнепротерозойскими, девонскими, юрскими и меловыми породами.

В геологическом разрезе верхней части отложений выделяются сверху вниз лессовидные супеси, реже суглинки мощностью 1,0-1,5 м, моренные супеси и суглинки сожского (glsz) оледенения мощностью от 3 до 20 м, водноледниковые днепровско-сожские (gld-sz) пески разнотернистые (мощность 20-35 м), супеси и суглинки днепровской (gld) морены (мощность от 2 до 30 м). Локально распространены под днепровской мореной водноледниковые пески березинского оледенения ( $f_1br^s$ ). Четвертичные образования подстилаются коренными породами, в верхней части которых залегает белый писчий мел туронского яруса (рисунок 4.7).



**Рисунок 4.7 – Геолого-гидрогеологический разрез района Дрибинского захоронения**

В гидрогеологическом разрезе выделяются следующие водоносные горизонты (сверху вниз): днепровско-сожский, туронский верхнего мела, саргаевско-семилукский, старооскольско-ланский и наровский девона. Все горизонты относятся к межпластовым водам. По подошве старооскольского горизонта проходит граница пресных и минерализованных вод. Мощность зоны пресных вод составляет 260-280 м.

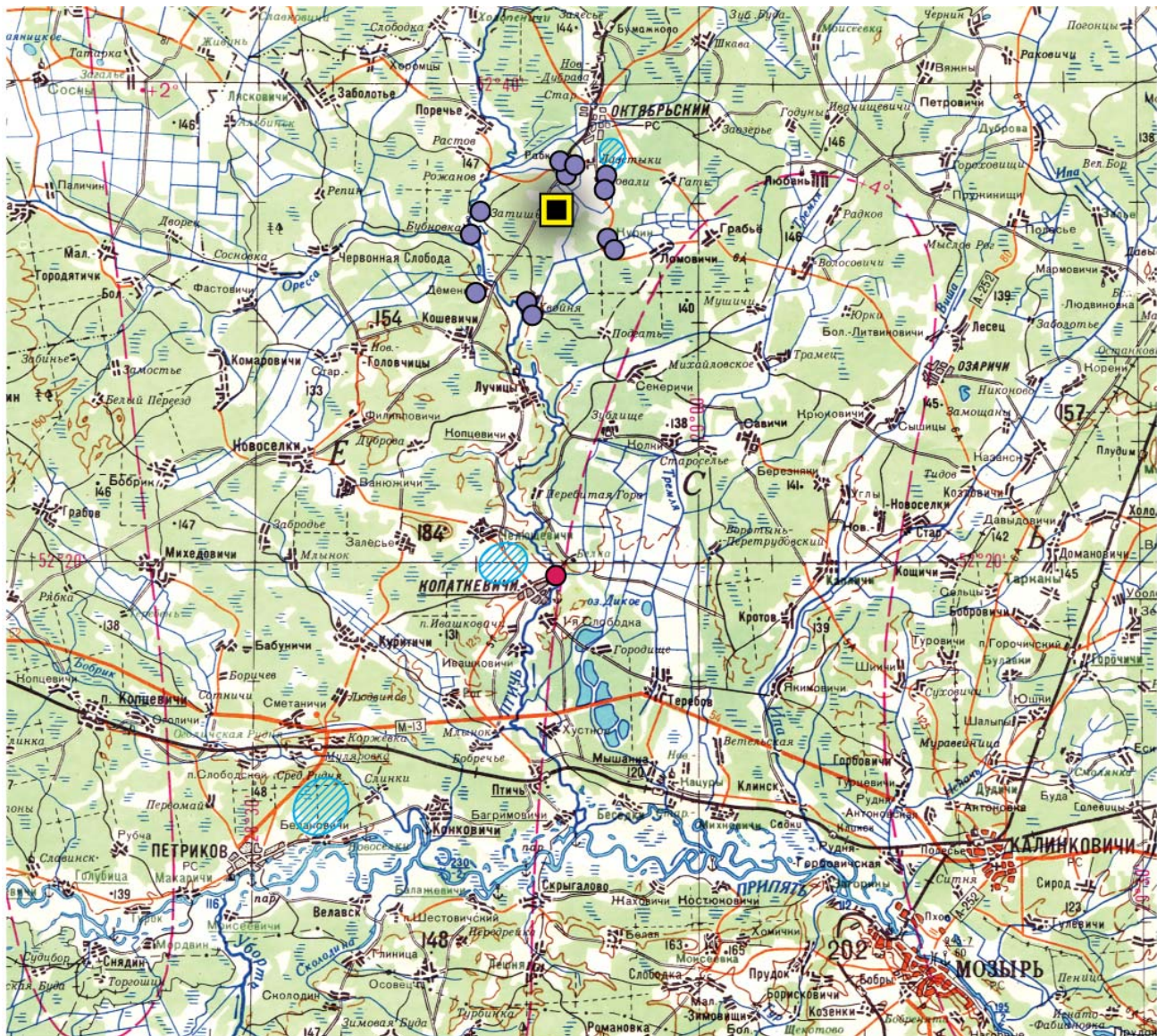
Непосредственно на участке захоронения наблюдательными скважинами глубиной 35-40 м вскрыты (сверху вниз): сожская морена, межморенный днепровско-сожский водоносный горизонт и днепровская морена. Межморенный водоносный горизонт в связи с расположением участка на водоразделе безнапорный. Статические уровни в наблюдательных скважинах установились на глубинах 15,61-15,73 м.

Петриковское захоронение пестицидов расположено в северной части Петриковского района Гомельской области в 42 км к северо-востоку от районного центра г. Петриков. До административного центра соседнего Октябрьского района – г.п. Октябрьский 8,0 км к северо-северо-востоку.


В геоморфологическом отношении участок расположен на флювиогляциальной равнине левобережья р. Птичь. Она характеризуется ровной, слабо наклонной к руслу реки поверхностью, осложненной холмами и небольшими грядами эолового происхождения. Абсолютные отметки изменяются в пределах 125,5-142,0 м. Ближайшим крупным поверхностным водотоком является р. Птичь – левый приток р. Припять. Слева р. Птичь принимает небольшие притоки – Нератовку и Неславку (рисунок 4.8). Заболоченные участки осушены мелиоративными канавами. Поверхностный сток от участка захоронения направлен к юго-западу.

В геоструктурном отношении захоронение расположено в северной части самой глубокой в нашей стране впадины на кровле кристаллического фундамента – Припятского прогиба. Мощность осадочных пород достигает 3,5 км. Характеристика геолого-гидрогеологических условий района приводится по материалам региональных геологических исследований [17, 26].





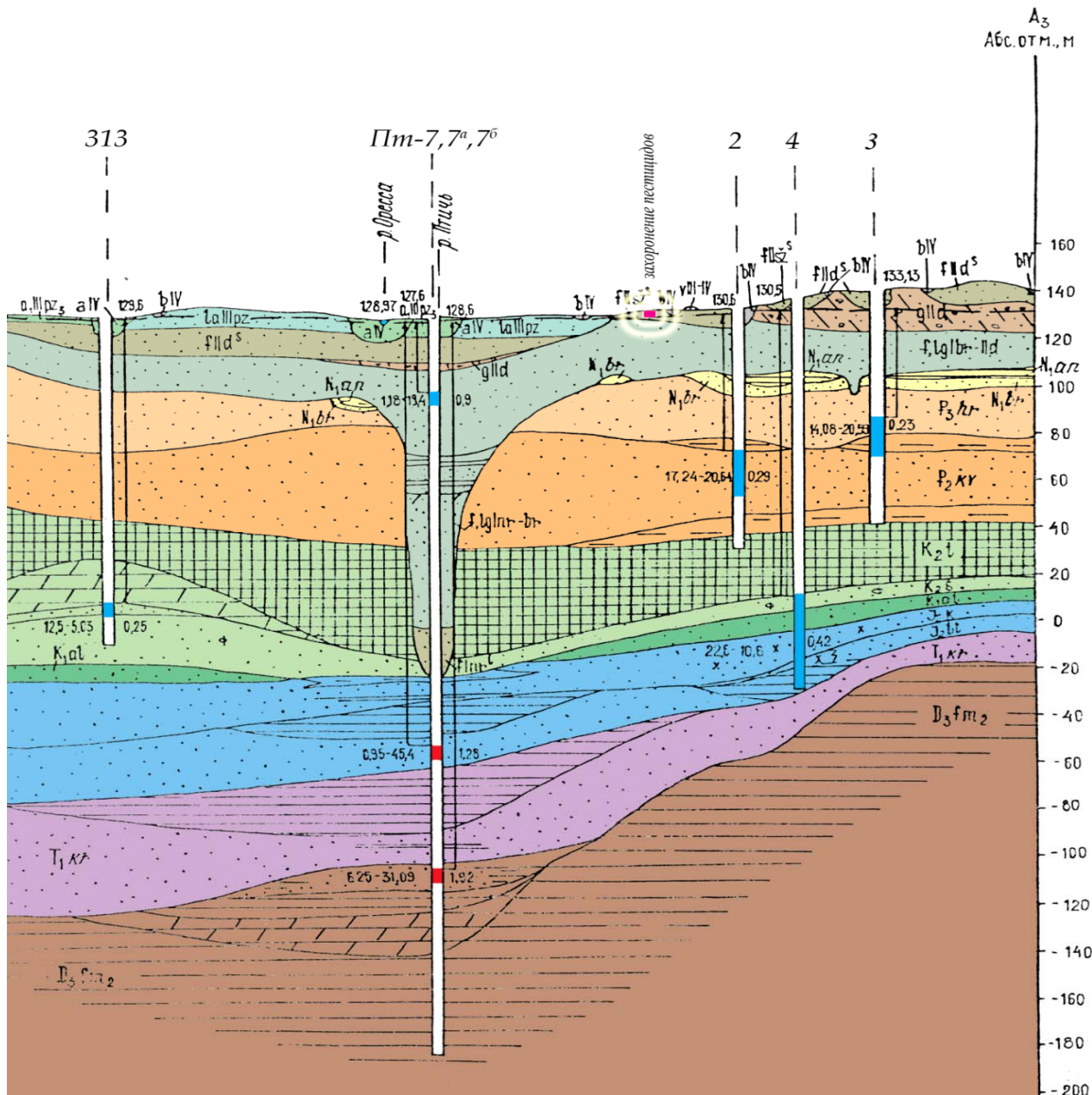
Условные обозначения

- |   |                        |   |                                    |
|---|------------------------|---|------------------------------------|
|  | захоронение пестицидов |  | водозаборные скважины питьевых вод |
|  | групповые водозаборы   |  | скважины минеральных вод           |

**Рисунок 4.8 – Обзорная карта района Петриковского захоронения непригодных пестицидов**

В геологическом разрезе района (снизу вверх) стратиграфически выделяются породы верхней зоны фундамента (граниты, габбро, гнейсы), верхнепротерозойские (переслаивание песчаников, песков, алевролитов, глин, реже базальтов и туфов), девонские (доломиты, известняки, глины, пески, алевролиты, соль и др.), триасовые (пески), юрские (глины, пески), меловые (пески, белый писчий мел), палеогеновые (пески), неогеновые (пески и глины) отложения. Глубина залегания девонских отложений составляет 160-230 м, палеогеновых 10-40 м. В разрезе четвертичных отложений выделяются березинско-днепровские (пески), днепровские (моренные супеси и суглинки), сожско-днепровские (пески) и современные аллювиальные (пески) образования (рисунок 4.9).





**Рисунок 4.9 – Геолого-гидрогеологический разрез района захоронения**

Водопроницаемые горные породы обводнены на всю мощность гидрогеологического разреза до верхней трещиноватой зоны кристаллического фундамента включительно. При этом пресные воды залегают до кровли глин батского яруса верхней юры (в среднем 130-138 м), а глубже – минерализованные. В разрезе пресных вод выделяются (сверху вниз) грунтовые и межпластовые воды.

В гидрогеологическом разрезе пресных вод выдержанные по мощности и простиранию водоупоры отсутствуют. Залегающая сверху преимущественно песчаная толща четвертичных и неоген-палеогена подстилается белым писчим мелом туронского яруса, верхняя пластичная часть которой может рассматриваться как относительный водоупор. Глубина залегания его кровли в среднем составляет около 100 м. Глубина залегания грунтовых вод, распространенных в верхней части этой толщи, составляет 1-6 м в зависимости от рельефа местности. Непосредственно на участке захоронения при бурении наблюдательных скважин грунтовые воды вскрыты на глубинах 2,28-7,46 м

Поставское захоронение расположено в южной части Поставского района в 3,5 км к северу от административной границы, разделяющей Витебскую и Минскую области. От районного центра г. Поставы захоронение удалено на 7 км к югу. Ближайшие сельские населенные пункты расположены в 1-5,5 км.

Участок захоронения выбран в пределах полого-волнистой моренной равнины, осложненной конечно-моренными холмами. Абсолютные отметки поверхности в районе изменяются от 160 до 200 м и более, на участке они составляют 162-164 м.

Ближайшей к захоронению рекой является р. Мяделка. Она вытекает из оз. Мядель у д. Лопоси соседнего Мядельского района, расположенного в 8 км к югу от захоронения, и течет с юга на север. Река Мяделка впадает южнее г. Поставы в р. Бирета – правый приток р. Десна (рисунок 4.10). Захоронение приурочено к водораздельной части бассейнов р. Западная Двина и р. Вилия. Линия водораздела между ними проходит между озерами Нарочь и Мядель в 14 км к югу от захоронения. Абсолютные отметки водораздела достигают 209-233 м.

Гидрографическая сеть отличается тем, что долина р. Мяделка расположена между двумя долинами того же направления. Это долина р. Лучайка – правого притока р. Мяделка, а слева расположена система проточных озер, соединяющаяся с р. Мяделка в северном пригороде г. Поставы.

Поверхностный сток имеет северное направление от водораздела р. Западная Двина и р. Вилия.

В геоструктурном отношении район приурочен к Балтийской моноклинали с неглубоким (550-580 м) залеганием кристаллического фундамента. В геологическом разрезе коренных пород стратиграфически выделяются (сверху вниз) отложения наровского горизонта среднего девона (глины, известняки, мергели суммарной мощностью 14-47 м). Девонские отложения подстилаются нижнекембрийскими песками, песчаниками, глинами. На фундаменте под кембрием залегают верхнепротерозойские пески, гравелиты, глины, алевролиты. Породы фундамента представлены гранитами, гнейсами. Мощность коренных пород составляет в среднем 370 м. [19, 23]

На девонских отложениях залегают четвертичные образования, в разрезе которых выделяются сверху вниз (в скобках мощность в метрах) моренные супеси и суглинки и конечно-моренные пески поозерского оледенения (5-30), межморенные сожско-поозерские пески мелкозернистые водонасыщенные (10-60), моренные супеси и суглинки сожского оледенения (34-51), межморенные днепровско-сожские пески мелко-среднезернистые с гравием (42-83), моренные супеси и суглинки днепровского оледенения (12-25).

В гидрогеологическом разрезе выделяются пресные и минерализованные воды. Их разделяет региональный водоупор, представленный глинами нижнего кембрия. Мощность зоны пресных вод оценивается в 250-300 м. Первыми от земной поверхности залегают грунтовые воды во флювиогляциальных песках поозерского оледенения. Нижним водоупором им служит поозерская морена. Глубже распространены межпластовые воды, подразделяемые на водоносные горизонты (сверху вниз): сожско-поозерский, днепровско-сожский и наровский водоносные горизонты пресных вод. На участке захоронения разведочными скважинами глубиной 22 и 30 м вскрыты флювиогляциальные пески, подстилаемые поозерской мореной, вскрытая мощность которой достигает 12 м.





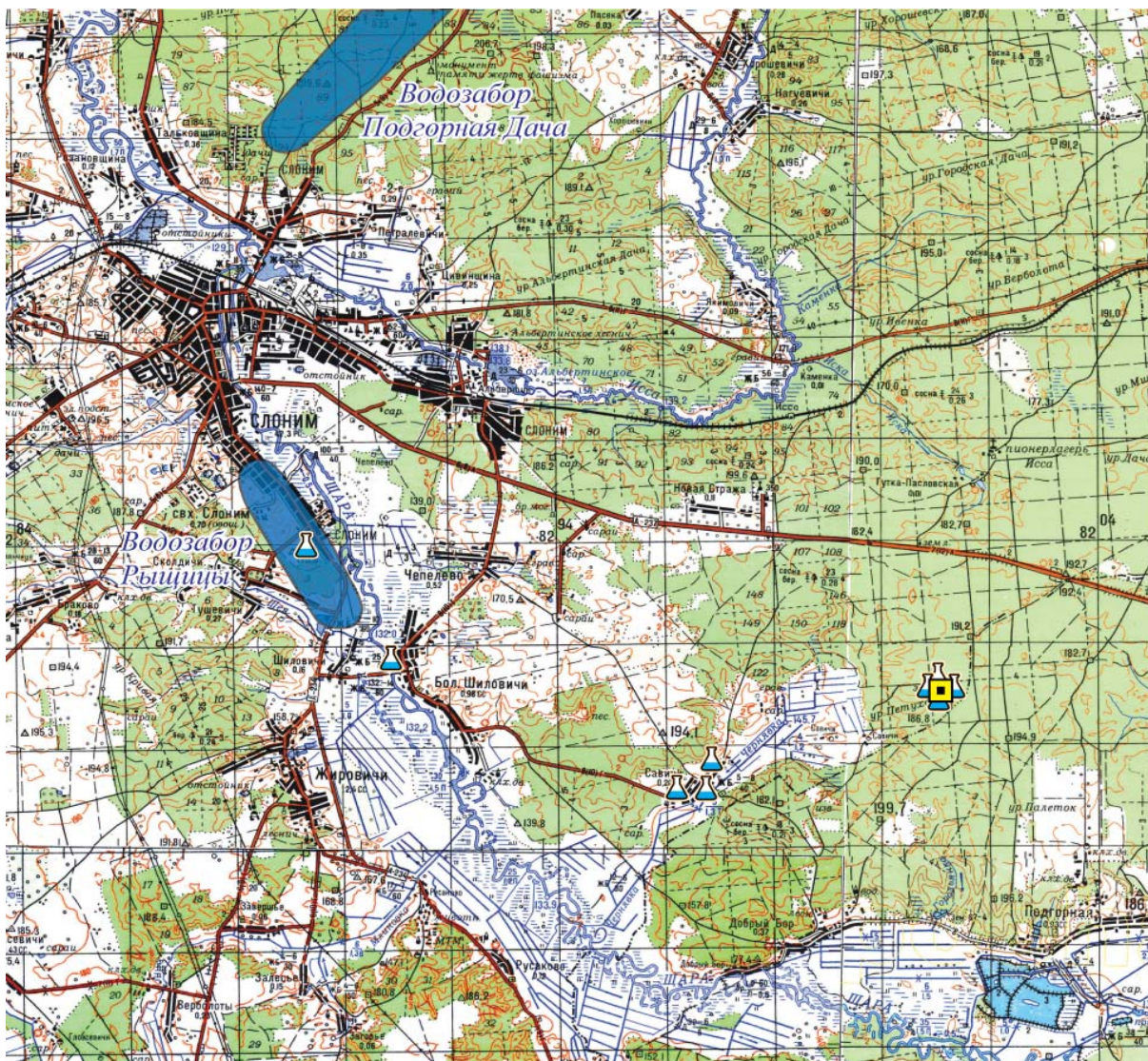
Условные обозначения:  – место расположения захоронения

**Рисунок 4.10 – Обзорная карта района Поставского захоронения непригодных пестицидов**

Слонимское захоронение расположено в крайней восточной части Слонимского района Гродненской области в 450 м к западу от административной границы Барановичского района Брестской области. От районного центра г. Слоним участок удален к востоку на 20 км. [19, 24, 25].

Район захоронения расположен на южной окраине Новогрудской возвышенной конечно-моренной гряды, сформированной во время сожского оледенения. Она занимает всю правобережную часть бассейна р. Щара. Поверхность гряды холмистая, пересеченная поверхностными водотоками. Ее абсолютные отметки изменяются в пределах 180-200 м и снижаются в речных долинах до 135-140 м (рисунок 4.11).





Условные обозначения:

- захоронение пестицидов
- места отбора проб воды

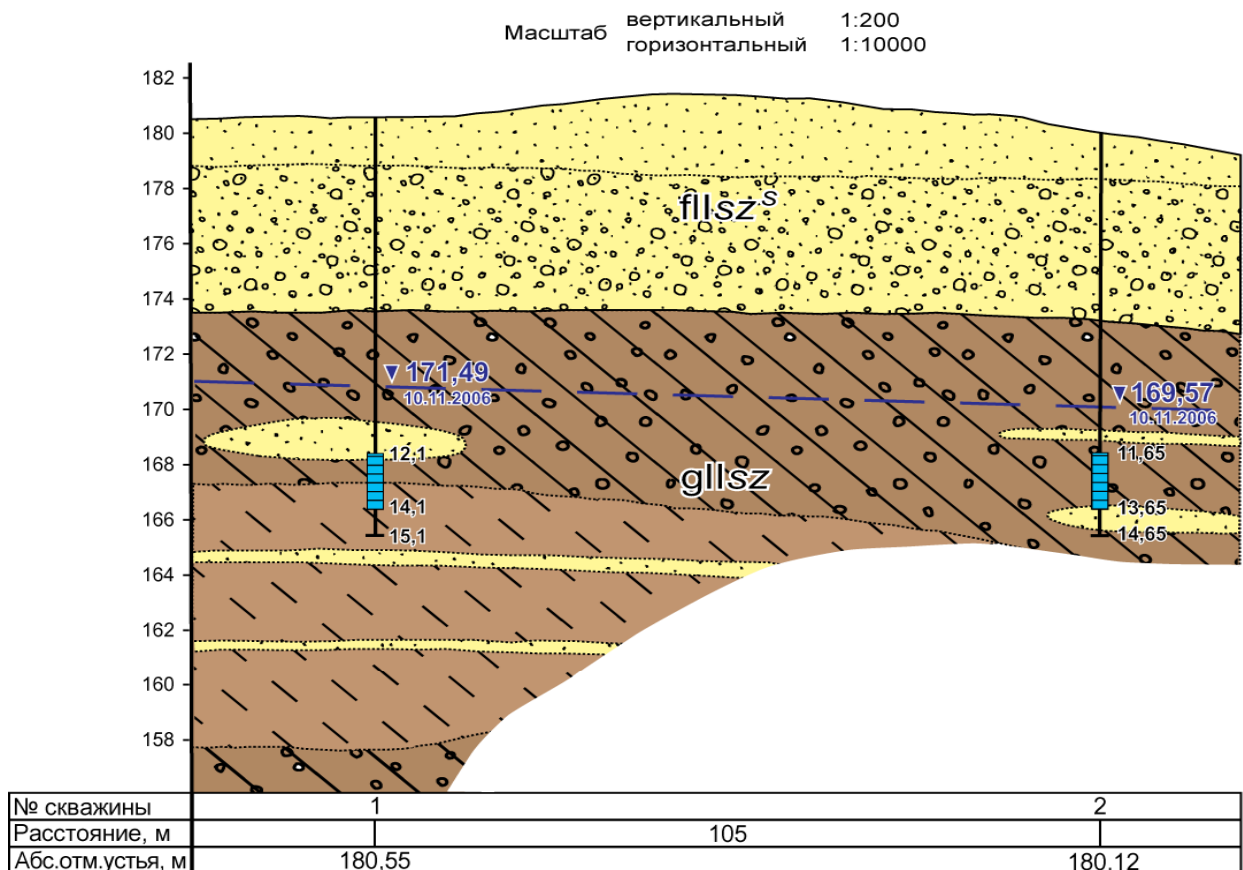
**Рисунок 4.11 – Обзорная карта района Слонимского захоронения непригодных пестицидов**

Река Щара является крупнейшим притоком р. Неман и впадает в него слева. Ближайшим к участку поверхностным водотоком является небольшая (длиной 9 км) речка Чернявка. Она берет начало в 1,0 км к западу от захоронения и впадает в р. Щара справа у д. Савичи. Поверхностный сток направлен в южном направлении от возвышенных участков конечно-моренной гряды в русло р. Щара, а также ее притоков. На участке захоронения он направлен в долину р. Чернявка.

В геоструктурном отношении район исследований приурочен к южному склону Центрально-Белорусского массива Белорусской антеклизы. Для него характерно неглубокое залегание поверхности кристаллического фундамента, составляющее 110-130 м в долине р. Щара и до 200-240 м в пределах конечно-моренной гряды. В связи с неглубоким залеганием фундамента мощность коренных пород не превышает 50-70 м и они представлены белым писчим мелом, реже мергелем туронского яруса.

Гидрогеологические условия района отличаются небольшой мощностью гидрогеологического разреза и распространением только пресных подземных вод. Мощность гидрогеологического разреза составляет всего 150 м в долине р. Щара и 300 м на водораздельных пространствах. Подземные воды распространены во всех перечисленных выше отложениях.

На участке захоронения разведочными и наблюдательными скважинами вскрыты водноледниковые мелкозернистые и среднезернистые пески времени отступления сожского оледенения, залегающие с поверхности до глубины 6,8-10,9 м. Они подстилаются моренными суглинками и супесями (рисунок 4.12). Подземные воды на участке распространены в песчаных прослоях сожской морены и относятся к спорадическим. Глубина их залегания в наблюдательных скважинах составляет 9,06-10,55 м от земной поверхности.



#### Условные обозначения

fllsz <sup>s</sup>	флювиогляциальные отложения надморенные		суглинки с гравием и галькой
gllsz	моренные отложения		супеси
	пески мелкозернистые		граница отложений различного возраста
	пески крупнозернистые с гравием, галькой, валунами		граница отложений различного гранулометрического состава

**▼171,49**    абсолютная отметка уровня грунтовых вод  
10.11.2006    дата замера

**Рисунок 4.12 – Геолого-гидрогеологический профиль участка захоронения**



## **Методика исследований**

Главная цель исследования состояла в выполнении работ по определению уровня воздействия пестицидов, отнесенных к СОЗ, на окружающую среду и, в первую очередь, на подземные воды в районах всех захоронений непригодных пестицидов в Республике Беларусь, а также в разработке на основе полученных результатов экологоориентированных мероприятий по снижению миграции пестицидов в подземные воды.

Работы по оценке состояния компонентов окружающей среды на участках всех захоронений непригодных пестицидов, отличающихся природными условиями, включали 3 этапа: подготовительный, полевой и камеральный (лабораторные исследования, обобщение и анализ результатов).

На подготовительном этапе исследований были собраны и систематизированы материалы региональных геолого-гидрологических и экологических исследований на участках захоронений. Это позволило изучить природные условия каждого захоронения, а также выявить характерные различия в условиях хранения пестицидов в захоронениях.

Полевые исследования заключались в обследовании подземных вод на постоянной режимной сети локального мониторинга методом отбора проб подземных вод из всех наблюдательных скважин. Отбор проб произведен в соответствии с требованиями СТБ ИСО 5667–18–2006 [11], СТБ ИСО 5667–11–2006 [12] и «Инструкции о порядке проведения локального мониторинга окружающей среды...» [13]. Периодичность наблюдений составила 1 раз в год. Пробы подземных вод отобраны в бутылки объемом 3 литра из темного стекла, устойчивого к колебаниям температуры и разрушению. На всех участках захоронений в наблюдательных скважинах произведены замеры статических уровней и температуры подземных вод. На участке Поставского захоронения произведено дооборудование режимной сети. Были пробурены 3 наблюдательные скважины, из которых также отобраны пробы подземных вод.

Для прокачки скважин и отбора проб был использован электрический насос скважинный GRUNDFOS SQ 2-55, питаемый от электрогенератора Kipor IG2000. Пробы воды отбирались с разных глубин. Отбор проб осуществлялся после прокачки скважин, после того, как было выкачано 4-5 их объема. Это обеспечило удаление застойной воды и приток воды непосредственно из водоносного горизонта. Время, необходимое для прокачки, рассчитывалось ориентировочно в зависимости от емкости скважины.

Аналитические исследования проб подземных вод и определение концентраций пестицидов СОЗ произведены методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектором ZIP 6890 Series. При выполнении анализов соблюдались требования СТБ ИСО 6468–2003. Качество воды «Определение некоторых хлорорганических пестицидов».

На основании полученных материалов (результаты анализа данных предыдущих исследований и результаты химико-аналитических работ 2009 г.) выполнена оценка уровня загрязнения окружающей среды пестицидами. Выявленные закономерности послужили основой для разработки экологоориентированных мероприятий в районах размещения участков захоронений.

Общее количество пунктов наблюдений за подземными и поверхностными водами на захоронениях непригодных пестицидов и в зонах их влияния приведено в таблице 4.1. Данные свидетельствуют, что на участках Городокского, Поставского и Слонимского захоронений оборудовано минимально достаточное количество наблюдательных скважин – по 4. На Дрибинском захоронении природопользователю данного объекта необходимо дооборудовать сеть пунктов наблюдений. На Петриковском захоронении сооружено – 8 скважин, при этом 2 из них (№ 7 и 8) в

процессе ликвидации этого захоронения повреждены. На Верхнедвинском участке (на основе данных по гидрогеологии исследуемого участка) оборудована только 1 скважина на верховодку.

**Таблица 4.1 – Количество пунктов наблюдений за подземными и поверхностными водами на захоронениях непригодных пестицидов**

Захоронения	Кол-во наблюдательных скважин	Кол-во пунктов наблюдений	Пункты наблюдений в зонах влияния (расстояние от захоронений)
Городокское	4	4 (шахтные колодцы – 2; поверхностные воды – 2)	Деревни: Озерки (4 км), Вирок (5 км); р. Овсянка (5 км), оз. Ромашково (7 км)
Верхнедвинское	1 (4 точки поверхностных вод)	1 (шахтный колодец – 1)	Деревня: Муквятица (3 км)
Поставское	4	4 (шахтный колодец – 1; поверхностные воды – 3)	Деревня: Кашицы (3 км); р. Мяделка (2 км), озера: Должа (6 км), Глодово (7 км)
Слонимское	4	3 (шахтный колодец – 1; поверхностные воды – 2)	Деревня: Савичи (3 км); реки: Щара (4 км), Чернявка (1,5 км)
Дрибинское	2	3 (шахтные колодцы – 2; поверхностные воды – 2)	Деревня: Темный Лес, ул. Коптевская, 20 (3 км), Темнолесское лесничество (3,5 км); р. Ремествлянка (4 км)
Петриковское	6	3 (шахтные колодцы – 2; поверхностные воды – 1)	Деревни: Затишье (5 км), Хвойня (7 км); Мелиоративная канава
Брестское	3	2 (шахтные колодцы – 2)	Деревни: Котельня-Боярская (1 км), Митьки (1 км)
Итого:	24	шахтные колодцы – 11 поверхностные воды - 13	

Общее количество действующих наблюдательных скважин составляет 24. В зонах влияния ядохимикатов производится отбор проб подземных вод из 11 шахтных колодцев и из 13 пунктов наблюдений за состоянием поверхностных вод. На Верхнедвинском захоронении пробы отбираются в ручье выше плотины бобра, в точке слияния двух ручьев, в р. Турья выше и ниже правого притока. На Городокском захоронении опробуются р. Овсянка и оз. Ромашково, на Дрибинском – р. Ремествлянка, на Поставском – р. Мяделка и озера Должа и Глодово, на Петриковском – мелиоративная канава и шахтные колодцы в деревнях Затишье и Хвойня, на Слонимском – р. Щара и ее правый приток р. Чернявка.

Глубины наблюдательных скважин зависят от глубины залегания статических уровней наблюдаемого водоносного горизонта (в данном случае верховодки и грунтовых вод). Наибольшая глубина (по убыванию) установлена на Дрибинском (35,55 м), Поставском (19,62 м) и Слонимском (15,1 м), а наименьшая – на Верхнедвинском (1,2 м), Городокском (1,8-3,18 м) и на месте Брестского (7,0 м) захоронениях.

Аналитические исследования проб подземных и поверхностных вод произведены лабораторией физико-химических измерений и методических разработок (РЦАК), (до 2009 г. эта организация являлась отделом организации аналитического контроля Минприроды Республики Беларусь). Эта лаборатория одна из немногих в республике, которая имеет аккредитацию на проведение исследований на содержание в воде пестицидов-СОЗ и обладает современным оборудованием.

При проведении испытаний проб воды применялось следующее оборудование: газовый хроматограф с масс-спектрометрическим детектором HP6890 Series, масс-



спектрометр с индуктивно связанной плазмой ELAN 9000, атомно-абсорбционный спектрометр SIMAA 6000.

Методы испытаний установлены следующими техническими нормативными правовыми актами (таблица 4.2).

**Таблица 4.2 – Технические нормативные правовые акты, устанавливающие методы испытаний проб воды**

№ п/п	Наименование определяемого вещества	Наименование нормативного документа
1	Концентрация металлов	СТБ ИСО 17294-2-2007. Качество воды. Применение масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. 4.2. Определение 62 элементов.
2	Концентрация железа	МВИ. МН. 1137-99. Методика выполнения измерений содержания мышьяка, кадмия, хрома, кобальта, меди, свинца, никеля, селена, сурьмы, ванадия, марганца, олова, молибдена, цинка, железа методом атомно-абсорбционной спектроскопии.
3	Концентрация ртути	МВИ. МН. 1138-99. Методика выполнения измерений концентрации ртути методом атомно-абсорбционной спектроскопии холодных паров.
4	Концентрация хлорорганических пестицидов	СТБ ИСО 6468-2003. Качество воды. Определение некоторых хлорорганических инсектицидов, полихлорированных бифенилов и хлорбензолов методом газовой хроматографии после экстракции жидкость-жидкость.

В процессе лабораторных анализов проб воды определялись 4 изомера ГХЦГ ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\delta$ ), альдрин, гептахлор, гептахлор эпоксид, дизлдрин, 4,4-ДДТ и его метаболиты 4,4-ДДЕ и 4,4-ДДД, эндрин альдегид, метаксихлор. Перечисленные выше пестициды хлорорганические, большая их часть относится к стойким органическим загрязнителям (таблица 4.3).

**Таблица 4.3 – Перечень пестицидов-СОЗ, исследуемых в объектах окружающей среды**

	Название вещества	Химическая формула (номер по международной классификации веществ)	Регистрационный номер в перечне веществ Интеграционной системы информации рисков USEPA «No. KAC»
1	Альдрин	$C_{12}H_8Cl_6$	CASRN 309-00-2
2	Дизлдрин	$C_{12}H_8Cl_6O$	CASRN 60-57-1
3	Эндрин	$C_{12}H_8Cl_6O$	CASRN 72-20-8
4	Хлордан	$C_{10}H_6Cl_8$	CASRN 12789-03-6
5	ДДТ	$C_{14}H_9Cl_5$	CASRN 50-29-3
6	Токсафен	$C_{10}H_{10}Cl_8$	CASRN 8001-35-2
7	Мирекс	$C_{10}Cl_{12}$	CASRN 2385-85-5
8	Гептахлор	$C_{10}H_5Cl_7$	CASRN 76-44-8
9	Гексахлорбензол	$C_6Cl_6$	CASRN 118-74-1
10	ГХЦГ (линдан)	$C_6H_6Cl_6$	CASRN 58-89-9

Кроме пестицидов в пробах подземных и поверхностных вод определялось содержание неорганических веществ: железа, кобальта, меди, мышьяка, ртути, свинца и цинка.

Полученные значения определяемых пестицидов-СОЗ и неорганических веществ сравнивались с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) (гигиеническими нормативами), установленными Минздравом Республики Беларусь [14, 15, 16]. При

этом они составляют (мг/дм<sup>3</sup>): изомеры ГХЦГ (суммарно) – 0,02; 4,4-ДДТ – 0,1; гептахлор – 0,05, альдрин – 0,002. Для неорганических веществ (мг/дм<sup>3</sup>): железо – 0,3; медь – 1,0; цинк – 1,0; кобальт – 0,1; свинец – 0,03; мышьяк – 0,05; ртуть – 0,0005.

Экологические исследования подземных вод проведены на всех захоронениях, включая место ликвидированного Брестского и ликвидируемого Петриковского. Для всех захоронений исследованы подземные воды не только непосредственно на участках их размещения, включающих наблюдательные скважины, но и в пределах предполагаемых зон их влияния на подземные и поверхностные воды.

Пробы подземных вод из наблюдательных скважин отобраны на всех участках захоронений непригодных пестицидов. Кроме этого, в предполагаемых зонах влияния пестицидов из захоронений отобрано еще 11 проб из шахтных колодцев, а также 13 проб поверхностных вод из водотоков и водоемов. Общее количество проб составило 48 ед. Во всех пробах определены хлорорганические пестициды: 4 изомера ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\delta$ ) ГХЦГ, гептахлор, алдрин, гептахлор эпоксид, эндосульфат I, эндосульфат II, эндосульфат сульфат, диэлдрин, 4,4-ДДТ, 4,4-ДДЕ, 4,4-ДДД, эндрин, эндрин альдегид и метоксихлор. Подавляющее большинство полученных результатов не превышает порог чувствительности аналитического оборудования, величина которого изменяется в пределах от  $< 3,3 \times 10^{-6}$  до  $< 22 \times 10^{-6}$  мг/дм<sup>3</sup>. Кроме пестицидов во всех пробах определены неорганические вещества, в основном, тяжелые металлы: железо, медь, цинк, кобальт, свинец, мышьяк, ртуть. Ниже приведены результаты оценки аналитических исследований для каждого из исследуемых захоронений.

### **Верхнедвинское захоронение пестицидов**

На участке Верхнедвинского захоронения подземные воды представлены верховодкой, каптированной наблюдательной скважиной № 1. В качестве основных пунктов наблюдений здесь служат поверхностные воды. На Верхнедвинском захоронении в 2010 г. отобраны пробы верховодки из наблюдательной скважины № 1, а также 4 пробы поверхностных вод в бассейне р. Турья. Отбор проб поверхностных вод производился из наблюдательной скважины, в точке слияния двух ручьев, в ручье выше плотины бобра и в р. Турья ниже правого притока. [20, 26]

В результате аналитических исследований проб пестициды в пробах верховодки и поверхностных вод в 2010 г. не выявлены. Необходимо отметить, что 2010 г. характеризовался обильными осадками в весенний период, что могло повлиять на содержание пестицидов в поверхностных водах. В 2004, 2008, 2009 и 2010 гг. пестициды в пробах верховодки не обнаружены. В 2003 г. в пробе верховодки выявлен изомер  $\delta$ -ГХЦГ с концентрацией 0,000059 мг/дм<sup>3</sup> (0,003 ПДК). В 2006 г. обнаружены 3 изомера -  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ -ГХЦГ с суммарной концентрацией 0,000016 мг/дм<sup>3</sup> (0,0008 ПДК).

В точке слияния двух ручьев пестициды выявлены только в 2003, 2005 и 2009 гг. В 2003 г. обнаружены изомеры  $\beta$  и  $\delta$ -ГХЦГ с суммарной концентрацией 0,000052 мг/дм<sup>3</sup> или 0,00026 ПДК. В 2009 г. концентрация  $\beta$ -ГХЦГ составила 0,000038 мг/дм<sup>3</sup> или 0,0019 ПДК. Концентрации 4,4-ДДД и 4,4-ДДТ на данном пункте наблюдений в 2005 г. составили соответственно 0,000001786 и 0,000001162 мг/дм<sup>3</sup>

В пробах воды из восточного ручья выше плотины бобра пестициды-СОЗ выявлены в 2003, 2006 и 2009 гг. В 2003 г. концентрация  $\delta$ -ГХЦГ достигла 0,000074 мг/дм<sup>3</sup> (0,0037 ПДК), в 2006 г. выявлен изомер  $\beta$ -ГХЦГ с весьма низкой концентрацией, равной 0,000000904 мг/дм<sup>3</sup> или 0,000045 ПДК. В 2009 г. обнаружены  $\beta$  и  $\delta$ -ГХЦГ с суммарной концентрацией 0,000125 мг/дм<sup>3</sup>, что соответствует 0,00625 ПДК. Кроме этого в 2003 г. обнаружены также ДДЕ (метаболит ДДТ) с концентрацией 0,000015 мг/дм<sup>3</sup> и альдрин с содержанием 0,000031 мг/дм<sup>3</sup>.

Результаты анализа указывают на то, что уровень загрязнения верховодки пестицидами на участке Верхнедвинского захоронения за весь период наблюдений

невысокий и не превышает 0,0008 ПДК. При этом в большинстве проб воды за весь период наблюдений пестициды не выявлены.

Неорганические вещества в пробах верховодки из наблюдательной скважины определены в 2003, 2005, 2006 и 2010 гг. Полученные результаты указывают на то, что в верховодке периодически присутствуют неорганические вещества в концентрациях выше ПДК. К ним относятся (доли ПДК) – алюминий (3,2-26,4), барий (2,27), кадмий (17), литий (1,4), марганец (1,28-4,35), кремний (12,8), никель (2,74), железо (17,1-221,7). Кроме этого наблюдаются повышенные концентрации (мг/дм<sup>3</sup>) меди (0,093), свинца (0,035), серы (0,308), хрома (0,054). Что касается концентрации железа то она, как показывает практика, обусловлена стальными трубами наблюдательных скважин и отличается концентрациями 200 ПДК и более.

Содержание неорганических веществ в пробах воды на Верхнедвинском захоронении в 2010 г. не превышало ПДК (за исключением железа общего) и было значительно ниже установленных нормативов. Концентрации железа во всех пробах поверхностных вод и в пробе из шахтного колодца превысили ПДК (ПДК - 0,3 мг/дм<sup>3</sup>; максимальное превышение 12,4 ПДК). Превышение установленных фоновых значений содержания железа общего (0,51 мг/дм<sup>3</sup>) для водных объектах рыбохозяйственного назначения для бассейна р. Западная Двина составило 6,5 раза.

Зона влияния Верхнедвинского захоронения непригодных пестицидов определяется, в первую очередь, гидрогеологическими условиями прилегающей к захоронению территории. Необходимо отметить, что инфильтрация атмосферных осадков в межпластовые подземные воды через захоронение вследствие значительной мощности глин маловероятна. Теоретически ядохимикаты могут с верховодкой поступать в поверхностные воды ручьев, которые текут с южной и восточной стороны захоронения, и поступать затем в р. Турья и далее в р. Сарьянка, впадающей в Западную Двину. В р. Турья пестициды-СОЗ были обнаружены только один раз в 2006 г. При этом концентрация β-ГХЦГ была невысокая и составила 0,000000505 мг/дм<sup>3</sup>. Поступление верховодки в западном, северном и в восточном направлениях от захоронения вследствие повсеместного распространения глин мало вероятно. Очевидно, что природные условия и, в первую очередь, геолого-гидрогеологические, благоприятны для подобного рода хранилищ. Для большей надежности укрытия пестицидов и снижения риска воздействия ядохимикатов на окружающую среду целесообразным представляется капсулирование траншей, которое еще больше улучшит изоляцию ядохимикатов от атмосферных осадков.

### **Городокское захоронение пестицидов**

Исследования подземных вод на участке Городокского захоронения проводятся с 2005 г. [21, 26]. С этой целью оборудовано 4 наблюдательные скважины – по одной с юго-восточной (фоновая), северо-западной, северо-восточной и северной сторон. Все скважины вскрыли грунтовые воды на глубинах: 2,94 м; 1,8 м; 2,65 м и 3,18 м соответственно. С восточной стороны к захоронению примыкает болото. Оборудование скважин было произведено в 2006 г (скважины № 1 и 2) и в 2007 г. (скважины № 3 и 4)



**Рисунок 4.13 – Городокское захоронение непригодных пестицидов**

В 2006 г. в пробах грунтовых вод из скважин № 1 и 2 суммарное содержание изомеров  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\delta$ -ГХЦГ составило 0,000007 и 0,0027 мг/дм<sup>3</sup> соответственно, или 0,0035 и 0,135 ПДК.

В 2007 г. суммарное содержание изомеров  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\delta$ -ГХЦГ составило: скважина № 1 – 0,000079 мг/дм<sup>3</sup>, скважина № 2 – 0,00076 мг/дм<sup>3</sup>, скважина № 3 – 0,012 мг/дм<sup>3</sup> и скважина № 4 – 0,000085 мг/дм<sup>3</sup>, что соответствует 0,004; 0,038; 0,61 и 0,004 ПДК соответственно.

В 2008 г. химические анализы проб грунтовых вод (отбор проб произведен РУП «ЦНИИКИВР») выполняла лаборатория Могилевского областного центра гигиены, эпидемиологии и охраны общественного здоровья. По причине использования устаревшего оборудования (чувствительность применяемого лабораторного оборудования находилось на уровне ПДК определяемых веществ) пестициды на участке Городокского захоронения не выявлены.

В 2009 г. на участке Городокского захоронения в пробе из наблюдательной скважины № 3, отобранной 03.08.2009 г., суммарное содержание изомеров  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\delta$ -ГХЦГ достигло 0,117 мг/дм<sup>3</sup>, т.е. 5,85 ПДК. В результате проведенных повторных исследований в контрольной пробе грунтовых вод из той же наблюдательной скважины, отобранной 14.10.2009 г., установлено суммарное содержание изомеров ГХЦГ 0,128 мг/дм<sup>3</sup>, или 6,4 ПДК (максимальное превышение ПДК для всех захоронений). Миграция ядохимикатов из Городокского захоронения подтверждена результатами наблюдений 2010 г.: абсолютные значения содержания изомеров  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\delta$ -ГХЦГ в отчетном году составили 2,4 ПДК. В целом, на участке Городокского захоронения пестициды выявлены в 3 скважинах из четырех (исключение № 4 – фоновая). Практически в пробах из скважин № 2 и 3 обнаружено 4 изомера ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ) ГХЦГ. Концентрация 4 изомеров ГХЦГ в пробе из скважины № 2 составила 0,075 ПДК. Кроме этого, в 2010 г. в пробе из шахтного колодца в д. Озерки сумма изомеров ГХЦГ составила 0,00021 мг/дм<sup>3</sup> или 0,01 ПДК. В пробе из р. Овсянка выявлены также 4 изомера ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ) ГХЦГ суммарной концентрацией 0,00042 мг/дм<sup>3</sup> или 0,02 ПДК (таблица 8). В пробе из оз. Ромашково пестициды не обнаружены.

Содержание отдельных неорганических веществ в отобранных пробах в районе Городокского захоронения также периодически превышает ПДК. Более того, в шахтном колодце в д. Озерки и в р. Овсянка выявлена, хотя и в незначительных концентрациях, ртуть (0,0003 мг/дм<sup>3</sup> или 0,6 ПДК. Возможным источником ее поступления в подземные воды также может являться захоронение пестицидов.

В 2006-2007 гг. в пробах воды из всех наблюдательных скважин также были установлены превышения ПДК цинком (1,4-8,07 ПДК), свинцом (5-7 ПДК), железом (13-128 ПДК). Концентрации алюминия в пробах из наблюдательных скважин №№ 1 и 2 превысили ПДК и составили 1,22-8,76 мг/дм<sup>3</sup> (2,44-17,52 ПДК) и 3,83 мг/дм<sup>3</sup> (7,66 ПДК) соответственно. Концентрация марганца превысила ПДК в пробе из наблюдательной скважины № 1 (4,25 ПДК) и № 2 (16 ПДК). Разовое превышение концентрации азота аммонийного (1,4 ПДК) было установлено в пробе из скважины № 3 в 2007 г.

Направление движения поверхностного и подземного стока определяет зону влияния Городокского захоронения. Как отмечалось выше, поверхностный сток направлен к северу в русло р. Овсянка, а также в расположенные в ее долине проточные озера Озерки и Ромашково. Подземный сток грунтовых вод также дренируется руслом р. Овсянки и проточными озерами. Основные пути миграции пестицидов в долину р. Овсянки обусловлены подземным стоком. Об этом свидетельствуют результаты испытаний проб грунтовых вод из шахтного колодца в д. Озерки (дом № 7), а также поверхностных вод из болота у захоронения и озера Ромашково.

Таким образом, результаты аналитических исследований проб подземных и поверхностных вод в зоне влияния Городокского захоронения однозначно указывают

на миграцию ядохимикатов и продуктов их распада в грунтовые воды, а вместе с ними в поверхностные водоемы и водотоки. Концентрации пестицидов-СОЗ в грунтовых водах Городокского захоронения свидетельствуют об изменении условий хранения. В качестве основной причины возможного изменения условий хранения пестицидов, можно выдвинуть предположение о том, что в настоящий момент происходит интенсивное разрушение тары, в которой пестициды были захоронены. Результаты исследований состояния окружающей среды в районе воздействия Городокского захоронения, полученные в 2009-10 гг. указывают на то, что ядохимикаты мигрируют из захоронения. При этом концентрации пестицидов-СОЗ в подземной воде превышают установленные в республике ПДК. В случае разрушении тары, в которой упакованы пестициды, может произойти резкая активизация процессов загрязнения питьевых вод, расположенных вниз по течению от захоронения сельских населенных пунктов. Кроме этого, загрязненные воды могут беспрепятственно попасть в групповые водозаборы хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Витебск, а также дальше по р. Западная Двина достичь Балтийского моря.

### **Дрибинское захоронение пестицидов**

Наблюдения за подземными водами на участке Дрибинского захоронения непригодных пестицидов по 2 наблюдательным скважинам (№ 5, 6) проводятся с 2004 г. [22, 26]. Данные свидетельствуют, что ежегодно в пробах подземных вод, отобранных непосредственно на участке захоронения, были выявлены пестициды-СОЗ. Они представлены изомерами  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\delta$ -ГХЦГ, а также гептахлором, диэлдрином, эндрином, 4,4-ДДТ и его метаболитом 4,4-ДДД. Концентрации ядохимикатов изменялись от 0,0000067 до 0,00014 мг/дм<sup>3</sup>. При этом просматривается тенденция увеличения абсолютных значений концентраций пестицидов (от 0,000013 ПДК в 2004 г. до 0,007 ПДК в 2009 г.). В то же время в 2010 г. пестициды в пробах подземных и поверхностных вод не выявлены.

Неорганические вещества в пробах подземных вод из наблюдательных скважин представлены азотом аммонийным (мг/дм<sup>3</sup>) – 0,43-1,02; ртутью – до 0,0006; марганцем – 0,121-0,158. Отдельно необходимо отметить постоянно высокие (до 14,7-29,4 ПДК) концентрации железа. Скорее всего, это объясняется влиянием стальных труб наблюдательных скважин на качество отбираемых проб воды. В большинстве же проб содержание неорганических веществ (2 наблюдательные скважины, 2 шахтных колодца и р. Ремествлянка) не превышают ПДК. Более того, их концентрации существенно ниже установленных нормативов. Концентрация алюминия изменяется от 0,4 до 0,76 мг/дм<sup>3</sup>, что составляет 0,8-1,5 ПДК. Источником алюминия может быть гидросиликат  $Al_2O_3 \times 2SiO_2 \times 2H_2O$ , используемый при изготовлении смачивающих порошков.

В связи с тем, что Дрибинское захоронение расположено на водораздельной части моренной гряды (водораздел проходит в 1,5 км восточнее участка захоронения) поверхностный и подземный сток имеют преимущественно западное и юго-западное направления. Поэтому зона влияния захоронения формируется к западу и югу от него и включает, прежде всего, деревни Темный Лес и Ремество, расположенные от захоронения на удалении 4 и 3, 5 км соответственно.

По результатам исследований, выполненных РУП «Бел НИЦ «Экология», пестициды выявлены были в объектах окружающей среды только в 2006-2007 гг. (в пробах подземных вод из 3 шахтных колодцев в д. Темный Лес, расположенных у лесничества, у дома № 20 по ул. Коптевской и у дома № 9 по ул. Железнодорожной). В 2006 г. концентрация  $\beta$ -ГХЦГ в пробе из колодца по ул. Железнодорожной составила 0,0000339 мг/дм<sup>3</sup>, а также гептахлора - 0,00000763 мг/дм<sup>3</sup> (0,00015 ПДК). В том же году в пробе из шахтного колодца у лесничества выявлен гептахлор с концентрацией 0,0000063 мг/дм<sup>3</sup> в июне и 0,00551 мг/дм<sup>3</sup> в сентябре.

В 2008 и 2009 гг. исследования состояния подземных вод из шахтных колодцев не выполнялись. В 2010 г. в пробах воды из шахтных колодцев пестициды не выявлены.

Таким образом, пестициды-СОЗ почти периодически присутствуют в пробах подземных вод, что свидетельствует об их миграции из хранилищ. Вместе с тем, их концентрации преимущественно незначительны. Пестициды выявлены в грунтовых водах наблюдательных скважин, шахтном колодце в д. Темный Лес (на удалении 3,5 км. от захоронения). В перечне обнаруженных пестицидов-СОЗ представлены изомеры  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -ГХЦГ, 4,4-ДДТ, эндрин.

### Поставское захоронение пестицидов

Поставское захоронение непригодных пестицидов расположено к северу от водораздела рек Вилии и Дисны. [23, 26] Отбор проб грунтовых вод из наблюдательной скважины произведен в 2007, 2009 и 2010 гг. В 2008 г. наблюдения на захоронении не проводились.



Рисунок 4.14 – Поставское захоронение непригодных пестицидов. Отбор проб подземных вод

Результаты анализов проб воды свидетельствуют о наличии пестицидов в пробах, отобранных из всех наблюдательных скважин. Они представлены четырьмя изомерами  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -ГХЦГ и гептахлором. Концентрация ядохимикатов изменяется от 0,0000069 до 0,00044 мг/дм<sup>3</sup>. Относительно ПДК концентрация изменяется в долях следующим образом: скважина № 1 от 0,00028 до 0,0034; скважина № 2 – 0,0028; скважина № 3 – 0,01; скважина № 4 – 0,0035. Таким образом, наиболее высокий уровень загрязнения пестицидами, равный 0,01 ПДК зафиксирован в пробе, отобранной в 2009 г. из скважины № 3, что вполне согласуется с направлением подземного стока от хранилища пестицидов. Концентрации гептахлора, выявленного в скважинах № 1 и 3, не превышают 0,000014 мг/дм<sup>3</sup> и 0,000044 мг/дм<sup>3</sup> (соответственно 0,00074 и 0,00028 ПДК). Несмотря на небольшой ряд наблюдений следует отметить то, что в пробах воды из скважины № 1 содержание изомеров ГХЦГ относительно 2007 г. возрастает. Относительно ПДК содержание ГХЦГ (суммарно) в 2009 г. составило: 0,028 (скважина № 2), 0,01 (скважина № 3), 0,0034 (скважина № 1) и 0,0055 (скважина № 4). В 2010 г. содержание изомера  $\alpha$ -ГХЦГ в пробе из скважины № 1 составила 0,002, в пробе из скважины № 2 - 0,0007 (соответственно 0,0004 и 0,000014 мг/дм<sup>3</sup>).

В 2010 г. из-за неисправности крышек фильтровых колонн скважин пробы из скважин № 3 и 4 не удалось отобрать. В оставшихся двух (№ 1 и 2) выявлены  $\alpha$ -ГХЦГ; в 2009 г. в пробе из скважины № 3 обнаружены 4 изомера ГХЦГ ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\delta$ ). Изомеры  $\beta$



и  $\delta$  выявлены в пробах из скважин №№ 1 и 2 соответственно, а в пробе из скважины № 3 изомер  $\gamma$ -ГХЦГ и гептахлор.

Содержание неорганических веществ в районе Поставского захоронения определялось во всех отобранных пробах наблюдательной сети, а также в пробах из шахтного колодца д. Кашицы, поверхностных вод озер Должа и Глодово и р. Мяделка. Их концентрации во всех пунктах не превышают ПДК. Исключение составляет железо: в пробах из скважин в оз. Глодово концентрация железа в 3 раза превышает ПДК; в пробах из шахтного колодца в д. Кашицы, оз. Должа и р. Мяделка концентрация железа ниже ПДК.

Необходимо отметить, что подземный и поверхностный (в том числе и речной) стоки в районе Поставского захоронения непригодных пестицидов направлены с юга на север к долине р. Дисна – крупного левого притока р. Западная Двина. Геоморфологические и гидрогеологические условия района захоронения отличаются довольно густой сетью поверхностных водотоков и водоемов (озер). Последние образуют цепочку озер Должа, Глодово, Задевское, соединенных между собой небольшими протоками. Основной дренаж участка служат р. Мяделка, протекающая в субмеридиальном направлении параллельно с проточными озерами. Таким образом, подземные воды на участке захоронения могут разгружаться в р. Мяделку с восточной стороны и дальше поступать в проточные озера Должа и Глодово (с запада). Мигрируя из захоронения, ядохимикаты подземным стоком могут перемещаться к северу, к территории г. Поставы и загрязнять воду в шахтных колодцах д. Кашицы (расположена на удалении 3 км от захоронения к северу). В 2006 г. из шахтного колодца д. Кашицы (дом 17), из р. Мяделка и оз. Должа впервые были отобраны пробы воды. Пестициды в этих пробах не выявлены. В шахтном колодце д. Кашицы установлена высокая концентрация азота нитратного, достигающая 23,42 мг/дм<sup>3</sup> или 2,3 ПДК, возможно это обусловлено бытовым загрязнением. В 2007 г. пробы подземных и поверхностных вод также были отобраны из шахтного колодца в д. Кашицы и из р. Мяделка выше моста у д. Кашицы. В воде шахтного колодца был выявлен изомер  $\delta$ -ГХЦГ с концентрацией 0,0000096 мг/дм<sup>3</sup>. В пробе речной воды пестициды не обнаружены.

По результатам наблюдений можно констатировать то, что Поставское захоронение пестицидов является наиболее опасным после Городокского захоронения, т.к. пестициды обнаружены в пробах воды из всех 4 скважин. Несмотря на то, что концентрация изомеров ГХЦГ в 2010 г. по сравнению с 2009 г. несколько снизилась, увеличилось число выявленных загрязнителей — выявлены 4,4-ДДТ с концентрацией 0,0007 (скважина № 1) и 0,00016 (скважина № 2) и его изомеры 4,4-ДДД и 4,4-ДДЕ.

### **Слонимское захоронение пестицидов**

Слонимское захоронение пестицидов отличается от других вещественным составом захороненных пестицидов. В составе пестицидов в захоронении преобладает ДДТ (74,3%), который при попадании в объекты окружающей среды может представлять высокую потенциальную угрозу здоровью населения.

Пункты наблюдений за подземными водами включают 4 наблюдательные скважины и шахтный колодец в д. Савичи, дом 52. Кроме этого, проводятся наблюдения за уровнями загрязнения поверхностных вод в ближайших водотоках: р. Щара у д. Шиловичи и ее правого притока р. Чернявка у д. Савичи, берущая начало в 7,5 км к западу от захоронения (необходимо отметить, что русло р. Чернявка канализировано, а верхняя часть ее долины мелиорирована).



**Рисунок 4.15 – Общий вид Слонимского захоронения пестицидов**

По данным исследований, выполненных РУП «Бел НИЦ «Экология» в 2005 и 2006 гг., пестициды были выявлены в 7 пробах из 8. Значения концентраций ядохимикатов были небольшими и составляли 0,00000036-0,00007148 мг/дм<sup>3</sup>.

Результаты последующих лет свидетельствуют, что ядохимикаты на участке Слонимского захоронения выявлены в пробах воды, отобранных из всех наблюдательных скважин. Они представлены изомерами  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -ГХЦГ, ДДТ и диэлдрином. При этом наиболее загрязнены подземные воды в пробах из наблюдательных скважин № 2 и 3, расположенных вниз по потоку грунтовых вод. Максимальные суммарные концентрации изомеров ГХЦГ в пробах из этих скважин составляют 0,037-0,047 мг/дм<sup>3</sup>, что соответствует 2,35 и 1,85 ПДК. В 2009 г. наиболее высокая концентрация суммы изомеров ГХЦГ (0,008 ПДК), была выявлена в пробе, отобранной из наблюдательной скважины № 1. В пробах из наблюдательных скважин № 2 и 4 в 2009 г. ядохимикаты не были обнаружены.

В 2010 г. пестициды выявлены в пробах из наблюдательных скважин № 1 и 4. Концентрация 4,4-ДДТ не превышает 0,000025 мг/дм<sup>3</sup>, а его метаболитов 4,4-ДДЕ - 0,000011 и 4,4-ДДД - 0,000015 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. В пробе из скважины № 4 также выявлены 4,4-ДДТ и его метаболиты ДДЕ и ДДД.

Таким образом, концентрации пестицидов в подземных водах в пределах участка Слонимского захоронения в отдельные годы превышали ПДК и достигали в 2008 г. 1,85-2,35 ПДК. Данные 2009 и 2010 гг. не подтвердили тенденцию увеличения со временем концентраций ядохимикатов в подземной воде. Для изучения динамики воздействия захоронения пестицидов на окружающую среду необходимо продолжение исследований.

Зона влияния Слонимского захоронения на подземные воды определяется направлением подземного и поверхностного стока. Она включает территорию, расположенную между захоронением и р. Щара, в том числе и долину ее правого притока р. Чернявка.

В 2008 г. наблюдения на Слонимском захоронении пестицидов проводил РУП «ЦНИИКИВР». В зоне влияния захоронения пестициды не были выявлены. Зафиксированная большая концентрация пестицида  $\alpha$ -ГХЦГ (32,5 ПДК) в шахтном колодце фонового пункта – д. Гутка-Пасловская. Вместе с тем высокое содержание пестицида в этом пункте обусловлено другими причинами, и захоронение к этому никакого отношения не имеет, т.к. расположено значительно ниже по грунтовому потоку.

### **Петриковское захоронение пестицидов**

Петриковское захоронение является самым крупным в Республике Беларусь как по массе погребенных ядохимикатов (1423,3 т), так и по размерам территории, занимаемой под захоронением. С 2008 г. захоронение ликвидируется. Но как



показывает опыт Брестского захоронения, даже после ликвидации хранилища пестициды некоторое время могут присутствовать в объектах окружающей среды, особенно в подземных водах. Поэтому проведение мониторинга подземных вод на таких участках не только рекомендуется, но и обязательно вплоть до подтверждения полного прекращения выноса загрязняющих веществ с мест бывшего захоронения и из ранее загрязненных почвогрунтов.

На участке Петриковского захоронения оборудовано 8 наблюдательных скважин. По результатам 2010 г. пестициды обнаружены в пробах из наблюдательных скважин № 2, 4, 9 и шахтного колодца в д. Затишье (на удалении 5,0 км. от захоронения), в предыдущие годы – в мелиоративной канаве (на удалении 1, 5 км. от захоронения). Концентрация изомеров  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\delta$ -ГХЦГ в пробе из скважины № 9 изменяется от 0,00012 до 0,00045 мг/дм<sup>3</sup>, что составляет 0,0023 ПДК (суммарно). В скважинах № 2, 4 и 9 выявлен ДДТ и его метаболиты ДДЕ и ДДД. Доля ПДК этих пестицидов составляет 0,00043 (скважина № 2), 0,00053 (скважина № 4) и 0,094 (скважина № 9). Необходимо подчеркнуть, что наиболее загрязнена подземная вода в наблюдательной скважине № 9, в которой кроме ДДТ обнаружены также 4 изомера ГХЦГ.

В 2009 г. пестициды в пунктах наблюдений Петриковского захоронения не выявлены.



**Рисунок 4.16 – Ликвидация Петриковского захоронения пестицидов**

По результатам аналитических исследований проб подземных вод из наблюдательных скважин Петриковского захоронения (№ 2, 4, 6, 9) обнаружены превышения ПДК в воде неорганических веществ: цинк - 1,03-1,72 мг/дм<sup>3</sup> при ПДК=1,0; свинец от 1,97 до 16,67 ПДК. Источником этих загрязняющих веществ, скорее всего, служит техника, используемая при ликвидации захоронения. Природа выявленных высоких концентраций железа, может быть объяснена также воздействием стальных (железных) труб: в пробе из скважины № 4 концентрация железа многократно превышает ПДК, в то время как в пробах из шахтных колодцев (дд. Затишье и Хвойня) концентрация железа не превышает ПДК (0,3 мг/дм<sup>3</sup>), составляя 0,241 и 0,197 мг/дм<sup>3</sup> или 0,8 и 0,7 ПДК соответственно.

### Брестское захоронение пестицидов

Брестское захоронение пестицидов ликвидировано в 2007 г. В свое время на участке Брестского захоронения было оборудовано 3 наблюдательные скважины. Отбор и анализ проб подземных вод проводился в 2004-2006 гг. В пробах из скважины № 1 пестициды не были выявлены. В пробах из наблюдательной скважины № 2 из 4 проб, только в одной, отобранной в сентябре 2006 г. выявлены пестициды, относящиеся к СОЗ:  $\gamma$  и  $\delta$ -ГХЦГ ( $8,59 \cdot 10^{-6}$ - $9,15 \cdot 10^{-5}$  мг/дм<sup>3</sup>), а также гептахлор ( $1,13 \cdot 10^{-5}$  мг/дм<sup>3</sup>) и эндрин ( $6,58 \cdot 10^{-5}$  мг/дм<sup>3</sup>) [17, 26]. Наиболее загрязнены пестицидами были подземные воды на участке наблюдательной скважины № 3, расположенной непосредственно у самого у захоронения. Именно в этой скважине во всех 4 пробах, отобранных в 2004-2006 гг. выявлены изомеры ГХЦГ. При этом в 2004-2005 гг. в каждой пробе обнаружены 4 изомера, а в пробах, отобранных в мае 2006 г. –  $\beta$  и  $\delta$ -ГХЦГ, в сентябре 2006 г. –  $\delta$ -ГХЦГ и гептахлор.

Из неорганических веществ высокие концентрации были характерны для азота аммонийного, железа, лития, ртути; повышенные – для сульфатов, серы, цинка.

В 2009 г. изомеры ГХЦГ были обнаружены только в скважине № 3 и были представлены:  $\alpha$  – 0,0000184 мг/дм<sup>3</sup>,  $\beta$  – 0,0000631 мг/дм<sup>3</sup> и  $\gamma$  – 0,0000674 мг/дм<sup>3</sup>. Сумма изомеров составила 0,00015 мг/дм<sup>3</sup>, а доля ПДК 0,0075.

В 2010 г. из 3 наблюдательных скважин и 2 шахтных колодцев пестициды-СОЗ выявлены только в скважине № 1. Они представлены 4,4-ДДТ и его метаболитом 4,4-ДДЕ, концентрация метаболита составила 0,00001 мг/дм<sup>3</sup>, а ДДТ – 0,00012 мг/дм<sup>3</sup>. Доля ПДК у ДДТ достигла 0,0012.



Рисунок 4.17 – Общий вид Брестского захоронения

Рисунок 4.18 – отбор проб из скважины № 1

Таким образом, максимальная концентрация пестицидов в долях к ПДК в 2010 г. снизилась. Тем самым подтвердился ранее сделанный нами прогноз о том, что после ликвидации захоронения некоторое время в объектах окружающей среды будет фиксироваться присутствие ядохимикатов.

Концентрации неорганических веществ в отобранных пробах подземных вод (разовый отбор) из тех же пунктов наблюдений превысили ПДК по цинку – 1,1 ПДК (скважина № 2) и мышьяку – 1,8 ПДК (скважина № 2). Концентрации железа в пробах из скважин достигают 200 ПДК и более (для сравнения в пробах из шахтных колодцев она меньше ПДК (0,3 мг/дм<sup>3</sup>).

### Характеристика общей динамики загрязнения подземных вод в районах захоронения пестицидов

Экологическое состояние подземных вод на всех захоронениях непригодных пестицидов в 2010 г. изучено на основании отобранных проб воды из 24 наблюдательных скважин и 11 шахтных колодцев. Значения пестицидов, превышающие предел обнаружения используемого аналитического оборудования,

выявлены на 5 захоронениях: Брестском, Городокском, Петриковском, Поставском и Слонимском. Исключение составляют Верхнедвинское и Дрибинское.

В пробе из наблюдательной скважины № 1 *Верхнедвинского захоронения* содержание пестицидов изменяется в пределах (мг/дм<sup>3</sup>):  $< 3,7 \times 10^{-6} - < 22,0 \times 10^{-6}$ . Аналогичные данные и в пробе воды из шахтного колодца в д. Муквятичи. В обеих пробах произведено по 17 определений пестицидов и для всех их результаты исследований оказались ниже предела обнаружения оборудования.

На участке *Дрибинского захоронения* в 2 наблюдательных скважинах и 2 шахтных колодцах пестициды не выявлены. Общее количество определений пестицидов, результаты исследований для которых оказались ниже предела обнаружения оборудования, составило 68. Анализ результатов предыдущих лет указывает на то, что пестициды периодически присутствуют в пробах подземных вод, что свидетельствует об их миграции из хранилищ. Вместе с тем, их концентрации невысокие.

В пробах грунтовых вод из 2 шахтных колодцев и 3 наблюдательных скважин (№ 1, 2, 3) *Брестского захоронения* пестициды выявлены только в скважине № 1. Для 83 определений результаты исследований оказались ниже предела обнаружения.

*Городокское захоронение пестицидов* характеризуется наиболее высоким уровнем загрязнения подземных вод. В текущем году для 158 определений результаты исследований оказались ниже предела обнаружения. В то же время в пробе из скважины № 1 обнаружены  $\beta$  и  $\delta$ -ГХЦГ суммарной концентрацией 0,000039 мг/дм<sup>3</sup>, в пробах из скважин №№ 2 и 3 выявлены все 4 изомера ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ) ГХЦГ суммарным содержанием 0,0015 и 0,048 мг/дм<sup>3</sup>, что в долях ПДК составляет 0,075 и 2,4 ПДК соответственно. Следует подчеркнуть, что концентрация 2,4 ПДК (максимальная из зафиксированных в 2010 г.) вполне согласуется с установленными концентрациями в 2009 г. Пестициды выявлены в р. Овсянка на удалении 3,7 км. от захоронения, в шахтных колодцах д. Озерки (на удалении 2,7 км.). Результаты аналитических исследований проб подземных и поверхностных вод в зоне влияния Городокского захоронения однозначно указывают на миграцию ядохимикатов и продуктов их распада в грунтовые воды, а вместе с ними в поверхностные водоемы и водотоки. Высокие концентрации пестицидов-СОЗ в грунтовых водах Городокского захоронения свидетельствуют об изменении условий хранения. В качестве основной причины возможного изменения условий хранения пестицидов, можно выдвинуть предположение о том, что в настоящий момент происходит интенсивное разрушение тары, в которой пестициды были захоронены.

*Петриковское захоронение* наиболее крупное по массе захороненных пестицидов, занимаемой территории и количеству пунктов наблюдений. В 2010 г. для 136 определений проб Петриковского захоронения результаты исследований оказались ниже порога обнаружения приборов. Пестициды-СОЗ выявлены в 3 наблюдательных скважинах (№ 2, 4, 9) и в шахтном колодце в д. Затишье (на удалении 5,0 км. от захоронения).

*Поставское захоронение* характеризуется присутствием пестицидов во всех наблюдательных скважинах. В 2010 г. количество определений пестицидов ниже предела обнаружения составило 85. В 2009 г. пестициды были также выявлены во всех 4 наблюдательных скважинах. Они были представлены, как и в 2010 г. изомерами ГХЦГ. В скважине № 3 был обнаружен гептахлор с концентрацией 0,000037 мг/дм<sup>3</sup>.

На *Слонимском захоронении* общее количество определений пестицидов ниже порога обнаружения оборудования в 2010 г. составило 664. В 2010 г. пестициды выявлены в пробах из наблюдательных скважин № 1 и 4. Суммарная концентрация  $\alpha$  и  $\beta$ -ГХЦГ составила 0,000011 мг/дм<sup>3</sup> или 0,00055 ПДК (проба из скважины № 1). 4,4-ДДТ и его метаболиты 4,4-ДДД и 4,4-ДДЕ выявлены в скважинах №№ 1 и 4. Концентрации ДДТ составляют 0,000025 мг/дм<sup>3</sup> (скважина № 1) и 0,000022 (скважина № 4).

Количество определений ниже предела обнаружения проб Слонимского захоронения составило 77.

Кроме определения пестицидов во всех пробах подземных вод были выполнены исследования на содержание в них неорганических веществ (в том числе на содержание железа, меди, цинка, кобальта, свинца, мышьяка и ртути). Установленные концентрации неорганических веществ в подземных водах 5 захоронений (Верхнедвинское, Городокское, Дрибинское, Посставское и Слонимское) в большинстве случаев их не превышают. На Брестском захоронении установлено превышение ПДК цинком (1,1 ПДК) и мышьяком (1,8 ПДК).

Особое место занимает ртуть. Ее повышенные концентрации в подземных водах установлены в пробах из скважин № 2 и 3 Брестского захоронения, из скважины № 2, шахтного колодца в д. Озерки и из р. Овсянка Городокского захоронения. Эти значения, как правило, не превышают ПДК 0,0005 мг/дм<sup>3</sup>. Значения ртути, равные 0,0002, обнаружены в скважине № 5 Дрибинского захоронения, в шахтном колодце д. Хвойня Петриковского захоронения. Считаем, что источником ртути являются как сами захоронения пестицидов, в которых содержатся ртутьсодержащие ядохимикаты (гранозан и меркуран), так и окружающая литосфера.

Систематические экологические исследования подземных вод на участках захоронений непригодных пестицидов в Республике Беларусь начали выполняться в различные сроки: с 2003 г. наблюдения организованы на Верхнедвинском, Дрибинском и Петриковском; с 2004 г. – на Брестском и Слонимском; с 2005 г. – на Городокском и с 2006 г. – на Посставском. Общей закономерностью для всех захоронений является то, что пестициды из всех захоронений мигрируют в окружающую среду. Установлено, что на всех участках захоронений, кроме Городокского и Слонимского, концентрации пестицидов (изомеров ГХЦГ и ДДТ) не превышают установленных для них ПДК. реды в районах воздействия захоронений ядохимикатов) от 0,002 ПДК до 0,014 ПДК. Поэтому у большинства участков захоронений наблюдается стабильная ситуация – незначительная миграция пестицидов из захоронений в окружающую среду. Такая динамика подтверждается и полученными результатами в 2009-2010 гг.

Совершенно по-другому в этом отношении выглядит Городокское захоронение. Концентрации ядохимикатов в пробах подземных вод, отобранных в наблюдательных скважинах № 2 и 3, расположенных вниз по потоку грунтовых вод с начала наблюдений (2006 г.) возрастают, образуя устойчивую, явно выраженную тенденцию:

- 2006 г. – 0,135 ПДК;
- 2007 г. – 0,8 ПДК;
- 2008 г. – пестициды-СОЗ не выявлены;
- 2009 г. – 5,85 ПДК и в контрольной пробе - 6,4 ПДК;
- 2010 г. – 2,4 ПДК.

В то же время уменьшение концентрации пестицидов в 2010 г. может быть обусловлено обильными дождями в весенний период. Вместе с тем концентрация ядохимикатов в 2,4 ПДК также является достаточно высокой.

Выявлена следующая закономерность: в начальный период исследований на всех захоронениях (до 2007 г. включительно) концентрации ядохимикатов не превышали предельно-допустимых (ПДК) значений и были на 2-3 порядка ниже ПДК. В большинстве случаев значения концентраций изменялись от  $1 \cdot 10^{-6}$  до  $1 \cdot 10^{-5}$  мг/дм<sup>3</sup>. Начиная с 2007 г. содержание пестицидов-СОЗ на захоронениях стало возрастать до  $1 \cdot 10^{-3}$  мг/дм<sup>3</sup>. Впервые превышение ПДК ядохимикатами было установлено в 2008 г. на Слонимском захоронении. В 2009 г. превышение ПДК пестицидами было установлено на Городокском захоронении. В 2010 г. на Городокском захоронении пестициды были выявлены в 3 наблюдательных скважинах (исключение – фоновая скважина, расположенная вне зоны воздействия захоронения).



По выявленному уровню загрязнения подземных вод захоронения можно ранжировать следующим образом (по снижению степени воздействия): Городокское, Слонимское, Петриковское, Поставское, Дрибинское, Верхнедвинское. При этом следует учитывать, что первые от земной поверхности водоносные горизонты (грунтовые воды) служат основным источником децентрализованного водоснабжения населения сельских населенных пунктов в результате оборудования сельскими жителями шахтных колодцев. И в случае разрушении тары, в которой упакованы пестициды, может произойти резкая активизация процессов загрязнения этих вод, что может привести к самым неблагоприятным последствиям.

Очевидно, что любые мероприятия по снижению уровня воздействия захоронений на окружающую среду и население должны быть направлены на очистку или ликвидацию первопричины загрязнения. Любые профилактические или локализационные мероприятия (например, покрытие поверхности траншей с пестицидами битумом или нефтью после 22-39 лет их существования нецелесообразно, также неэффективна защита поверхности захоронений кровлей из любых кровельных материалов с целью прекращения инфильтрации загрязненных атмосферных осадков) не решают главную задачу – не ликвидируют захоронения, а также хранящиеся в них пестициды-СОЗ.

Очевидно, что любые мероприятия по снижению уровня воздействия захоронений на окружающую среду и население должны быть направлены на ликвидацию первопричины загрязнения. Основные мероприятия:

- извлечение пестицидов из хранилищ, переупаковка в новую тару, транспортировка к месту расположения утилизационной установки с последующей безотходной утилизацией;
- извлечение пестицидов из хранилищ, переупаковка в металлические контейнеры, транспортировка и складирование в наземных складах;
- устройство более надежного укрытия существующих захоронений от внешней среды (капсулирование).

**По состоянию на 01.01.2011 г. выполнены следующие мероприятия:**

- Практически завершена переупаковка пестицидов-СОЗ, находящихся на складах временного хранения организаций (2690,692 т (95 %));
- Обеспечено ведение электронной базы данных о запасах пестицидов отнесенных к СОЗ, объектах их размещения, территориях, загрязненных пестицидами;
- Организован мониторинг состояния подземных вод на всех участках захоронений непригодных пестицидов. По результатам исследований выявлена миграция пестицидов-СОЗ (изомеров ГХЦГ, ДДТ и его метаболитов ДДД и ДДЕ) в окружающую среду. Осуществляется оперативное информирование госорганов о результатах мониторинга СОЗ в объектах окружающей среды;
- Создана специализированная база данных мониторинга пестицидов, отнесенных к СОЗ в рамках информационной системы НСМОС;
- Выполняются работы по проведению ежегодных социологических опросов осведомленности общественности о проблемах СОЗ;
- Предприняты конкретные меры по снижению влияния захоронений на окружающую среду. Ликвидация двух захоронений и установление сроков ликвидации оставшихся.
- В Республике Беларусь с 2010 г. ведется выполнение проекта ГЭФ и Всемирного банка при участии Минприроды Республики Беларусь «Обращение с запасами стойких органических загрязнителей (СОЗ) и укрепление технического институционального потенциала в Республике Беларусь»;
- В августе 2010 г. в Совет Министров внесен проект Национального плана действий по выполнению обязательств по Стокгольмской конвенции.

## Глава 5 Методы обезвреживания непригодных пестицидов

В Республике Беларусь пестициды находятся в разных агрегатных состояниях (порошок, концентрат эмульсии, гранулы, текучая паста, порошок – дуст, смачивающий порошок) и хранятся в металлических и пластмассовых бочках, бумажных или пластиковых мешках, деревянных ящиках. В некоторых случаях из-за неправильного хранения тара разрушена и образовались смеси пестицидов неизвестного состава. Работа с пестицидами проводится под надзором контрольных органов в соответствии с жесткими правилами хранения, транспортировки, использования пестицидов и контроля качества продуктов, получаемых с их применением. Большинство известных пестицидов относится к веществам 1-го и 2-го классов опасности. Постоянно происходит выведение из оборота и запрещение к использованию тех форм пестицидов, которые являются потенциальными экологическими токсикантами. Это обусловлено, во-первых, высокой токсичностью, как самих пестицидов, так и их метаболитов, во-вторых, большими объемами производства и применения и, в-третьих, быстрым изменением номенклатуры разрешенных к применению пестицидов.

Хранение некондиционных пестицидов требует больших затрат на оборудование специализированных площадок (полигонов, хранилищ) и систематического контроля за состоянием качества окружающей среды, тем более, что это не решает поставленной задачи по обезвреживанию сильнодействующих ядовитых веществ, к которым, как правило, относится большая часть видов пестицидов. За время длительного хранения неоднократно менялись их владельцы, что в большинстве случаев привело к утрате маркировки и документов, их характеризующих, образованию смесей неизвестного состава и происхождения, возможному протеканию химических реакций, в результате которых образовались новые соединения с неизвестными свойствами. Поэтому, значительная часть объектов размещения непригодных пестицидов (далее – НП) представляет собой потенциальную опасность для окружающей среды и здоровья человека из-за возможной инфильтрации токсичных компонентов в грунтовые и поверхностные воды, разнесения ветром, антропогенной деятельности и т.д. Следовательно, ликвидация накопленных НП должна считаться неотложной задачей государственной важности, требующей незамедлительного решения.

Скорее всего, не существует универсального способа решения этой проблемы. Оптимальный выбор того или иного способа утилизации определяется физико-химическими свойствами НП, их количествами, а также экономическими и экологическими факторами. Поэтому важно проанализировать мировой опыт технологии и техники обезвреживания непригодных пестицидов и дать рекомендации по его возможному применению в Республике Беларусь. [27, 43]

По составу, а соответственно и по способам обезвреживания, все пестициды можно разделить на три большие группы: хлорсодержащие, содержащие тяжелые металлы и остальные пестициды.

В настоящее время наиболее распространенными методами утилизации и обезвреживания НП являются:

- термические;
- химические;
- электрохимические;
- биологические;
- захоронение.

В мировой практике обезвреживания НП чаще всего используют термические методы, которые в свою очередь подразделяются на:

- жидкофазное окисление;
- термokatалитическое окисление или восстановление;
- парофазное каталитическое окисление;
- газификация;
- пиролиз;
- плазмохимическая обработка;
- огневая обработка.

### **Жидкофазное окисление**

Метод жидкофазного окисления (мокрое сжигание), как правило, можно использовать для обезвреживания жидких НП, эмульсий и пастообразных пестицидов. Метод заключается в окислении кислородом воздуха НП при температурах 150–350 °С и избыточном давлении 2–28 МПа. При теплоте сжигания более 1,68 МДж/кг пестицида жидкофазное окисление можно превратить в энерготехнологический процесс. При этом можно получать тепловую или электрическую энергию. [27, 29, 36]

Аппаратурное оформление процесса состоит из насоса, подающего жидкий НП из сборника, теплообменника, реактора, сепаратора, оборудования для санитарной очистки отходящих газов. В случае реализации энерготехнологической схемы пар после сепаратора подается в паровой котел и далее в установку, состоящую из мотора-генератора, компрессора и газовой турбины.

Из доступных источников неизвестны примеры практического использования этих методов, что затрудняет оценку их экономических и экологических показателей.

Основными принципиальными недостатками жидкофазного окисления являются:

- неполное окисление трудноокисляемых веществ;
- возможность образования отложений минеральных примесей в трубопроводах, теплообменниках и другой аппаратуре;
- высокая стоимость оборудования и подверженность его коррозионному воздействию;
- высокие требования к эксплуатации оборудования и квалификации обслуживающего персонала;
- неопределенность относительно степени вероятности образования диоксинов.

Учитывая сложность технологии и недостаточную техническую проработанность, методы жидкофазного окисления не могут быть рекомендованы для широкого использования в условиях Республики Беларусь.

### **Термокatalитическое окисление**

Термокatalитическое окисление (гетерогенный катализ) можно использовать для обработки легкоиспаряющихся НП или для обезвреживания токсичных газо- или парообразных примесей, образующихся при обработке НП жидкофазным окислением или другими термическими методами. В этом способе процесс окисления НП нужно проводить при температурах ниже температуры самовоспламенения пестицида. При использовании активных катализаторов процесс окисления проходит при 250–400 °С., однако для этой цели необходимо использовать катализаторы на основе металлов платиновой группы. Более дешевые катализаторы из оксидов металлов (алюминия, меди, хрома, марганца, кобальта и др.), а также руд (бокситов, пиролюзита) характеризуются более высокой температурой начала реакции окисления (600–800 °С), что приводит к увеличению размеров установки и повышенному расходу энергии. [27, 31, 34]

При правильной организации технологического процесса степень окисления НП может быть достаточно высокой и достигать 98%. При этом НП окисляются в основном до простых соединений, например, CO<sub>2</sub>, HCl, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O и пр.

Если сравнивать окислительные методы сжигания и каталитические, то первые наряду со своей простотой и доступностью имеют и существенные недостатки:

невозможность обеспечения равномерной температуры во всей камере сжигания, низкая избирательность, быстрый износ оборудования в условиях агрессивной среды.

Известно также применение в качестве катализатора известняка. Проведенные экспериментальные исследования на ряде модельных хлорорганических соединениях показали, что степень конверсии в данном случае при температуре 700 °С составляла 77%.

Оригинальный подход реализации гетерогенно-каталитического сжигания предложен при применении реактора с кипящим слоем. Кипящий слой, состоящий из стеклянных шариков и мелкодисперсного катализатора на основе оксида железа, при температуре 500–600 °С способствует быстрому протеканию окислительных процессов.

По сравнению с методами сжигания каталитические окислительные методы характеризуются сравнительно низкими температурами, а также меньшими капитальными и энергетическими затратами. В качестве катализаторов чаще всего используют оксиды рутения, хрома, алюминия, меди, кобальта, платину, палладий.

Вместе с тем следует упомянуть и о недостатках этого метода. Известно, что при окислении промышленных отходов Калужского концерна «Хлорвинил» выходной штуцер реактора забивался значительным количеством неидентифицированного твердого вещества.

Наиболее эффективно парофазное каталитическое окисление, т.е., перевод жидких НП нагреванием в парогазовую фазу, а затем ее подвергают глубокому каталитическому окислению. Для перевода летучих НП в парогазовую фазу необходимо использовать выпарные аппараты, насадочные и безнасадочные скрубберы-испарители.

Таким образом, принципиальная технологическая схема каталитического окисления жидких НП состоит из сборника пестицидов, скруббера-испарителя, теплообменников, термокаталитического реактора, конденсатора, оборудования для санитарной очистки газов. К достоинствам парофазного каталитического окисления НП относятся большая производительность установок, высокая степень окисления пестицидов – до 98%, низкое удельное потребление энергии.

Однако этому методу присущи все недостатки, присущие каталитическим процессам. Это, во-первых, необходимость организации огромной поверхности массообмена катализатора для достижения достаточной полноты окисления НП. Во-вторых, необходимо считаться с явлением «отравления катализатора» пылью, а также соединениями серы, хлора, мышьяка, ртути, свинца, фосфора и других элементов, которые, как правило, входят в состав пестицидов. Это явление существенно снижает возможность использования термокаталитического метода обезвреживания НП.

#### **Газификация непригодных пестицидов**

Газификация НП предполагает обезвреживание твердых, жидких, пастообразных пестицидов с возможным получением горючих газов, смол и шлаков. [27, 36, 41, 42] Газификацию НП можно производить на воздушном, паровоздушном и парокислородном дутье в газогенераторах разных типов (шахтных колосниковых, с псевдоожиженным слоем, шахтных фурманских и др.).

Газификация может быть прямой и обратной, соответственно, с противоточным и прямоточным движением НП и дутья. При прямой газификации возможно образование смолообразной массы, которая по своей токсичности, может не уступать первоначальному НП, что потребует достаточно длительного и квалифицированного исследования состава и токсикологических свойств, образующихся отходов.

Поэтому более перспективна бессмольная газификация НП. В этом случае пары смолы проходят через высокотемпературную кислородную зону газогенератора, а затем через восстановительную зону, где подвергаются термическому разложению. Необходимо иметь в виду, что в случае газификации НП возможен вынос с газом тяжелых металлов, что потребует дополнительной санитарной очистки генераторных газов. Процесс



газификации пригоден для переработки ограниченного ассортимента НП, характеризующихся высокой газопроницаемостью и высокой температурой плавления.

#### **Пиролиз непригодных пестицидов**

Пиролиз НП может быть реализован двумя методами – окислительным с последующим сжиганием пиролизных газов и сухим, при котором происходит разложение НП без доступа воздуха. [27, 41, 42]

Окислительный пиролиз – это процесс термического разложения НП при их частичном сжигании или непосредственном контакте с продуктами сгорания топлива. В этом процессе полученные газообразные продукты разложения НП смешиваются с дымовыми газами, а затем сжигаются в различных топочных устройствах. При этом образуется твердый углеродистый остаток (кокс), который можно использовать по прямому назначению.

Метод окислительного пиролиза универсален в отношении фракционного и фазового состояния НП, их влажности и зольности. Обычно окислительный пиролиз производится при температурах 600–900 °С. При рациональной организации технологического процесса окислительного пиролиза НП содержащиеся в них тяжелые металлы могут фиксироваться в коксовом остатке.

Обычно окислительный пиролиз осуществляют во вращающихся печах, шахтных реакторах с вращающимся подом, многоподовых реакторах, реакторах с псевдоожиженным слоем и других устройствах.

Сухой пиролиз (перегонка) предполагает термическое разложение НП без доступа кислорода, в результате которого образуется пиролизный газ, жидкие продукты и твердый углеродистый остаток, состав которых зависит от физико-химических свойств НП и температуры процесса.

В зависимости от температуры существуют три вида сухого пиролиза:

- низкотемпературный пиролиз, или полукоксование, происходящий при температуре 450–550 °С и характеризующийся максимальным выходом жидких продуктов и полукокса и минимальным образованием пиролизного газа;

- среднетемпературный пиролиз, осуществляемый при температуре 800 °С, при котором увеличивается выход пиролизных газов и снижается образование твердых продуктов (кокса);

- высокотемпературный пиролиз, или коксование, при температурах 900–1050 °С, при котором минимален выход жидких продуктов и твердого остатка и максимален выход пиролизных газов.

Сухой пиролиз можно осуществлять в реакторах с внешним и внутренним обогревом. Внешний обогрев применяют в реакторах в виде вертикальных реторт, а также во вращающихся барабанных реакторах.

С санитарной и экономической точек зрения процесс высокотемпературного пиролиза обладает лучшими показателями по сравнению со сжиганием и газификацией. В данном случае процесс обработки НП происходит более интенсивно, скорость протекающих реакций возрастает экспоненциально с увеличением температуры, в то время как тепловые потери возрастают линейно. При этом происходит более полный выход летучих продуктов и сокращается объем полученного остатка.

В последнее время внимание исследователей привлекли плазмохимические способы переработки химических веществ повышенной опасности.

#### **Плазмохимическое обезвреживание непригодных пестицидов**

Плазмохимическая обработка заключается в нагревании НП плазмообразующим газом (воздухом, водородом, азотом), нагретым электрической дугой до 4000–5000 °К в плазмотроне. При этом происходит быстрое нагревание НП, их разложение, диссоциация молекул и дальнейшее окисление или восстановление до простых соединений – N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, HCl, HF, P<sub>4</sub>O<sub>10</sub> и др. Наиболее токсичные из них

должны быть уловлены и обезврежены. Степень разложения полихлорбифенилов, фенилртутьацетата, хлор- и фосфорсодержащих пестицидов достигает 99,99%. [43, 44]

Несомненно, что плазмохимическая обработка, которая в обычных условиях протекает при температурах выше 2000 °С, является одной из самых эффективных. Так, принято считать, что полное обезвреживание диоксиноподобных веществ происходит при температурах 1200–1400 °С. Однако к числу основных недостатков данного способа относится крайне высокая стоимость проекта.

В условиях Беларуси, где в ряде научных организаций накоплен большой опыт по разработке плазмотронов и плазмохимических реакторов, эти технологии могут успешно использоваться для ликвидации некоторых НП.

#### **Огневое обезвреживание непригодных пестицидов**

Метод огневого обезвреживания достаточно универсален и позволяет перерабатывать жидкие, твердые, пастообразные и газообразные отходы. Сущность его заключается в сжигании горючих отходов или огневой обработке негорючих отходов высокотемпературными (более 1000 °С) продуктами сгорания топлива. При этом все токсические вещества подвергаются нагреванию, разложению, окислению и другим химическим превращениям с образованием, как правило, безвредных соединений в газообразной и твердой фазах. [38, 39]

В случае реализации превращения вредных составляющих отходов в безвредные вещества сжигание обеспечивает высокую эффективность такого метода обезвреживания. Наряду со сжиганием обычных органических составляющих до CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>, происходит окисление органических соединений металлов до их оксидов, взаимодействие этих оксидов с дымовыми газами и образованием минеральных соединений (карбонатов, сульфатов и др.), окисление органических соединений фосфора и галогенов с образованием кислотных оксидов, кислот, простых элементов, термическое разложение исходных и промежуточных веществ, протекание гидролиза при высокой температуре, взаимодействие щелочных и кислотных оксидов с образованием соответствующих соединений.

При наличии в отходах минеральных составляющих процесс сопровождается образованием пыли, уносимой дымовыми газами. Кроме того, процесс сопровождается образованием золы и шлака.

Для рациональной организации огневого обезвреживания большое значение имеет летучесть веществ. Принято считать, что условно к легколетучим веществам относят соединения с температурой кипения ниже 85 °С. Вещества с температурой кипения  $85 < t_{\text{кип}} < 100$  °С относят к летучим. К малолетучим и нелетучим обычно относят вещества с высокой температурой кипения ( $t_{\text{кип}} > 200$  °С). Условно к малолетучим относят вещества, которые частично испаряются в интервале температур от  $t_{\text{равн}}$  до 100 °С, к нелетучим – вещества, которые практически не испаряются в этом интервале температур.

Огневой метод в зависимости от вида отхода и способа обезвреживания подразделяется на три типа: сжигание, огневой окислительный и огневой восстановительный метод.

Несмотря на простоту технологии огневое обезвреживание характеризуется большой энергоемкостью и необходимостью санитарной очистки огромных объемов газоздушных выбросов. В данном случае рационально совмещать обезвреживание НП с другими технологическими процессами обжига, сушки, плавки в различных отраслях промышленности с последующим использованием полученной теплоты для выработки энергии и отопления жилых и производственных помещений. В условиях Беларуси такое решение проблемы НП представляется наиболее рациональным.

Сжигание пестицидов, способных самостоятельно гореть (горючих), является самым простым и надёжным методом обезвреживания. Эффективное же сжигание хлорорганических соединений требует обеспечения температуры не ниже 1100 °С, что определено экологическими стандартами ЕС. В некоторых случаях для интенсификации

процесса в дутьевой воздух подмешивают кислород или газообразное топливо. По тем же стандартам ЕС концентрация отходящего кислорода в отходящих газах должна быть не ниже 6%.

Оригинальный метод дезактивации пестицидов был предложен профессором Папушей А.И. (патент РФ № 2005519 от 01.15.94) с использованием камер сгорания ракетных двигателей. Этот метод назван высокопараметрическим.

Технология высокопараметрического сжигания содержит в себе принципиально новое решение в организации процесса, отличающееся нетрадиционным диапазоном скоростей, температур и давлений в зоне обезвреживания. Процесс протекает при температуре 2000–3500 °С.

#### **Окислительный метод обезвреживания непригодных пестицидов**

Окислительный метод обезвреживания негорючих отходов заключается в добавлении их в поток высокотемпературных продуктов сгорания топлива. При огневом окислительном обезвреживании жидких отходов в реакторе протекают сложные физико-химические процессы. В рабочей камере реактора сгорает топливо, одновременно происходят распыление и испарение движущихся капель жидких отходов, смешивание паров с дымовыми газами, химические реакции между компонентами отхода и дымовыми газами с образованием чаще всего нетоксичных газов. [27, 43]

#### **Термохимическое сжигание непригодных пестицидов**

ООО «Специализированное предприятие сервисной экологической службы» (Россия, г. Москва, ул. Просторная, 7) предлагает технологию высокотемпературного (свыше 2000 °С) сжигания опасных отходов, которая характеризуется длительным высокотемпературным воздействием на уничтожаемые отходы (0,5–3 ч), а также использованием разработанной для этих целей смеси контактного нагрева – пиротехнической смеси фильтрационного горения (ПСФГ). Технология прошла экологическую экспертизу и одобрена Государственным комитетом по охране окружающей среды Московской области. [27, 31]

Сущность технологии заключается в термохимическом обезвреживании отходов, помещенных между слоями ПСФГ, и основывается на феномене фильтрационного горения. Важной особенностью фильтрационного горения является аккумуляция газовым потоком энергии, выделяемой при горении в зоне реакции, что способствует достижению высоких температур в волне горения и длительной термической обработке исходного вещества перед зоной реакции. Технология ПСФГ является универсальной и может широко использоваться как в стационарных, так и в полевых условиях. Золошлаковые отходы, образующиеся после термической деструкции, по своим свойствам относятся к 3–4-му классам опасности и могут без каких-либо ограничений складироваться на полигонах ТБО и промышленных отходов. Применение технологии ПСФГ не требует проведения сложных инженерных мероприятий, а рекомендуемое оборудование может быть размещено на существующих полигонах ТБО.

#### **Сжигание опасных отходов во вращающихся печах**

Компания «Байер АГ» (Германия) на предприятии в Леферкузене имеет две установки по сжиганию опасных отходов (вращающиеся печи) и установку для сжигания концентрированных жидких отходов с высоким содержанием органических веществ. Всего же на предприятиях этой компании в различных странах мира эксплуатируется 6 вращающихся печей.

Технологическая схема процесса сжигания во вращающейся печи состоит из 4 стадий:

- загрузка бункера твердыми отходами;
- сжигание во вращающейся печи с камерой дожигания;
- поступление газов в котел-теплообменник с образованием пара;
- многоступенчатая очистка отходящих газов.

Принцип действия вращающейся печи следующий: горючие твердые отходы в количестве 0,5–1 т в час складываются в бункере, а жидкие и пастообразные собираются в бочки. Затем отходы вместе с бочками загружаются во вращающуюся печь длиной около 12 м и диаметром 3,5 м, в которой создается температура от 1000 до 1200 °С. Длительность процесса сжигания составляет от 0,5 до 1 часа в зависимости от скорости вращения и наклона печи. Органические компоненты, перемещаясь внутри печи, полностью сгорают. Неорганические компоненты и металлические бочки расплавляются и поступают в шлакоаккумулятор, заполненный водой. После затвердения шлак удаляется скребками непрерывного действия. Полученный стекловидный остаток (шлак) не выщелачивается и может быть вывезен на любой полигон для хранения отходов.

Внутренние стенки печи футерованы огнеупорным кирпичом, который подвергается сильному термическому, химическому, механическому воздействиям и периодически должен заменяться.

Отходящие газы, образующиеся в процессе сжигания подаются в камеру сгорания, где дополнительные горелки поддерживают температуру от 1100 до 1200 °С и выше. Сочетание высокой температуры, относительно длительного времени сжигания (более 2 сек) при одновременном перемешивании и подаче дополнительного кислорода гарантируют полное разложение даже наиболее стойких соединений, таких как ПХБ или хлорированные диоксины и фураны. Жидкие органические отходы поступают в камеру дожигания. Горячие отходящие газы, покидая камеру дожигания, поступают в котел-регенератор, где происходит их охлаждение. Образующийся при этом пар (41 бар, 380 °С) в дальнейшем используется для отопления производственных помещений.

Очистка отходящих газов производится в несколько стадий:

- охлаждение и грубая очистка газа от золы и аэрозолей серной кислоты путем впрыскивания воды. При этом температура отходящего газа снижается до 65–75 °С;
- очистка газа от концентрированных кислотных компонентов во вращающемся скруббере;
- очистка газа от диоксида серы с помощью щелочных скрубберов;
- электростатическое осаждение конденсатов (аэрозолей).

Горячие очищенные отходящие газы охлаждаются в теплообменнике, после чего выбрасываются в атмосферу через трубу высотой 100 м. Шлаки, образующиеся во вращающейся печи и камере дожигания, а также пыль, извлеченная в процессе очистки отходящих газов, удаляются на полигон для хранения отходов. Кислотные и щелочные стоки после скрубберов поступают на специальные очистные сооружения, а затем подвергаются биологической очистке.

Российская НИЦ «Экология и энерготехнология» и АОЗТ «Резонант» предлагают утилизировать ТБО и промышленные отходы с получением товарной продукции в высокотемпературной шахтной печи (ВШП) на основе доменной печи со всеми ее вспомогательными агрегатами и оборудованием (воздуходувная машина, воздухонагреватели, система газоочистки, включая электрофильтры, система водяного охлаждения агрегатов и т. п.). ВШП отличается от доменной печи лишь тем, что она имеет несколько воздушных фурм, подводящих горячий воздух непосредственно в ванну жидкого металла, и имеет устройство для загрузки шихтовых материалов прямо в горн печи через фурмы, подводящие горячий воздух в жидкий металл. К загружаемым в печь отходам следует добавлять небольшое количество низкосортного угля и известняка, что позволит создать условия для поглощения шлаками серы и галогенов, а также получать из шлака товарную продукцию в виде каменного литья, облицовочных плит и т.д. Степень очистки дымовых газов в системах доменных печей достаточно высока, и качество их проверено в промышленных условиях многих стран мира.

Известны работы, предлагающие обезвреживание НП проводить в цементных печах. Однако далеко не все НП можно перерабатывать таким образом, а только

легкоокисляемые формы. Кроме того, существующие цементные печи оборудованы только пылеочистными установками. Цементные печи необходимо будет оснащать мокрой газоочисткой, что является достаточно проблематичным.

Анализируя вышеприведенные данные, можно констатировать, что указанные методы сжигания НП во вращающихся или шахтных печах могут быть реализованы в условиях Беларуси при наличии свободных мощностей на существующих цементных или металлургических заводах при условии оснащения печей дополнительной санитарной очисткой. Наиболее экономичное и безопасное решение заключается в строительстве печи для сжигания опасных отходов, где получаемое тепло используется для целей теплофикации.

#### **Химические методы**

Химические методы включают в себя различные приемы химического и электрохимического воздействия окислителей и гидролизующих агентов. [27, 43]

Методы электрохимического обезвреживания основаны на реакциях катодного восстановления хлорсодержащих соединений, например, по схеме:



Как видно из этой схемы, наряду с переводом галогена в практически безвредный анион удастся получить непредельный углеводород, утилизация которого трудностей не вызывает. Примером применения электрохимического метода обезвреживания пестицидов является процесс обработки пестицидов феноксильного ряда: 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота, 2-метил-4-хлорфеноксиуксусная кислота, 4-(2-метил-4-хлорфенокси) масляная кислота. Деструктивное окисление проводится в реакторе бездиафрагменного типа в растворе концентрированной серной кислоты, что обеспечивает как катодное восстановление, так и анодное окисление. В результате проведения электрофильного окисления удастся снизить ХПК и бромное число до нулевого значения.

Химические методы детоксикации показали свою бесперспективность из-за длительности процесса, образования большого количества отходов, требующих специального уничтожения, а также ввиду высокой стоимости используемых реагентов.

#### **Методы биологической детоксикации**

Биологические методы обезвреживания НП основаны на способности почвенной микрофлоры ассимилировать многие органические вещества. В настоящее время установлено, что количество бактерий в почве составляет от одного до нескольких десятков миллиардов клеток на грамм (кл/г), суммарная длина гифов грибов – десятки – тысячи метров на грамм. Кроме того, в почве присутствуют актиномицеты, водоросли, микроскопические животные. Огромный как по численности, так и по многообразию пул микроорганизмов дает возможность быстро реагировать на изменяющиеся условия и таким образом способствует более тонкому регулированию гомеостаза. В почве лишь третья часть клеток находится в активном состоянии. Доминантные виды, которые присутствуют в количестве не менее миллиарда клеток на грамм, обеспечивают стабильность протекания основных процессов. Другие виды микроорганизмов находятся в покое, но могут в любой момент при необходимости включиться в активную работу. [27]

Скорость биодegradации в почве крайне невелика. Так, период полураспада фосфороорганических пестицидов в почве колеблется от 47 до 290 суток, триазинов 82–212 сут., карбаматов 172–817 сут., других производных мочевины 355–3103 сут., хлорорганических пестицидов 2256–7987 сут. Скорость процесса значительно увеличивается при переходе к промышленным биореакторам. Так скорость разложения некоторых пестицидов достигает в них 1–3% в сутки при температуре 30 °С и концентрации пестицидов 0,001–0,01%.

Достаточно перспективным методом биодegradации пестицидов является ферментативный гидролиз. Например, ферментный препарат в иммобилизованном состоянии, выделенный из смешанной культуры хемотрофных микроорганизмов, может



ассимилировать девять органофосфорных пестицидов. При смешивании пестицидов с навозом или пометом происходит двухстадийный процесс: на первой стадии еще активные пестициды уничтожают семена сорняков, гельминтные яйца и другие вредные компоненты навоза; на второй стадии происходит разложение пестицидов под действием ферментных систем, содержащихся в клетках микроорганизмов, находящихся в закваске.

Таким образом, метод биологической детоксикации в принципе обеспечивает уничтожение токсичных веществ. Однако в настоящее время он не вышел из стадии лабораторных исследований. Главным недостатком метода является чрезвычайно малая скорость конверсии, а также необходимость постоянного поддержания производства новой закваски, что на данном этапе такую технологию лишает смысла.

### **Захоронение непригодных пестицидов**

Захоронение, которое достаточно широко пропагандируется из-за кажущейся простоты исполнения, вызывает крайне скептическое отношение. Так, на практике достаточно сложно указать геологическую среду, изолирующую НП на долгое время, сложно предсказать в геологической среде условия существования техногенной системы. Как правило, на границе природной и техногенной систем возникают различные перетоки, приводящие к миграции вредных веществ. Такие захоронения должны сопровождаться тщательным контролем воды через дренажные коммуникации (скважины). Не ясны также и отдаленные последствия такой технологии захоронения отходов. Таким образом, захоронение НП, несмотря на кажущуюся простоту и дешевизну, не может быть рекомендовано для широкого использования. Это временное решение проблемы.

Анализируя все возможные способы обезвреживания НП, необходимо отметить, что после разложения, окисления, восстановления, пиролиза и других процессов образуются не только такие инертные к окружающей среде вещества, как  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ , но и соединения, которые имеют строго фиксированные значения ПДК в атмосферном воздухе –  $N_xO_y$ ,  $SO_2$ ,  $HCl$ ,  $HF_2$ ,  $P_4O_{10}$ , минеральные вещества и т.д. Реализация любого из рассмотренных методов потребует тщательного изучения и идентификации состава отходящих из реакторов обезвреживания НП газов с последующей разработкой методов их очистки от токсичных соединений.

Анализ существующих методов обезвреживания НП показывает, что в данном случае необходимо учитывать такие факторы, как состав, физико-химические и реологические свойства НП, их агрегатное состояние, содержание действующего вещества, их количества, производительность установки, метод обработки, сложность основного технологического оборудования, экологические требования к отходящим газам, сточным водам и твердым отходам, сложность санитарной очистки отходящих газов и т.д.

## **Глава 6 Уничтожение отходов в плазменных реакторах**

Наиболее широко используемым способом переработки опасных органических отходов является их сжигание. Обычная практика – использование для этих целей промышленных печей и котлов. При этом в основном сжигаются жидкие и твердые отходы с умеренной и высокой теплотворной способностью и минимальным содержанием хлора или фтора.

К сожалению, условия горения в серийных печах и котлах не всегда соответствуют тем параметрам, которые необходимы для полного сгорания органических отходов. В результате, в отходящих газах могут присутствовать продукты химического недожога, часто также опасные. Так при сжигании хлорорганики при недостаточно высоких температурах, помимо оксидов азота и углерода, возможно образование фосгена, дибензофуранов, диоксинов, бензопирена и других ультратоксичных продуктов в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации.

Существующие традиционные методы термического обезвреживания, во-первых, имеют ряд недостатков, поскольку приводят к значительным затратам ценных видов топлива, а во-вторых, не обеспечивают полноту обезвреживания отходов и приводят к большим выбросам вредных веществ в атмосферу. Это происходит из-за того, что процесс обезвреживания органических отходов термическим методом протекает при температурах, способствующих образованию других вредных соединений, среди которых диоксины, дибензофураны, фосген, полихлорированные фураны, окись углерода, сажа и другие вредные органические вещества.

Альтернативой технологиям низкотемпературного сжигания жидких токсичных отходов является их сжигание в плазме, т.е. высокотемпературное сжигание [43, 44, 45, 46]. Использование электродуговой плазмы со среднемассовыми температурами до 5000 К позволяют осуществлять деструкцию органических и неорганических соединений до атомов и ионов с очень большими скоростями и высокой степенью превращения. Кроме того, разрушение сложных соединений в плазме весьма эффективно и без наличия кислорода, это дает возможность успешно проводить в плазме реакции пиролиза, что в ряде случаев имеет преимущество перед горением.

Другая существенная особенность способа – отсутствие каких-либо высокомолекулярных соединений в продуктах кинетической рекомбинации, т.е. разрушенные в плазме многоатомные соединения обратно не синтезируются. При обезвреживании токсичной галогено- и фосфоорганических соединений в электродуговой плазме из-за появления кислых газов необходимо использовать скрубберы, обычно с каустической содой в качестве нейтрализатора. Электродуговые плазменные реакторы перерабатывают в основном жидкие и мелкодисперсные отходы, хотя могут работать и на суспензиях. Для обезвреживания твердых отходов используются плазменные шахтные печи. Вследствие своей компактности дуговая плазменная система очень удобна и для использования в мобильных комплексах.

Спецификой плазменных технологий и плазменного оборудования является малая инерционность процесса, что минимизирует угрозу вредных выбросов в аварийных ситуациях, благодаря возможности немедленной остановки технологического оборудования в случае возникновения такой необходимости.

Разработке плазмохимических способов переработки токсичных отходов, главным образом хлорорганических и других галогенов в последнее время уделяется большое внимание во многих странах. В промышленно развитых странах активно развивается плазменное направление переработки вредных отходов, например, в США этим занимаются Агентство по охране окружающей среды, фирма «Вестингауз» и др. Известны работы лаборатории INEL (Айдахо, США), фирма «Плазма Энерджи Корпорейшн» (Северная Каролина, США), фирмы «NUKEM», Siemens (ФРГ) и др. К сожалению, имеющаяся научная информация ограничена и носит в основном рекламный характер.

### **Обезвреживание хлорорганических отходов**

Это наиболее важная проблема при переработке опасных отходов. Количество отходов производства и применения хлорорганических веществ исчисляется миллионами тонн. К ним относятся отслужившие срок изделия из хлорорганических полимеров, отработанные хлорорганические растворители (в том числе и с добавками), диэлектрики (многохлористые дифенилы), пришедшие в негодность пестициды, отходы хлорорганических производств. Размещение хлорорганических отходов на полигонах и захоронение должно быть полностью исключено ввиду их плохой способности к биологическому разложению, а также возможности окисления многих из них кислородом воздуха под воздействием солнечного излучения с образованием вторичных токсичных продуктов (фосген и др.).

При сжигании хлорорганических отходов происходит образование вторичных токсичных веществ. Факторами, определяющими эффективность термического

обезвреживания хлорорганических отходов, будут: наличие высокой температуры в камере сгорания для разрушения всех органических компонент отходов; время нахождения реагентов в зоне горения должно быть достаточным для завершения самой медленной реакции горения; наличие хорошего смешения всех реагирующих компонентов, что реализуется при высокой степени турбулентности потока в камере сгорания; адекватность состава горючей смеси требуемому для полного сгорания хлорорганических отходов. Эти параметры в большей или меньшей степени взаимосвязаны друг с другом. Например, чем выше температура, тем меньшее количество кислорода и меньшее время нахождения отходов в зоне горения требуется. Особенности процесса огневого обезвреживания (сравнительно низкие температуры) и конструкций установок по сжиганию хлорорганических отходов приводят к тому, что одновременно обеспечить оптимальные значения всех определяющих параметров крайне сложно. В результате, при неквалифицированном сжигании конечные продукты могут содержать вредные вещества, существенно загрязняющие окружающую среду.

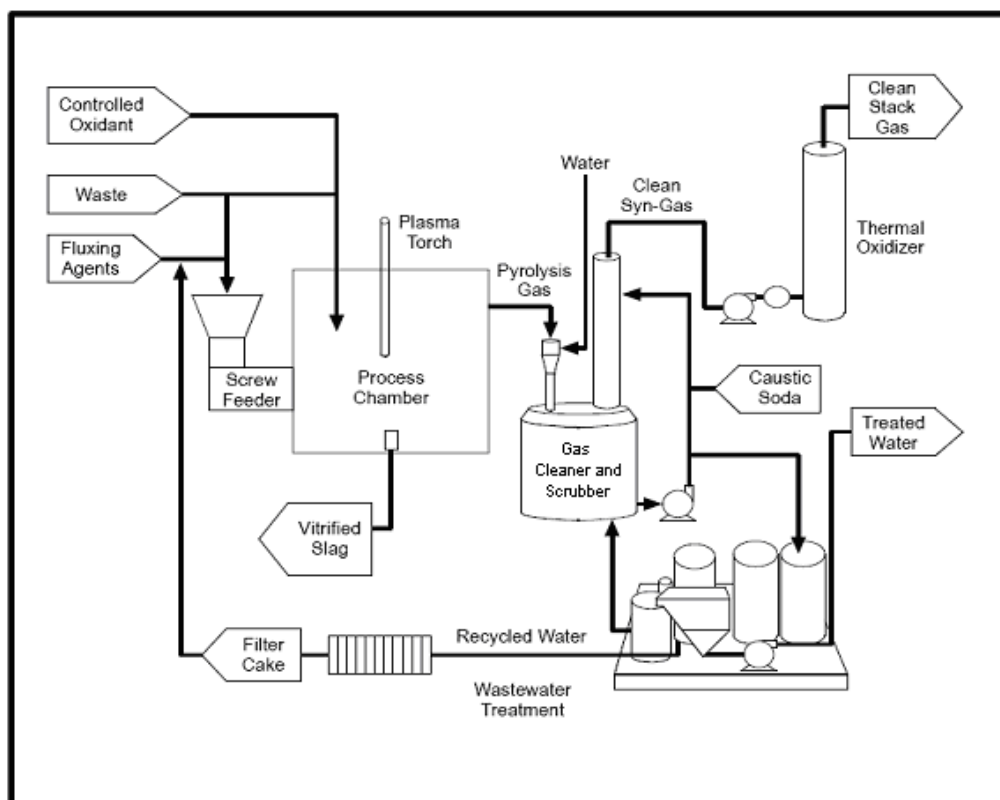
Другим недостатком огневого обезвреживания хлорорганических отходов является необходимость использования дополнительного топлива (обычно природного газа) поскольку хлорорганика, особенно сильно хлорированная, очень трудно подвергается горению.

*Обезвреживание жидких токсичных хлорорганических отходов плазменным методом, по сравнению с технологией сжигания в печах, более экологично и экономично, по крайней мере, по переработке сильно хлорированных трудногорючих соединений. Использование электродуговой плазмы с температурой до 5000 К для переработки отходов позволяет практически мгновенно разложить любые органические и неорганические соединения за счет интенсификация процесса деструкции по сравнению с другими способами. [47, 48] В этом плане плазменные методы вне конкуренции. Кроме того, разрушение сложных соединений в плазме чрезвычайно эффективно и без наличия кислорода. А это дает возможность успешно проводить в плазме реакции пиролиза, что в ряде случаев имеет преимущество перед горением.*

Для уничтожения хлорорганических отходов применяется плазменный реактор с трех струйной камерой смешения, на которую работают три электродуговых плазмотрона. [49] В этом случае процесс переработки характеризуется применением высокотурбулизированного плазменного потока, который формируется в трех струйной камере смешения, где также обеспечивалось достаточно хорошее смешение плазменного потока и перерабатываемых отходов. Наличие закалки продуктов разложения в реакторе делает невозможным прохождение обратных химических реакций (рисунок 6.1).

Разработаны плазменные реакторы и плазменные печи различной мощности, на которых могут быть практически осуществлены с высокой эффективностью основные высокотемпературные техпроцессы переработки отходов.

Установка включает в себя систему подачи сырья в плазменный реактор, состоящую из емкости для раствора, газо- и растворопроводов и собственно устройства для подачи сырья в реактор. Также установка включает цилиндрическую камеру смешения с радиально установленными на ней плазмотронами. Плазменный поток формируется в нагревательном устройстве, выполненном в виде цилиндрической камеры смешения, куда вводятся три плазменные струи из сопел плазмотронов.



**Рисунок 6.1 – Схема плазменной дуговой установки для переработки токсичных отходов методом термохимического разложения**

Плазмотроны установлены радиально по образующей камеры смешения под углом к ее оси. Это обеспечивает формирование равномерного профиля температур, что имеет важное значение для процессов смешения. Камера смешения соединена с секционированным водоохлаждаемым реактором, в нижней части которого располагается приемный промежуточный бункер. Бункер соединен с фильтром. Для отбора отходящих газов на анализ используется система, включающая в себя патрубки забора, вакуумный насос и вакуумированные колбы с системой кранов.

Система энергообеспечения установки включает системы электроснабжения и поджига плазмотронов, системы газо- и водоснабжения, а также систему дистанционного контроля и управления рабочими параметрами установки.

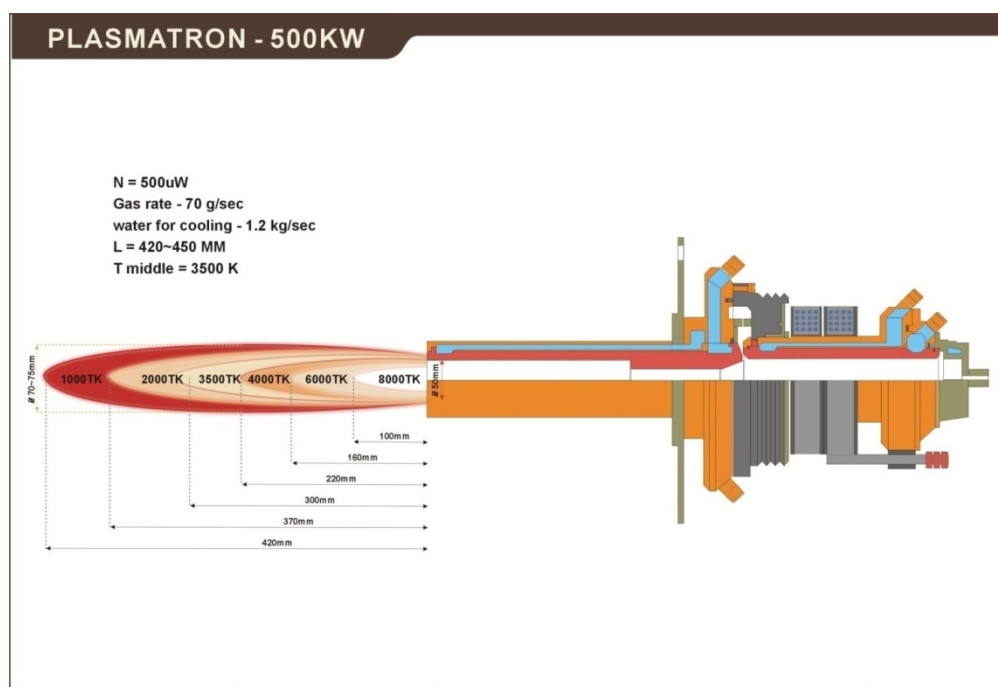
Принцип работы плазменной установки следующий. Поступающие в камеру смешения плазменные струи, взаимодействуя друг с другом и с подаваемым сырьем, формируют гетерофазный поток, который далее в канале реактора образует по всей длине реакционную зону, в которой протекают физико-химические процессы превращения сырья в целевой продукт. В бункере происходит сепарация продуктов терморазложения. Газовый поток поступает на фильтр для отделения мелкодисперсной фракции.

Отходящие газы, после плазменного реактора проходят системы механической фильтрации и абсорбционной щелочной очистки, устраняющие пылевидные неорганические остатки и газообразные примеси NO, HCl, H<sub>2</sub>S и др. [50] В результате отходящие из установки газы не содержат каких-либо токсичных компонентов. Отходящие газы, проходящие через барботажный водяной скруббер, с помощью вентилятора выбрасываются в атмосферу.



**Рисунок 6.2 – Составные блоки плазменной дуговой установки для переработки токсичных отходов**

Плазменные реакторы не имеют принципиальных ограничений по мощности. В зависимости от уровня мощности и рабочей среды, в плазматронах для реакторов могут применяться любые типы известных электродов. Это дает возможность получать плазму различного химического состава и легко перестраиваться на обезвреживание разнообразных отходов. Термический КПД плазматрона в диапазоне температур 2500-5000 К составляет 70-80%.



**Рисунок 6.3 – Распределение температуры в плазменном факеле**

Разработаны плазменные печи и плазменные реакторы с электродуговыми плазматронами мощностью до 0,5 МВт в одном агрегате, работающие на плазмах различного состава (окислительных, восстановительных) и легко перестраиваемые на переработку разнообразных типов органических, неорганических и смешанных



отходов. На основе плазменного реактора может быть создана технологическая установка для переработки жидких и дисперсных токсичных отходов. Такие установки могут перерабатывать запасы таких веществ, как гексахлоран, нитрофен, ГХАН, запрещенные пестицидные препараты (ДДТ, бутиловый эфир 2, 4 Д кислоты) в порошкообразной форме, бутанол, ДХМ и другие, отработанные органические растворители, загрязненные канифольной спирто-бензиновой смеси; смеси на основе дихлорметилена, циклогексана трихлорэтилена и бензофенона, кубовые остатки с хлористым метиленом и бромированных фенолов.

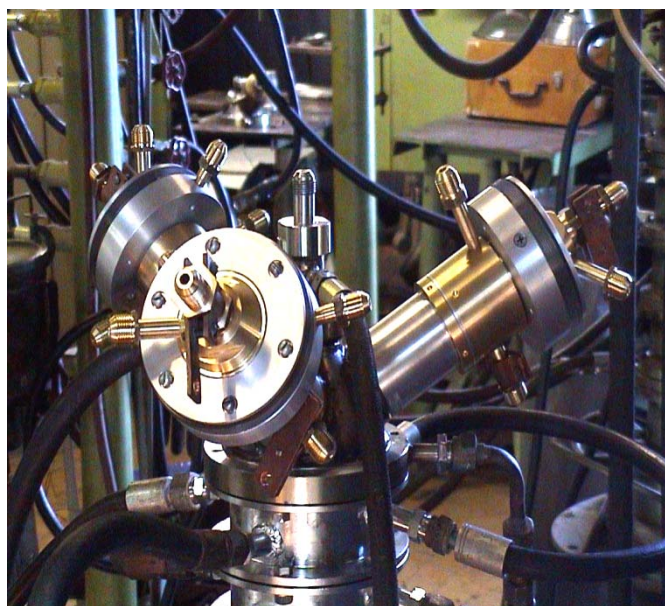
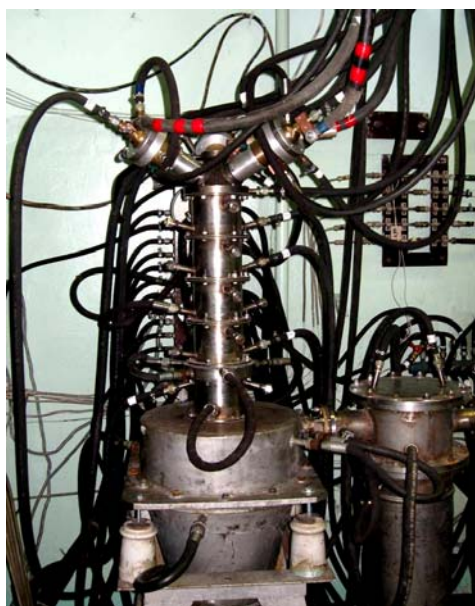
Обработка органических и хлорорганических отходов в плазменном реакторе с использованием воздуха как плазмообразующего газа обеспечивает деструкцию углеродного скелета исходных токсичных соединений с образованием простых молекул ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NO}$ ), одновременно препятствуя протеканию реакций образования токсичных побочных продуктов – диоксинов, фосгена, цианистых соединений.

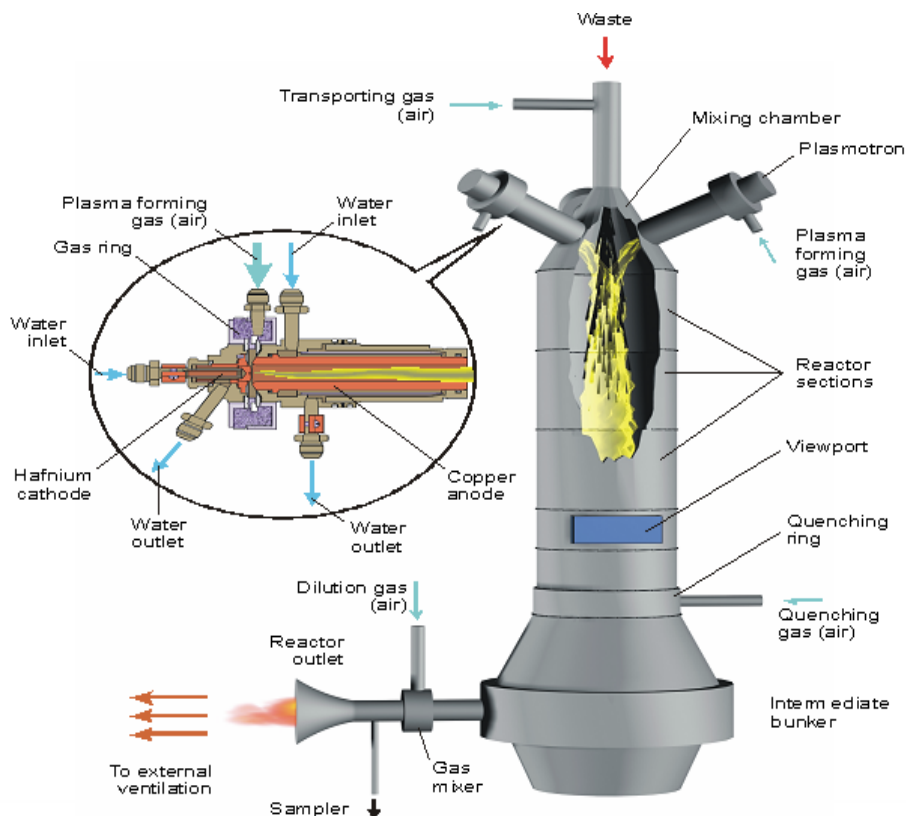
Спецификой плазменных технологий и плазменного оборудования является малая инерционность процесса, что исключает возможность значительных вредных выбросов в аварийных ситуациях, благодаря возможности немедленной остановки технологического оборудования в случае возникновения такой необходимости.



**Рисунок 6.3 – Плазматрон переменного тока РРТ-250 (250 kW)**

Ниже представлены фотографии реального трехструйного реактора.





**Рисунок 6.3 – Схематичное изображения трехструйного реактора**

**Преимущества плазменных технологий:**

- высокая интенсивность процесса за счет высоких температур и плотности энергии.
- компактность плазменных реакторов и печей.
- создается ионизованная реакционная среда.
- отходы могут перерабатываться без предварительной сортировки;
- при наличии хлора в отходах восстановительная высокотемпературная атмосфера предотвращает образование диоксинов, хлор связывается в хлористый водород, который затем легко улавливается в системе очистки отходящих газов;
- количество газообразных продуктов газификации отходов, подлежащих очистке существенно меньше количества продуктов их горения (до 10 раз), образующихся в традиционных технологиях, основанных на сжигании отходов. Это приводит к резкому сокращению габаритов системы очистки отходящих газов.
- образующийся в процессе шлак является чистым и может использоваться в строительстве или захораниваться, не подвергаясь выщелачиванию;
- возможность получать из органических отходов горючие газы, которые могут использоваться в технологических целях для выработки тепла и электроэнергии.

## Заключение

Республика Беларусь присоединилась к Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях в декабре 2003 г. (Указ Президента Республики Беларусь от 20 декабря 2003г № 594). Являясь официальной Стороной Стокгольмской конвенции, в соответствии со статьей 11, наша страна, как и другие страны, обязана осуществлять соответствующие исследования по выявлению воздействия СОЗ на окружающую среду с целью защиты здоровья населения и охраны природы.

По данным инвентаризации, выполненной РУП Бел НИЦ «Экология», в Республике Беларусь по состоянию на 01.07.2010 г. накоплено 7 359,8 т непригодных пестицидов, из которых 2 832,0 т (39% от общего количества) хранится на складах сельскохозяйственных предприятий; 2 824,7 т (38%) захоронено в подземных хранилищах; 1703,1 т (23%) принято на хранение за период 1999 – 2010 гг. в КУП «Комплекс по переработке и захоронению токсичных промышленных отходов Гомельской области». Весь объем хранящихся пестицидов в большинстве случаев представляет собой смеси ядохимикатов, поэтому потенциально их следует относить к числу стойких органических загрязнителей.

Во исполнение обязательств, принятых Республикой Беларусь при присоединении к Стокгольмской конвенции, а также в целях определения эффективных мер по решению проблемы СОЗ в Республике Беларусь разработан Национальный план выполнения обязательств, принятых Республикой Беларусь по Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, на 2007-2010 годы и на период до 2028 года, утвержденный Указом Президента от 12 июня 2007 г. № 271.

В этот период планируется выполнение мероприятий, направленных на осуществление экологически безопасного хранения и обезвреживание существующих в республике отходов, содержащих стойкие органические загрязнители (непригодные пестициды и полихлорированные бифенилы); проведение мониторинга состояния здоровья населения в связи с воздействием стойких органических загрязнителей; сокращение выбросов стойких органических загрязнителей в результате их непреднамеренного производства. Предполагается, что в результате выполнения указанных мероприятий не только будут соблюдены международные обязательства Республики Беларусь, но и снизится вредное воздействие стойких органических загрязнителей на здоровье человека и окружающую среду.

Результаты проведенных исследований на участках захоронений непригодных пестицидов и в зонах их влияния, указывают на то, что общей закономерностью для всех захоронений является то, что пестициды из всех захоронений мигрируют в окружающую среду. По данным исследований установлено, что пестициды-СОЗ выявлены во всех экологических системах: почве, литосфере, поверхностных и подземных водах. В равной мере это можно констатировать и для атмосферного воздуха, присутствие пестицидов в нем диагностируется по характерному запаху (дуста) (химико-аналитические исследования содержания пестицидов в воздухе в нашей стране пока не производятся). Наибольшему загрязнению пестицидами-СОЗ подверглись подземные воды, особенно первые от земной поверхности водоносные горизонты.

В результате миграции пестицидов на всех участках захоронений, кроме Городокского и Слонимского, концентрации пестицидов СОЗ (изомеров ГХЦГ и ДДТ) не превышают установленных для них ПДК. В среднем они составляют для ГХЦГ (наиболее часто встречаемый пестицид в объектах окружающей среды в районах воздействия захоронений ядохимикатов) от 0,002 ПДК до 0,014 ПДК. Поэтому у большинства участков захоронений наблюдается стабильная ситуация - незначительная миграция пестицидов из захоронений в окружающую среду.

Выявлена следующая закономерность: в начальный период исследований на всех захоронениях (до 2007 г. включительно) концентрации ядохимикатов не превышали предельно-допустимых (ПДК) значений и были на 2-3 порядка ниже ПДК. В большинстве случаев значения концентраций изменялись от  $1 \cdot 10^{-6}$  до  $1 \cdot 10^{-5}$  мг/дм<sup>3</sup>. Начиная с 2007 г. содержание пестицидов-СОЗ на захоронениях стало возрастать до  $1 \cdot 10^{-3}$  мг/дм<sup>3</sup>. Впервые превышение ПДК ядохимикатами было установлено в 2008 г. на Слонимском захоронении – концентрация 4,4-ДДД составила 0,349 мг/дм<sup>3</sup> при ПДК 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, т.е. 3,49 ПДК. В 2009 г. превышение ПДК пестицидами-СОЗ было установлено на Городокском захоронении. Суммарное содержание изомеров  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -ГХЦГ достигло 0,117 мг/дм<sup>3</sup>, что соответствует 5,85 ПДК. В результате проведения повторных исследований отбора проб из той же наблюдательной скважины (скважина № 3) было получено еще большее значение – 6,41 ПДК (кроме выявленного загрязнения подземных вод, для Городокского захоронения в период обследования в 2009г, был характерен высокий уровень запаха дуста практически на всей территории участка). В 2010 г. на Городокском захоронении пестициды были выявлены в 3 наблюдательных скважинах (исключение – фоновая скважина, расположенная вне зоны воздействия захоронения).

В частности установлены следующие особенности миграции пестицидов из захоронений:

- в районе Дрибинского захоронения пестициды выявлены в грунтовых водах наблюдательных скважин, шахтном колодце в д. Темный Лес (на удалении 3,5 км от захоронения). В перечне обнаруженных пестицидов-СОЗ представлены изомеры  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -ГХЦГ, эндрин, 4,4-ДДТ;
- в зоне влияния Слонимского захоронения присутствие пестицидов обнаружено в грунтовых водах наблюдательных скважин. В перечне обнаруженных пестицидов-СОЗ представлены изомеры  $\alpha$ ,  $\beta$ -ГХЦГ, 4,4-ДДТ, 4,4-ДДЕ и 4,4-ДДД;
- в районе расположения Петриковского захоронения присутствие пестицидов зафиксировано в грунтовых водах наблюдательных скважин, в шахтном колодце д. Затишье (на удалении 5,0 км от захоронения), мелиоративной канаве (на удалении 1,5 км от захоронения). В перечне обнаруженных пестицидов-СОЗ представлены изомеры  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -ГХЦГ, гептахлор;
- в районе влияния Городокского захоронения присутствие пестицидов выявлено в грунтовых водах наблюдательных скважин, в реке Овсянка (на удалении 3,7 км от захоронения), в шахтных колодцах д. Озерки (соответственно на удалении 2,7 км). В перечне обнаруженных пестицидов-СОЗ представлены изомеры  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -ГХЦГ. Максимальные концентрации в районе Городокского захоронения составляют 6,4 ПДК (скважина № 3);
- влияние Верхнедвинского захоронения на окружающую среду обусловлено присутствием пестицидов в грунтовых водах наблюдательной скважины № 1 (изомеры  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -ГХЦГ, 4,-ДДТ, 4,4-ДДЕ, 4,4-ДДД, альдрин, гептахлор, диэлдрин, эндрин); точке слияния двух ручьев (на удалении 0,1 км от захоронения) - изомеры  $\beta$ ,  $\delta$ -ГХЦГ;
- в зоне влияния Поставского захоронения пестициды выявлены в грунтовых водах наблюдательных скважин. В перечне обнаруженных пестицидов-СОЗ представлены изомеры  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -ГХЦГ, гептахлор, ДДТ.

По выявленному уровню загрязнения подземных вод в зоне воздействия всех захоронений сами захоронения можно ранжировать следующим образом (по снижению степени воздействия): Городокское, Слонимское, Петриковское, Поставское, Дрибинское, Верхнедвинское и Брестское (последнее ликвидировано в 2007 г.). При этом следует учитывать, что первые от земной поверхности водоносные горизонты (грунтовые воды) служат основным источником децентрализованного водоснабжения

населения сельских населенных пунктов в результате оборудования сельскими жителями шахтных колодцев. И в случае разрушении тары, в которой упакованы пестициды, может произойти резкая активизация процессов загрязнения этих вод, что может привести к самым неблагоприятным последствиям.

Выполняемые природопользователями захоронений меры относятся к техническим мероприятиям и особого влияния на экологические системы не оказывают. Очевидно, что любые мероприятия по снижению уровня воздействия захоронений на окружающую среду и население должны быть направлены на очистку или ликвидацию первопричины загрязнения. Любые профилактические или локализационные мероприятия (например, покрытие поверхности траншей с пестицидами битумом или нефтью после 22-39 лет их существования нецелесообразно, также неэффективна защита поверхности захоронений кровлей из любых кровельных материалов с целью прекращения инфильтрации загрязненных атмосферных осадков) не решают главную задачу - не ликвидируют захоронения, а также хранящиеся в них пестициды-СОЗ. Такой подход согласуется с общей позицией нашей страны и ее обязательствами в рамках Стокгольмской конвенции о СОЗ. Согласно стратегии в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2025 года, одобренной Решением коллегии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь № 8-Р от 28.01.2010 г., до 2020 г. в республике должны быть ликвидированы все захоронения непригодных пестицидов.

Результаты анализа имеющейся информации по существующим методам обезвреживания непригодных пестицидов показывают, что для решения проблемы ликвидации непригодных пестицидов необходимо создать республиканский кадастр непригодных пестицидов по возможности с полной их характеристикой и сгруппировать непригодные пестициды по составу и возможности их совместного обезвреживания.

Выбор метода обезвреживания (ликвидации) пестицидов может быть определен только после тщательной технико-экономической и экологической его оценки.

Высокая опасность негативного воздействия пестицидов на экосистемы и на здоровье человека подтверждает необходимость проведения регулярного их учета и мониторинга загрязнения СОЗ объектов окружающей среды и оценки воздействия СОЗ на потенциально уязвимые группы населения.



## **Список использованных источников**

- 1 Проект СВР.ЕАР.SFPP 983056 «Уничтожение пестицидов с помощью термической плазменной технологии». Зарегистрирован в Департаменте по гуманитарной деятельности Управления делами Президента Республики Беларусь 24 июня 2009 года, удостоверение о регистрации № 03-12/729
- 2 Мельников Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. – М.: Химия, 1987.
- 3 Кулаков Е.П., Исаева Л.И. и др. Пестициды и окружающая среда / Обзорная информация. – М.: ВНИИТЭИСХ, 1975.
- 4 Пестициды. Справочник. – М.: Агропромиздат, 1992.
- 5 Вашингтонская декларация по защите морской окружающей среды от загрязнения в результате осуществляемой на суше хозяйственной деятельности: [http://www.gpa.unep.org/documents/washington\\_declaration\\_english.pdf](http://www.gpa.unep.org/documents/washington_declaration_english.pdf)
- 6 Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях / ЮНЕП., Женева – 2001. – 53 с.
- 7 Национальный план выполнения обязательств, принятых Республикой Беларусь, по Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях на 2009-2010 годы и на период до 2028 года. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Глобальный экологический фонд, Всемирный банк. – Минск, Белсэнс.– 2006. – 200 с.
- 8 Правила обращения с непригодными пестицидами. – Минск, Бел НИЦ «Экология». – 2005. – 44 с. Утверждены постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь 03.02.2005 г. № 5/6. (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2005 г., № 55)
- 9 Вейнберг, Дж. Опасные пестициды и СПМРХВ – Пособие для НПО. Основа для действий по защите здоровья человека и окружающей среды от опасных пестицидов. 2009. 56 с.
- 10 «Актуализация базы данных о пестицидах; объектах их размещения и территориях, загрязненных пестицидами; актуализация электронной базы данных о полихлорированных бифенилах, оборудовании, материалах и отходах, содержащих полихлорированные бифенилы; территориях, загрязненных полихлорированными бифенилами; актуализация электронной базы данных об источниках выбросов стойких органических загрязнителей в результате их непреднамеренного производства». Отчет о НИР / РУП «Бел НИЦ «Экология». – Мн., 2010. – 28 с.
- 11 Государственный стандарт Республики Беларусь СТБ ИСО 5667-18-2006. Качество воды. Отбор проб. Часть 1. Руководство по отбору проб подземных вод на загрязненных участках.
- 12 Государственный стандарт Республики Беларусь СТБ ИСО 5667-11-2006. Качество воды. Отбор проб. Часть II. Руководство по отбору проб подземных вод на загрязненных участках.
- 13 Инструкция о порядке проведения локального мониторинга окружающей среды юридическими лицами, осуществляющими эксплуатацию источников вредного воздействия на окружающую среду: Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 01 февраля 2007 г. № 9. – Мн., – 35 с.
- 14 Гигиенические нормативы 2.1.5.10.21-2003 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».
- 15 Гигиенические нормативы 2.1.5.10.29-2003 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

- 16 Гигиенические нормативы 2.1.5.10.20-2003 «Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно–питьевого и культурно-бытового водопользования».
- 17 Выявить уровни загрязнения окружающей среды стойкими органическими загрязнителями (СОЗ) в районах захоронения непригодных пестицидов и разработать мероприятия по снижению вредного воздействия на экосистемы [Текст]: отчет о НИР по заданию 1.29 ГНТП «Экологическая безопасность» на 2009-2010 гг. (заключительный по этапу 1. (2009 г.) / РУП «Бел НИЦ «Экология». – Мн., 2009 г. – 139 с.  
Выявить уровни загрязнения окружающей среды стойкими органическими загрязнителями (СОЗ) в районах захоронения непригодных пестицидов и разработать мероприятия по снижению вредного воздействия на экосистемы [Текст]: отчет о НИР по заданию 1.29 ГНТП «Экологическая безопасность» на 2009-2010 гг. (заключительный по этапу 2. (2010 г.) / РУП «Бел НИЦ «Экология». – Мн., 2010 г. – 85 с.
- 18 Выявить уровни загрязнения окружающей среды стойкими органическими загрязнителями (СОЗ) в районах захоронения непригодных пестицидов и разработать мероприятия по снижению вредного воздействия на экосистемы [Текст]: отчет о НИР по заданию 1.29 ГНТП «Экологическая безопасность» на 2009-2010 гг. Этап 2 (2010) «Оценка загрязнения подземных вод СОЗ и разработка мероприятий по снижению негативного воздействия на экосистемы», этап 2.1 «Проведение экологических исследований подземных вод на Верхнедвинском и Городокском захоронениях непригодных пестицидов» (промежуточный) / РУП «Бел НИЦ «Экология»: – Мн., 2010 г. – 14 с.
- 19 Выявить уровни загрязнения окружающей среды стойкими органическими загрязнителями (СОЗ) в районах захоронения непригодных пестицидов и разработать мероприятия по снижению вредного воздействия на экосистемы [Текст]: отчет о НИР по заданию 1.29 ГНТП «Экологическая безопасность» на 2009-2010 гг. Этап 2 (2010) «Оценка загрязнения подземных вод СОЗ и разработка мероприятий по снижению негативного воздействия на экосистемы», этап 2.2 «Проведение экологических исследований подземных вод на Дрибинском, Поставском и Слонимском захоронениях непригодных пестицидов» (промежуточный) / РУП «Бел НИЦ «Экология»: – Мн., 2010 г. – 18 с.
- 20 Проведение научно-аналитических исследований с целью улучшения экологической ситуации на Верхнедвинском захоронении непригодных пестицидов [Текст]: отчет о НИР (заключительный) / Учреждение «БЕЛНИЦ ЭКОЛОГИЯ». – Мн., 2003. – 56 с.
- 21 Комплексное обследование состояния окружающей среды в районе размещения Городокского захоронения непригодных пестицидов [Текст]: отчет о НИР (заключительный) / РУП «Бел НИЦ «Экология». – Мн., 2006. – 37 с.
- 22 Научная оценка экологического состояния захоронения непригодных пестицидов в Дрибинском районе Могилевской области и разработка предложений по снижению вредного воздействия на окружающую среду [Текст]: отчет о НИР (заключительный) / РУП «Бел НИЦ «Экология». – Мн., 2005 г. – 49 с.
- 23 Комплексное обследование состояния окружающей среды в районе размещения Поставского захоронения непригодных пестицидов [Текст]: отчет о НИР (заключительный) / РУП «Бел НИЦ «Экология». – Мн., 2006 г. – 30 с.
- 24 Проведение детального экологического исследования Слонимского захоронения пестицидов (Этап 2005 г.) [Текст]: отчет о НИР (заключительный) / РУП «Бел НИЦ «Экология». – Мн., 2005. – 41 с.

- 25 Научная оценка уровня загрязнения окружающей среды пестицидами Слонимского захоронения, разработка предложений по его минимизации [Текст]: отчет о НИР (заключительный) / РУП «ЦНИИКИВР». – Мн., 2008. – 78 с.
- 26 Белый, О. А., Писарик, М. А. Состояние и мониторинг захоронений непригодных пестицидов, относящихся к стойким органическим загрязнителям. В сб. «Природопользование и окружающая среда». – Минск, Бел НИЦ «Экология». – 2008. С. 115–122
- 27 Белый, О.А., Зильбергейт, М.А., Журавский, Г.И., Челноков, А.А., Михалап, Г.И.. Методы обезвреживания и уничтожения непригодных пестицидов / Обзорная информация. – Мн.: «БЕЛНИЦ ЭКОЛОГИЯ», 2004. – 61 с.
- 28 Бернадинер, М.Н., Шурыгин А.П. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов. – М.: Химия, 1990.
- 29 Ивасенко, В.Л., Кукурина, О.С. Новый процесс жидкофазной деструкции некондиционных пестицидов феноксильного ряда. – Инженерная экология, № 2, 2000. – С. 17–23.
- 30 Картузов, В.М., Шеманаев, С.А. Утилизация ртути содержащих отходов. – Э и ПР., № 4, 2000. – С. 14–16.
- 31 Бернадинер, М.Н., Жижин, В.В., Иванов, В.В. Термическое обезвреживание промышленных органических отходов Московского региона. – Э и ПР., № 4, 2000. – С. 17–21.
- 32 Гречко, А.В. Исключение из оборота в природе высокотоксичных соединений при переработке твердых бытовых отходов по технологии ПОРШ. – Промышленная энергетика, № 7, 2000. – С. 35–40.
- 33 Технологии переработки и уничтожения ПХБ и устаревших пестицидов / Материалы субрегионального совещания экспертов. – М.: Центр международных проектов, 1999.
- 34 Экологически безопасная, природоохранная система термохимического уничтожения опасных отходов/ Коммерческое предложение. – М.: СПСЭС, 2000.
- 35 Термическое обезвреживание хлорсодержащих органических веществ / Исходные данные для проектирования. – Запорожье, НПП СПЛОТ, 1991.
- 36 Крайнов, И.П., Боровой, И.А. и др. Ликвидация непригодных пестицидов / Обзор.– М.: Экологические технологии и ресурсосбережение. Обзорная информация. ВИНТИ, № 2, 1999. – С. 47–55.
- 37 Федорченко, В.С., Марченко, Г.П. и др. Утилизация пестицидов / Защита растений, № 8, 1992. – С. 20–21.
- 38 Дмитриев, В.И., Овчинников, В.Г. и др. Экологическая безопасность огневого обезвреживания хлорорганических отходов / Химическая промышленность, № 3, 1998. – С. 17–19.
- 39 Мальцева, А.С., Фролов, Ю.Е. и др. Огневое обезвреживание отходов хлорорганических производств / Журнал ВХО им. Д.И. Менделеева, т. 27, № 1, 1982, С. 67–72.
- 40 Новиков, В.К., Голицин, Г.А., Фридман, А.Я. и др. Автоматизированный передвижной детоксикационный комплекс / Экология и промышленность России, № 9, 2003, С. 10–11.
- 41 Воловик, А.В., Шелков, Е.М., Долгоносова, И.А. Переработка бытовых и промышленных отходов в высокотемпературной шахтной печи / Экология и промышленность России, № 10, 2001, С. 9–12.
- 42 Бельков, В.М. Методы, технологии и концепция утилизации углеродсодержащих промышленных и твердых отходов / Химическая промышленность, № 11, 2000.
- 43 Халтурин, В.Г., Вайсман, Я.И., Петров, В.Ю. и др. Плазмохимическая утилизация химического оружия / Экологическая промышленность России, № 9, 1999.

- 44 Вайсман, Я.И., Халтурин, В.Г. и др. Плазмохимическая утилизация токсичных органических отходов. – Э и ПР., № 10, 1998. – С.15–17.
- 45 Smith, R.W., Mutharasan, R., Knight, R., Luu, D., Malladi, K. Plasma Energy Recycle and Conversion (PERC) of Hazardous Waste Materials // Thermal Plasma Processes VDI BERICHTE NR. 1166, 1995. P. 667–674. / VDI – Gesellschaft Werkstofftechnik Third European Congress on Thermal Plasma Processes TPP-3 (Sept. 19-21, 1994, Aachen, Germany.).
- 46 Ramakrishnan, S., Deam, R.T. PLASCON technology for waste management – an Australian experience // 11th International Symposium on Plasma Chemistry (London, England, Loughborough, aug. 1993). 1993. Vol. 2. P. 686–691.
- 47 Shimanovich, V.D., Azharonok, V.V., Krat'ko, L.E., Chubrik, N.X., Mosse, A.L., Gorbunov, A.V. Ermolaeva, E.M., Knak, A.N. Physical and chemical investigation of pesticide utilization process in electric arc plasma reactor // Proceedings of 3rd International Conference on plasma physics and technology. Minsk, Belarus, Sept. 2000, Vol. 2. P. 616–619.
- 48 Шиманович, В.Д., Моссэ, А.Л., Ажаронок, В.В., Ермолаева, Е.М., Кнак, А.Н.. Процессы теплообмена в плазменном реакторе при уничтожении пестицидов. ИФЖ. 2001. Т. 74, № 4. С. 89–94.
- 49 Моссэ, А.Л., Гебекер, Д., Кузнецов, Г.Н. Применение плазменного реактора с трехструйной камерой смешения для переработки жидких токсичных отходов, Инженерно-физический журнал. Т. 70, № 1, 1997, С. 87–92.
- 50 Шиманович, В.Д., Ажаронок, В.В., Моссэ, А.Л., Ермолаева, Е.М., Кнак, А.Н. Анализ газов при переработке пестицидов в электродуговом плазменном реакторе. Журнал прикладной спектроскопии. 2001. Т. 68, № 4. С. 515–510.
- 51 Указ Президента Республики Беларусь от 27.06.2011 г. № 271 «Об утверждении Национального плана выполнения обязательств, принятых Республикой Беларусь по реализации положений Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях в 2011-2015 годах.

Научно-популярное издание

Кузьмин, С.И., Савастенко А.А. **Пестициды в Республике Беларусь: инвентаризация, мониторинг, оценка воздействия на окружающую среду** / С.И. Кузьмин, А.А. Савастенко.  
Под общей редакцией В.М. Федени. – Минск, Бел НИЦ «Экология». – 2011. – 84 с.

Компьютерная вёрстка: *М.М. Петрикевич*

Ответственный за выпуск: *А.В. Яковенко*

---

Подписано в печать 06.07.2011. Формат 60x84/16.  
Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать цифровая. Усл. печ. л. 5,13.  
Уч.-изд. л. 5,66. Тираж 300 экз. Заказ 217.

---

Издатель и полиграфическое исполнение  
РУП «Бел НИЦ «Экология»  
ЛИ № 02330/0630718 от 11.10.2010  
220095 г. Минск, ул. Г. Якубова, 76, комн. 1