

## ВВЕДЕНИЕ

В связи с возрастающими масштабами использования природных ресурсов усиливается антропогенное давление на окружающую природную среду. Поэтому на современном этапе неизмеримо возрастают требования к рациональному природопользованию. В результате требуется осуществления широкого спектра мероприятий, направленных на сохранение окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Поэтому правильная оценка имеющихся природных ресурсов имеет важное значение при реализации программ, направленных на сохранение окружающей природной среды. Все это на первый план выдвигает задачу контроля, учета и социально экономической оценки природных ресурсов. Это решается путем проведения мониторинга природных ресурсов и ведения отраслевых ресурсных кадастров.

Дисциплина «Мониторинг состояния и использования земель» раскрывает основы современного учения о мониторинге земель; содержит сведения об изменении состава, структуры, состояния земельных ресурсов, о распределении земель по категориям, землепользователям и видам, а также об их химическом загрязнении. Мониторинг земель в Беларуси представляет собой систему постоянных наблюдений за состоянием земель и их изменением под влиянием природных и антропогенных факторов. В целях своевременного выявления, оценки и прогнозирования изменений земельного фонда, предупреждения и устранения последствий негативных процессов, определения степени эффективности мероприятий, направленных на сохранение и воспроизводство плодородия почв, защиту земель от негативных последствий проводится сбор, передача и обработка информации. Одно из основных направлений государственной политики Республики Беларусь в области охраны окружающей среды – обеспечение непрерывного функционирования Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС), обеспечение права граждан на благоприятную окружающую среду и возмещение вреда, причиненного нарушением этого права.

Основные проблемы, связанные с использованием почв и земель:

- 1) деградация почв и земель;
- 2) химическое загрязнение почв городов;
- 3) химическое загрязнение почв сельскохозяйственных земель;
- 4) изменение структуры земельного фонда.

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬНОГО ФОНДА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Цель выполнения работы: изучить пространственно-временную дифференциацию земельного фонда Беларуси на примере административно-территориальной единицы.

Задачи работы:

1. Изучить объект исследования (см. вариант);
2. Продумать методику пространственно-временного анализа земельного фонда АТЕ;
3. Выбрать методы исследования;
4. Выполнить анализ пространственно-временной структуры земельного фонда АТЕ;
5. Оформить результаты исследования в виде тезисов и презентации.

## **Общие сведения**

1. Ознакомиться с документом «Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь (по состоянию на 1 января текущего года)». Сборник «Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь» (по годам) составлен Государственным комитетом по имуществу Республики Беларусь по данным отчетов о наличии и распределении земель (форма 22 – зем) по областям и г. Минску.

Сборник состоит из двух разделов. Раздел первый «Наличие и распределение земель по их видам и категориям землепользователей» включает данные о наличии и распределении земель по видам и подвидам земель и категориям землепользователей.

Раздел второй «Другие сведения по характеристике и использованию земель» включает данные о наличии сельскохозяйственных земель, предоставленных для ведения сельского хозяйства, в том числе в исследовательских и учебных целях, для ведения подсобного хозяйства, а также для ведения крестьянского (фермерского) хозяйства (по годам). Также в этом разделе содержится информация о наличии осушенных и орошаемых сельскохозяйственных земель, в т.ч. по районам и по годам; о землях граждан, предоставленных для садоводства, дачного строительства и огородничества (по годам); о наличии и распределении земель по районам.

2. Выполнить анализ пространственно-временной структуры земельного фонда для заданного варианта исходных данных (приложение 1). При анализе временной составляющей динамики земельного фонда необходимо охватить 10–20-летний период.

3. При выборе методов исследования желательно совмещать картограммы, диаграммы, построенные в абсолютных и относительных единицах. Например, картограмму пространственной дифференциации пахотных земель (части) области можно дополнить диаграммой распаханности этой же территории, как представлено на рисунке 1.1. И тогда анализ картограммы позволяет установить пространственные особенности распределения пашни по территории области: наибольшие площади пахотных земель сосредоточены в Барановичском и Пружанском районах (центры АТЕ на картограммах нужно подписывать). Большая часть районов имеет площадь пахотных земель от 50 до 75 тыс. га. А, например, Жабинковский район – самый маленький по площади – при небольшой площади пахотных земель (чуть более 30 тыс.га) имеет самую высокую в Брестской области распаханность территории, превышающую 45 %, что видно из диаграммы.

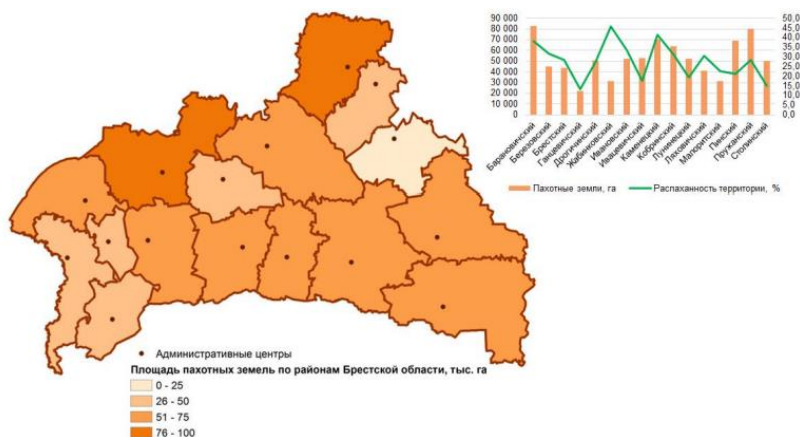


Рисунок 1.1. Пример совмещения картограммы и диаграммы, характеризующих структуру пахотных земель Брестской области

Важно проанализировать административные районы по площади, по отдельным видам земель и проследить важнейшие временные тенденции в перераспределении земельного фонда. Попытаться сопоставить в одном районе разные виды земель, например, лесные, под древесно-кустарниковой растительностью и сельскохозяйственные. Это поможет установить определенные причинно-следственные связи, заключающиеся в объяснении низкой распаханности территории высокой ее лесистостью и т.д. При объяснении причин важно привлекать информацию о плодородии почв, об исторических особенностях развития территории

и др. Надо пытаться получить комплексную характеристику пространственно-временных особенностей структуры земельного фонда АТЕ, региона, где были бы видны исторические и природные связи между различными видами земель. При моделировании желательно использовать весь арсенал известных студентам аналитических средств (в том числе – ГИС). Это позволит углубить и расширить анализ, получить корректные выводы.

4. Выполнить анализ созданных моделей. Установить важнейшие особенности пространственно-временной дифференциации земельного фонда (его части) АТЕ.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. МОНИТОРИНГ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЗЕМЕЛЬ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВЕТРОВОЙ ЭРОЗИИ**

Цель выполнения работы: ознакомиться с особенностями мониторинга почвенного покрова земель, подверженных ветровой эрозии, и методикой его проведения.

Задачи работы:

1) освоить методику проведения мониторинга почвенного покрова земель, подверженных ветровой эрозии;

2) определить показатели диагностики ветровой эрозии почвы и оценить состояние территории по степени развития ветроэрозионных процессов.

### **Общие сведения**

**Общие положения мониторинга ветроэрозионных потерь почвы.** Ветроэрозионная деградация почв создает напряженную экологическую ситуацию, ухудшает качество окружающей среды, снижает производительность агроэкосистем и, в конечном итоге, уменьшает почвенные ресурсы страны и ухудшает их качество. Под ветровой эрозией чаще всего понимают процесс выдувания почвы, снос ее и перемещение продуктов разрушения ветром, который также называют «дефляция». Скорость ее определяется силой ветра, температурным режимом, составом покровных отложений, рельефом, влажностью воздуха и др. Кроме плоскостного выдувания, процессы дефляции приводят к бороздовому выдуванию с образованием глубоких рытвин (кольвегов). В Беларуси ветровая эрозия проявляется преимущественно как дефляция почвы. Наиболее благоприятные предпосылки для её развития (в т. ч. для возникновения пыльных бурь) сложились на осушенных торфяно-болотных, песчаных и супесчаных минеральных почвах в Белорусском

Полесье, а в засушливые годы – и в более северных районах страны (рис. 2.1, 2.2).

Ветровая эрозия проявляется в форме повседневной или местной эрозии (возникает под воздействием воздушных потоков) и пыльных бурь (образуются при сильных ветрах, охватывают значительную территорию и вовлекают в воздушный поток большие массы почвы). Пыльные бури протекают при сильных ветрах, на больших территориях (охватывают несколько крупных районов) и сопровождаются значительным разрушением почвы и загрязнением воздуха.

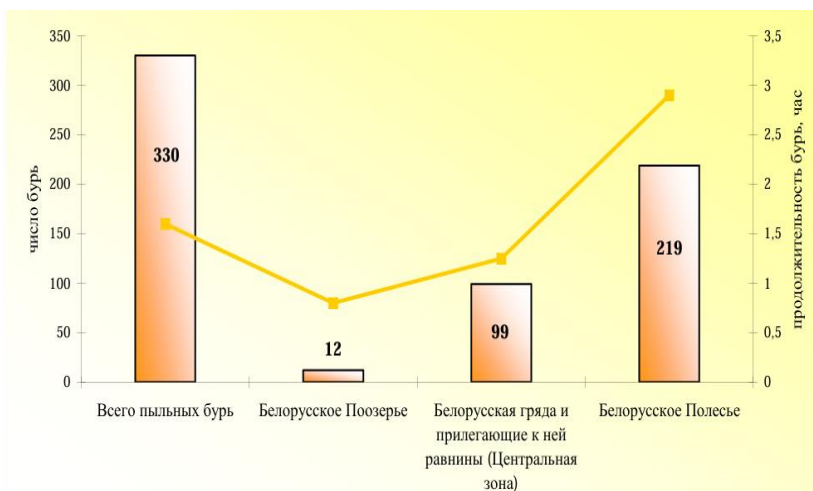
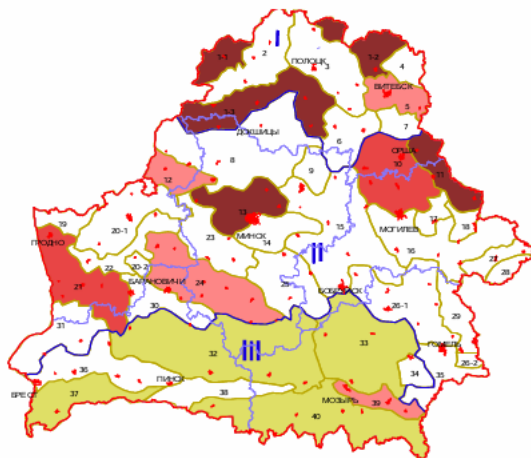


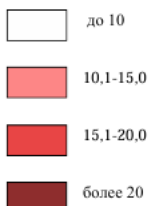
Рис. 2.1. Число пыльных бурь и их средняя продолжительность по почвенно-экологическим провинциям и Беларуси в целом

Площадь ветроэрозионно опасных земель в Республике Беларусь по данным РУП «Институт почвоведения и агрохимии» АН Беларуси составляет 1010,2 тыс. га или 4,9 % общей площади государства. В Гомельской области ветровой эрозии почвы подвержено около 27 % пашни, в Брестской – около 20 %. Всего на территории Беларуси ветровая эрозия почвы развивается на 7,8 % территории пахотных земель. Серьезную опасность представляет ветровая эрозия в районах крупных торфоразработок, в местах складирования отходов промышленного производства (солеотвалы Солигорского калийного комбината, отходы фосфогипса Гомельского химкомбината), в загрязненных радионуклидами районах.



Почвенно-экологические провинции: I – Северная (Поозерье); II – Центральная (Белорусская гряда с прилегающими к ней равнинами); III – Южная (Полесье)

Доля эродированных почв в составе пахотных земель, %



Доля дефляционноопасных почв в составе пахотных земель, %



— границы почвенно-экологических провинций  
— границы почвенно-экологических районов и ареалов

11 номера почвенно-экологических районов

Районы с наибольшей интенсивностью проявления водно-эрозионных процессов (> 10 % в составе пашни)

1. Браславско-Глубокско-Городокский
- 1.1. Браславский
- 1.2. Россоноско-Городокский
- 1.3. Поставско-Глубокско-Лепельский
5. Витебско-Лиозненский
10. Оршанско-Могилевский
11. Мстиславско-Дубровенский
12. Ошмянский
13. Воложинско-Минский
21. Гродненско-Волковьевский
24. Новогрудско-Кореличско-Слуцкий
39. Мозырско-Хойникско-Брагинский

Районы с высокой и очень высокой дефляционной опасностью

32. Ивацевичско-Лунинецко-Петриковский
33. Октябрьско-Светлогорский
37. Малоритский
40. Столинско-Лельчицко-Наровлянский

Рис. 2.2. Почвенно-экологическое районирование территории Беларуси

По интенсивности развития ветровой эрозии почвы подразделяются на 5 групп:

1) слабоэродированные: разрушено (сдуто) около половины переходного горизонта, припахивается переходный (A2B1) горизонт;

2) среднеэродированные: разрушен полностью (сдут) перегнойный горизонт. Распахиваются остатки переходного или иллювиального горизонта.

3) сильноэродированные: частично разрушен иллювиальный горизонт В. Распахивается нижняя часть этого горизонта и материнская порода;

4) очень сильно эродированные: развеваемые пески, не закрепленные растительностью;

5) почвы с навешанным верхом: имеют слой отложений продуктов ветровой эрозии на перегнойном горизонте.

На развитие ветровой эрозии большое влияние оказывают скорость и сила ветра. В Беларуси ветры не имеют большой силы (в течение года преобладают ветры со скоростью 2–5 м/сек), но в виде исключения весной и летом иногда наблюдаются ветры со скоростью 15 м/сек и больше. Больше всего дней с сильными ветрами бывает в восточных и южных районах Белоруссии, причем в течение вегетационного периода около половины этих дней приходится на весну и начало лета. Сильные ветры приводят к возникновению пыльных бурь, особенно в апреле-мае, когда выпадает мало осадков, низкая относительная влажность воздуха вследствие чего распашанные почвы, не занятые растительностью, быстро пересыхают и развеваются.

В настоящее время на территории Белоруссии выделяют следующие основные типы почв, имеющие различную способность к развитию на них ветровой эрозии.

Дерновые и дерново-карбонатные почвы, которые занимают около 0,3 % территории Беларуси и характеризуются мощным перегнойным горизонтом, содержат 5–6 % гумуса и имеют хорошую зернисто-комковатую структуру. Они довольно ветроэрозионно устойчивы.

Дерново-подзолистые почвы, преобладающие на территории республики (42,4 %). Они развиваются в условиях автоморфного увлажнения, характеризуются малым содержанием гумуса (до 2 %), невысокой насыщенностью основаниями, непрочной комковатой структурой. Довольно высокая противозерозионная устойчивость характерна для дерново-подзолистых песчаных почв, которые распространены преимущественно в местах со спокойным плоским рельефом. Однако если на них уничтожена древесная и травянистая растительность в результате мелиорации, прогона и пастбы скота, то в периоды с малым количеством осадков они быстро просыхают и уже при скорости ветра 3–4 м/сек начинают подвергаться ветровой эрозии. Менее устойчивы против эрозии дерново-подзолистые почвы суглинистого гранулометрического состава.

Дерново-подзолистые заболоченные почвы, занимающие 25,3 % территории Беларуси, развиваются в условиях затрудненного стока, способствующего застою на поверхности почвы атмосферных осадков. Они сильно выщелочены, содержат 1-3 % гумуса и являются ветроэрозийно устойчивыми.

Дерново-болотные почвы занимают около 9 % территории страны. Распространены на слабодренированных равнинах и пониженных элементах рельефа с близким уровнем залегания грунтовых вод и заняты в основном луговой растительностью. Они характеризуются мощным перегнойным горизонтом с хорошей зернисто-комковатой структурой, высоким содержанием гумуса и процессы ветровой эрозии в них практически отсутствуют. Однако при осушении дерново-болотных песчаных и супесчаных почв и использовании их под пропашные и зерновые культуры на них может проявляться ветровая эрозия.

Торфяно-болотные почвы занимают 14,2 % территории Беларуси и наиболее распространены в пределах Полесья. Они характеризуются высоким потенциальным плодородием и после осушения на них получают высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Однако при глубоком залегании уровня грунтовых вод на мелиорированных торфяно-болотных почвах происходит сильное подсыхание верхнего пахотного горизонта почвы и при скорости ветра 5-6 м/сек наблюдается ветровая эрозия. Обычно она наблюдается в весенний и осенний периоды, когда почва слабо или вовсе не покрыта растительностью.

Пойменные (аллювиальные) почвы занимают около 9 % территории, расположены в поймах речных долин и являются эрозийно устойчивыми. Они сильно насыщены основаниями, содержат значительное количество гумуса, имеют прочную мелкокомковатую структуру и используются в основном под сенокосами и пастбищами. При осушении и использовании под пропашные и зерновые культуры на пойменных почвах легкого механического состава может проявляться ветровая эрозия.

В зависимости от количественных показателей потенциальной эрозии на обрабатываемых землях Беларуси выделяют 5 агротехнологических групп земель (табл. 2.1).

Методика мониторинга почв для определения типов кризисной ситуации, которые возникают под влиянием ветровой эрозии имеет ряд особенностей, связанных прежде всего с тем, что ветровая эрозия, в отличие от водной, имеет определенную периодичность и не возникает ежегодно. Для определения эродированности почв в пределах сельскохозяйственных угодий (пашни) предлагается применять методику, которая предусматривает определение наносов, которые были отложены

во время пыльных бурь, суммарной мощности наносов, их массы и слоя почвы, выдутой со всей наветренной стороны поля.

Таблица 2.1. Агротехнологические группы дефляционно опасных земель Белорусского Полесья

Область	Площадь пахотных земель, тыс. га	Всего дефляционно опасных земель, тыс. га	Агротехнологические группы земель				
			в том числе по группам, % от площади пахотных земель				
			1. Плоские заболоченные песчаные	2. Высокие песчаные	3. Плоские заболоченные осушенные песчаные	4. Осушенные торфяные	5. Осушенные деградированные торфяные
			Дефляция, т/га в год				
			1-3	6-10	8-13	10-12	более 15
Брестская	652,8	466,2	18,5	31,8	7,0	10,1	4,0
Гомельская	654,0	450,9	14,0	40,7	4,6	6,5	3,1
Минская	1073,7	93,1	1,8	1,7	1,4	2,7	1,1
Всего	4441,6	1010,2	5,2	11,1	2,0	3,1	1,3

Мониторинг ветровой эрозии почв - один из видов специального мониторинга почв, который реализуется на национальном, региональном и локальном уровнях. Методика проведения полевых обследований кризисных явлений, связанных с ветровой эрозией почвы, предусматривает наличие:

- климатической, ландшафтной и эрозийной карт;
- почвенной карты, соединенной с картой рельефа местности (с ее помощью можно выделить все необходимые для обследования фации, урочища, местности, ландшафтные контуры и полосы, парагенетические звенья (кольца), и таким образом частично заменить ландшафтную карту при ее отсутствии);
- плана землепользования, на котором показаны все основные объекты хозяйственной деятельности, поля севооборотов, сами землепользования, их площадь, существующие границы, постоянные пути, участки производственной и жилой застройки;
- почвенного очерка хозяйства с описанием грунтовых разрезов, схемы их расположения и аналитическими материалами;
- пояснительной записки к проекту землеустройства. Мониторинг ветровой эрозии почв в Беларуси проводится на пунктах наблюдений за состоянием осушенных почв земель сельскохозяйственного назначения (табл. 2.2).

**Таблица 2.2. Перечень пунктов наблюдений, в пределах которых осуществляется мониторинга почвенного покрова земель, подверженных ветровой эрозии**

Название пункта наблюдений	Местоположение пункта наблюдений	Почвенно-географическая провинция	Организация, выполняющая наблюдения
Мичуринск	Ивацевичский район, Брестская область	Южная	РУП «Институт почвоведения и агрохимии»
Парохонск	Пинский район, Брестская область	Южная	РУП «Институт почвоведения и агрохимии»
Озяты	Жабинковский район, Брестская область	Южная	РУП «Институт почвоведения и агрохимии»
Полесская опытная станция мелиоративного земледелия и луговодства	Лунинецкий район, Брестская область	Южная	РУП «Институт почвоведения и агрохимии» РНДУП «Институт мелиорации»

Пункты наблюдений мониторинга земель располагаются в Южной почвенно-географических провинции на территориях, для которых наиболее характерны проявления ветровой эрозии.

Перед обследованием территории необходимо совместить карту землепользования с картами рельефа и почв. Это позволит иметь при обследовании одну «рабочую» карту, насыщенную необходимым материалом, на которую можно нанести все данные, полученные при обследовании.

Обследование необходимо проводить в то время, когда проявление ветроэрозионных процессов наиболее вероятно и опасно. Для районов интенсивного развития ветровой эрозии оно должно осуществляться весной, в начале полевых работ, когда поверхностный слой почвы, наиболее разрыхленный из-за колебания температур и высыхания.

Обследование начинают с рекогносцировки и глазомерной оценки ландшафтного разнообразия землепользования (первый этап). При этом создают схему размещения видов и типов ландшафтов с выделением основных геоморфологических особенностей местности (водораздел, склоновые участки) с учетом их ориентации относительно сторон света, крутизны, длины изрезанности, эродированности и др., мест выхода близко к поверхности подстилающих пород. Отдельно выделяют склоны балок с одновременным описанием их растительности, поймы и террасы рек и малых рек, овраги, их расчленение, выделяют также моряры, впадины, поди, ложбины стока и др. Все это наносят на схему в виде условных масштабных и внемасштабных отметок, с последующим

уточнением их границ на объединенной карте (землепользования, рельефа и почв).

Параллельно рекогносцировке осуществляют описание всех существующих на территории полезащитных лесных полос, лесных массивов и других насаждений с определением их длины, ширины, породного состава, примерного возраста, средней высоты и конструкции. Для каждой лесополосы желательно определить тип условий роста по типологической сетке Погребняка-Воробьева. В основу классификационной схемы положены эдафические факторы, которыми являются плодородие почвы и их влажность. Плодородие почвы характеризуется трофогенным (почвенным) рядом и обозначается буквенными символами: А, В, С, D. Эти отдельные члены трофогенного ряда называют трофотопами, под которыми подразумеваются участки леса, местообитания которых имеют одинаковое в своих пределах плодородие почвы, отличающееся от соседних на одну градацию. Трофотопу А соответствуют бедные почвы; В – относительно бедные, супесчаные почвы; С – относительно богатые и D – богатые. В свою очередь трофотопы А, В, С, D разделены перпендикулярно пересекающимися шестью гигрогенными рядами с показателями влагонасыщенности почвы, обозначенными цифрами 0, 1, 2, 3, 4, 5, которые называются гигротопами. Гигротопам 0 ряда соответствуют очень сухие или ксерофильные условия; 1 – сухие (мезоксерофильные); 2 – свежие (мезофильные); 3 – влажные (мезогигрофильные); 4 – сырые (гигрофильные); 5 – болота (ультрагигрофильные). При этом все обмеры заносят в специальный журнал; каждому участку лесополосы присваивается свой номер, который, в свою очередь, наносится на объединенную карту. Это необходимо знать для определения основных прогнозных параметров эффективности проектных лесополос, особенно для районов, где проявляются ветровая эрозия, засухи и суховеи.

Вторым этапом является почвенно-эрозионное обследование, задачей которого есть поиск репрезентативных точек для отбора образцов с целью определения параметров, характеризующих склонность почв к ветровой эрозии. Подбирают точки, которые характеризуют наиболее типичные условия залегания почв с учетом их размещения на элементах рельефа, эродированности, намытости. На площади 1 км<sup>2</sup> необходимо иметь до 10–20 точек наблюдений. На каждой из них описывают морфологический профиль почвы с определением генетических горизонтов, глубины их залегания, окраски, структурного состава, плотности, глубины вскипания от 10%-ного раствора HCl, характера переходов одного горизонта в другой, включений. Определяется прежнее название почвы.

Одновременно у разреза закладывается 4–5 участков размером 3–5 м<sup>2</sup>, из которых отбирают смешанные (с каждого участка отдельно) образцы почвы из слоя 0–3 см для определения комковатости (весом 300–500 г), коэффициента агрегированности, средневзвешенного диаметра почвенных частиц, связности агрегатов, структурного состава и водостойкости (весом до 1 кг). Кроме того, отбирают образцы из всего пахотного слоя (с глубины 0–10 см и 10–20 см) для определения последних пяти показателей в 4–5-кратном повторении; каждое повторение анализируется отдельно.

В результате проведенного обследования получают данные о:

- распределении площади землепользования на ряд ландшафтных выделов;
- характеристике ландшафтных выделов в качественном и количественном отношении:
- основных особенностях рельефа;
- параметрах для определения роли почв, почвообразующих и подстилающих пород, а также ветрового режима территории в создании той или иной экологической ситуации;
- прогнозе изменений, которые могут произойти в результате дальнейшего использования агроландшафта.

После этого рассчитывают эрозионные потери почвы нормативные и фактические.

**Показатели диагностики ветровой эрозии почв.** Основной диагностический показатель ветровой эрозии почв - превышение фактических (возможных) потерь почвы (т/га в год) над нормой эрозии. Косвенным, но важным показателем оценки является периодичность проявления ветровой эрозии, которая существенно увеличивает потенциально возможные потери почвы (рис. 2.3). Как результат, величина нормы эрозии возрастает пропорционально увеличению периодичности ее проявления, что дает возможность уменьшить площади регионов с кризисными ситуациями.

Наложение картосхемы интенсивности ветровой эрозии на картосхему периодичности ее проявления позволяет определиться с основным показателем кризисных ситуаций - степенью превышения потенциальных потерь почвы над нормой эрозии с учетом ее периодичности (ПВП). Величины нормы эрозии в регионах с высокой повторяемостью пылевых бурь максимально приближены к величине возможных потерь почвы, а со снижением повторяемости нормы эрозии постепенно возрастают.

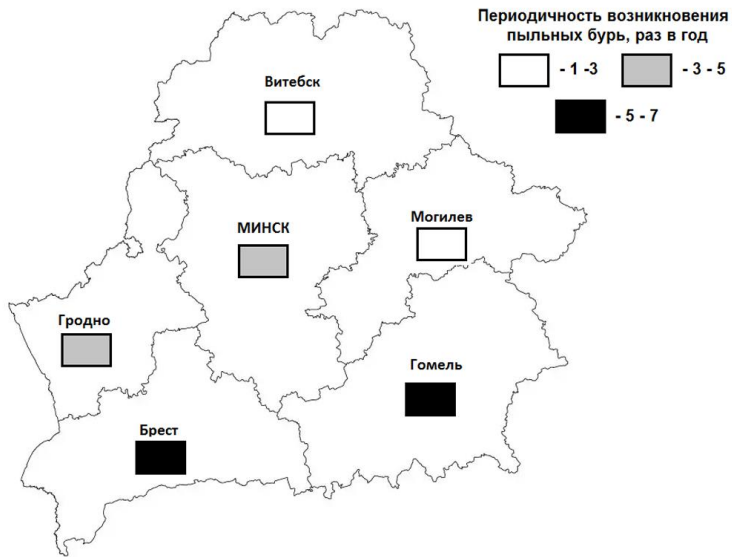


Рис. 2.3. Периодичность возникновения пыльных бурь на территории Беларуси

В таблице 2.3 приведены показатели нормы ветровой эрозии для основных типов почв Беларуси.

Таблица 2.3. Нормы ветровой эрозии для основных типов почв Беларуси

Норма эрозии, т/га в год	Превышение нормы эрозии, раз					
	отсутствует	слабое	среднее	сильное	очень сильное	катастрофическое
Дерново-палево подзолистые и дерново-подзолистые почвы						
1,5	1-1,5	1,5-15	15-45	45-150	150-450	> 450
Дерново-карбонатные типичные, выщелоченные и оподзоленные						
3,0	1-3	3-30	30-90	90-300	300-900	> 900
Болотно-подзолистые и торфяно-болотные почвы						
2,0	1-2	2-20	20-60	60-200	200-600	> 600

Величина фактических (потенциально возможных) потерь почвы вследствие ветровой эрозии ( $E_p$ ) определяется для оценки типа кризисной ситуации, связанной с проявлением эрозионных процессов. Расчеты производят по формуле:

$$E_p = \frac{10^{a-bk} \cdot 0,1K_s V_{max}^3 \cdot t}{V_{aer}^3}, \quad (2.1)$$

где  $a$  – показатель, зависящий от генетических свойств почвы;  
 $b$  – показатель, зависящий от характера почвенной поверхности;  
 $k$  – комковатость поверхностного слоя почвы, %;  
 $K_s$  – коэффициент разрушения почвенных агрегатов;  
 $t$  – количество часов с пыльными бурями в год;  
 $V_{max}$  – средняя максимальная скорость ветра, м/с;  
 $V_{aer}$  – скорость ветра в аэродинамической трубе, м/с.

### **Методика определения ветроэрозионных потерь почвы по мощности наносов мелкозема в лесополосах.**

*Полевые исследования.* Метод определения эродированности почв по мощности наносов мелкозема в лесополосах, расположенных на подветренной стороне полей, с учетом площади пылесбора позволяет определить не только интенсивность одной (последней) пыльной бури, но и всех бурь, которые были за время существования лесополосы, то есть определить общую степень эродированности почвы на наветренном поле.

При мониторинговых исследованиях выбирают поле, которое защищено с наветренной и заветренной сторон лесными полосами плотной конструкции возрастом 25 и более лет, в которых, особенно в заветренной части, четко видны наносы мелкозема. Поперек заветренной части лесополосы на характерном участке прокладывается трансекта через нее к опушке и дальше на подветренное поле на 10–15 метров. На обеих опушках (у крайнего ряда деревьев или непосредственно в нем) выкапывают грунтовые разрезы, в которых определяются основные морфологические горизонты до второго переходного.

Если над гумусово-аккумулятивным горизонтом А существует насыпной слой (между ним и засыпанным горизонтом А имеется тонкий слой останцев лесной подстилки или травянистой растительности толщиной 1–2 мм и более), следует измерить толщину нанесенного слоя с точностью до 1 мм в 3–4 местах и записать значения показателя в журнал. Туда же записывается глубина гумусового и первого переходного горизонтов ( $A_1$  и  $A_2$ ).

Далее выбирается точка на намеченной трансекте, где нанос мелкозема максимальный, и на этом месте выкапывается третий разрез с такой же глубиной - до второго генетического горизонта. Следует внимательно следить, чтобы не пропустить в нем все слои между возможными наносами, которые отложены в прошлые годы, и которых может быть два и более. Наличие их определяется слоями останцев лесной подстилки и войлока (буровато окрашенные размытые горизонтальные полоски с листовными и травянистыми остатками), а также по окраске,

структуре и плотности насыпанного грунта. Все эоловые наносы образуют, как правило, «перевернутый профиль», или часть его с той почвы, из которого он сдул. Таким образом, нижняя часть наноса состоит, как правило, из 10 надутого гумусового горизонта черной или темно-серой окраски, далее после сильных бурь начинают откладываться переходные горизонты, более осветленные. Форма структурных частиц в наносах и плотность сложения соответствуют параметрам генетических горизонтов почв, которые были перенесены ветром. При описании профиля отмечают толщину каждого генетического горизонта и нанесенного слоя, его окраску, структурный состав, плотность и наличие слоев между наносами разных лет.

По такой же методике описывают еще 1–3 разреза, которые располагают в лесополосе в направлении намеченной трансекты в зависимости от ширины лесополосы на холмах и пониженных местах, а также 1–2 прикопки на шлейфах наносов за пределами лесополосы в подветренном за ней поле.

Все полученные данные записывают в журнал отдельно для каждого разреза и прикопки. Измеряют расстояния между разрезами и создают абрис профиля наноса с определением для каждого разреза общей толщины всего наноса и толщины наноса за каждую пыльную бурю для дальнейших расчетов массы навейного материала. Измеряют также длину поля вдоль преобладающих эрозионных ветров (длина пылесбора, В), длину лесополосы (L) в м, высоту наветренной полосы (м), определяют конструкцию лесополосы (плотная, ажурная, продувная).

*Камеральные работы.* Камеральные работы по определению эродированности почв по мощности наносов мелкосемя в лесополосах предусматривают ряд работ. Прежде всего, по материалам полевого исследования определяют площадь исследуемого поля (га) и длину пылесбора. По абрису, который был создан при полевых исследованиях, рассчитывают общий объем наноса (многолетнего) или от последней пылевой бури в т/га с площади исследованного поля, с которого пыль переносилась в лесополосу. При этом рассчитанную массу почвы следует увеличить на 2–3%, потому что именно такая часть теряется необратимо – не оседает. Сумма дает общие средние потери почвы с поля под влиянием ветровой эрозии за период существования лесополосы. При этом плотность сложения наносов составляет 1,2 г/см<sup>3</sup> для черноземов и 1,35–1,45 г/см<sup>3</sup> для оподзоленных и других типов почв. Полученную массу нанесенного грунта следует умножить на плотность его сложения и определить среднюю величину выдувания почвы с исследованного поля в тоннах за период существования лесополосы. Поделив ее на площадь пылесбора, получим расчетные потери почвы с исследованного поля в т/га.

Зная периодичность пыльных бурь в регионе и норму эрозии для почвенного покрова поля, можно определить норму эрозии для данного поля, которая определяется как годовая норма, умноженная на периодичность, а также степень превышения потерь почвы над нормой (масса выдутой почвы в т/га, разделенная на норму эрозии с учетом периодичности). Таким образом, получаем степень интенсивности ветровой эрозии.

Для определения степени эродированности почвы в среднем для поля можно исходить из того, что 1 мм поверхностного слоя почвы имеет вес 10 т/га, то есть, если общая масса всего наноса составляет 100 т/га с учетом необратимых потерь, то это означает, что с поля в среднем был выдут слой почвы толщиной 10 мм. Однако следует иметь в виду, что за наветренной лесополосой существует зона, в которой выдувание происходит в пределах годовой нормы эрозии.

**Определение типов кризисной ситуации, вызванной ветровой эрозией.** При превышении возможных потерь грунта над нормой эрозии (с учетом периодичности ее проявления) не более, чем в 20 раз, состояние земель можно отнести к нормальному (благоприятному), поскольку в данном случае проведением агротехнических мероприятий и с помощью системы лесополос потери можно свести к норме эрозии.

Удовлетворительное состояние диагностируется тогда, когда потенциально возможные потери почвы превышают норму эрозии в 20–30 раз и на 10 % уменьшаются показатели почвенного плодородия. В таком случае необходимо применение минимальных, 11 а часто и «нулевых» способов обработки почвы и создание системы лесных полос с расстояниями, не превышающими 15–20-кратной высоты насаждений.

Предкризисное состояние определяется там, где эродированность почв обуславливает снижение показателей их плодородия более чем на 10 %. Конструирование агроландшафтов в таких регионах требует уже не только инженерных расчетов потерь почвы с конкретного поля, но и установления оптимальных расстояний между полезащитными лесными полосами.

Кризисное состояние диагностируется, когда потенциально возможные потери почвы превышают норму эрозии в 50–100 раз, или даже в 30–50 раз, если засухи повторяются чаще, чем через 1,5–3,5 года, а снижение показателей плодородия почв составляет 25–30 %.

Катастрофическое состояние определяется, когда потери превышают норму эрозии более чем в 100 раз, или даже в 50 раз, если засухи повторяются чаще, чем через 1,5–3,5 года, а снижение показателей плодородия почв составляет более 30 %. При таких условиях имеют место общеландшафтные необратимые изменения. В такой ситуации необхо-

димы коррективы в соотношениях площадей основных угодий в сторону существенного сокращения пашни и расширения сенокосов, пастбищ и многолетних, в частности полезащитных, насаждений. Возвращение к нормальному состоянию без специальной мелиорации невозможно, необходимы кардинальные изменения всей системы хозяйствования. Нормативы кризисных ситуаций, вызванных ветровой эрозией и засухами, представлены в табл. 2.4.

Таблица 2.4. Нормативы качественно различных степеней ветроэрозионных процессов и засух

Состояние земель	Показатели и нормативы оценки		Мероприятия по улучшению ситуации
	ПВПП (раз)	Периодичность засух (годы)	
Нормальное (благоприятное)	1,1-20	-	Обычные или почвозащитные технологии возделывания культур, создание системы лесополос по инструкциям
Удовлетворительное	20-30	-	Сберегающие, минимальные, «нулевые» технологии обработки почвы, система лесополос на расстояниях, не превышающих 15-20-кратной высоты насаждений
Предкризисное	30-50	-	Инженерные расчеты потерь почвы с конкретного поля и оптимальных расстояний между основными лесными полосами
Кризисное	50-100	1,5-3,5	Инженерные расчеты потерь почвы с конкретного поля и оптимальных расстояний между основными лесными полосами, подбор сельскохозяйственных культур, почвообрабатывающие технологии влагосберегающего типа, снегозадержание
Катастрофическое	100 и более	1,5-3,5	Изменения в соотношении площадей основных сельскохозяйственных угодий, существенное уменьшение пашни и расширение площадей пастбищ, сенокосов, мелиоративных лесонасаждений. Это предел, за которым возвращение в нормальное состояние без специальных мелиораций и радикального изменения системы хозяйствования невозможно

Большое значение для корректировки кризисных ситуаций в Полесье имеют показатели повторяемости и интенсивности засух не только в среднем за весь период вегетации растений, а и по отдельным периодам их развития. Засухи в Полесье играют роль стимуляторов ветровой

эрозии том, что под их воздействием быстро идет процесс высыхания почвы и создаются условия для его перемещения.

### Задания для самостоятельного выполнения

Используя исходные данные, приведенные в приложении 2, рассчитать величину фактических (возможных) эрозионных потерь, и руководствуясь сведениями, приведенными в таблице 4, определить тип кризисной ситуации, вызванной ветровой эрозией.

*Пример расчета:* Определим тип кризисной ситуации, вызванной ветровой эрозией дерново-подзолистой супесчаной почвы, для Гомельской области. Имея исходные данные:  $a = 3,7603$ ;  $b = 0,0430$ ;  $k = 22,3 \%$ ;  $K_s = 0,633$ ;  $t = 35$  год;  $V_{max} = 25,5$  м/с;  $V_{aer} = 13,5$  м/с, и подставив их величины в формулу 2.1, получим:

$$E_p = \frac{10^{3,7603 - 0,430 \cdot 22,4} \cdot 0,1 \cdot 0,633 \cdot 25,5^3 \cdot 35}{23,5^3} = 2959,1 \text{ т/га в год.}$$

По рисунку 3 определяем, что периодичность возникновения пыльных бурь ПВ на территории Гомельской области составляет в среднем 6 раз в год.

По таблице 3 определяем, что норма эрозии  $n$  для дерново-подзолистой супесчаной почвы составляет 1,5 т/га в год. Соответственно для наших условий норма эрозии  $n_\phi$  составит:

$$n_\phi = n \cdot \text{ПВ} = 1,5 \cdot 6 = 9 \text{ т/га в год.}$$

Тогда превышение фактических (возможных) эрозионных потерь над нормой ветровой эрозии ПВПП составит:

$$\text{ПВПП} = E_p \div n_\phi = 2959,1 \div 9 = 329 \text{ раз.}$$

Используя данные, приведенные в таблице 4, устанавливаем, что тип кризисной ситуации, вызванной ветровой эрозией, характеризуется как катастрофическое, поскольку фактические (потенциально возможные) потери почвы превышают норму эрозии в 329 раз.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3. МОНИТОРИНГ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЗЕМЕЛЬ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ

Цель выполнения работы: ознакомиться с особенностями мониторинга почвенного покрова земель, подверженных водной эрозии, и методикой его проведения.

Задачи работы:

- 1) освоить методику проведения мониторинга почвенного покрова земель, подверженных водной эрозии;
- 2) определить показатели диагностики водной эрозии почвы и оценить состояние территории по степени развития водноэрозионных процессов.

#### Общие сведения

**Общие положения мониторинга водно-эрозионных потерь почвы.** По данным РУП «Институт почвоведения и агрохимии» НАН Беларуси общая площадь эродированных и эрозионно опасных почв на сельскохозяйственных землях республики составляет более 4,0 млн. га, в том числе на пахотных – около 2,6 млн. га, из них водной и ветровой эрозии подвергнуто 556,5 тыс. га земель, из них 479,5 тыс. га на пашне. Доля водной эрозии на этих землях составляет 84 %. Водноэрозионные процессы в республике наиболее активно проявляются в северной и центральной почвенно-географических провинциях. В Беларуси в настоящее время деградировали 550 тыс. га, а почвы с потенциально возможным проявлением эрозии (эрозионно опасные) занимают около 40 % от всех сельскохозяйственных земель. Ежегодно на подверженных эрозии землях теряется около 10–15 т/га почвенного мелкозёма; 150 кг/га гумуса; 10 кг/га азота; по 4,5 кг/га фосфора и калия и по 56 кг/га кальция и магния.

Водная эрозия почв наносит существенный экономический и экологический ущерб. Потери урожая основных сельскохозяйственных культур на эродированных землях составляют, в зависимости от степени эродированности, для зерновых культур – 12–40 %, льна – 15–40, многолетних трав – 5–30, пропашных культур – 20–60 %. Продукты эрозии почв приводят к загрязнению водных объектов, ухудшению качества поверхностных и грунтовых вод, негативно влияют на биологическое разнообразие водных и околотовных экосистем.

На территории Беларуси развивается эрозия почв всех трех видов: водная, ветровая и ирригационная, однако наибольший вред наносит именно водная эрозия (рис. 3.1). Ее воздействию в той или иной степени

подвержены все пахотные земли, расположенные в условиях сложного рельефа. Наряду с плоскостной эрозией довольно интенсивно развиваются процессы линейного размыва и образования оврагов. В частности, оврагами в Беларуси занято более 11 тыс. га земель. В результате овражной эрозии сокращается площадь пахотных земель, понижается уровень грунтовых вод, возникают трудности с использованием сельскохозяйственной техники.

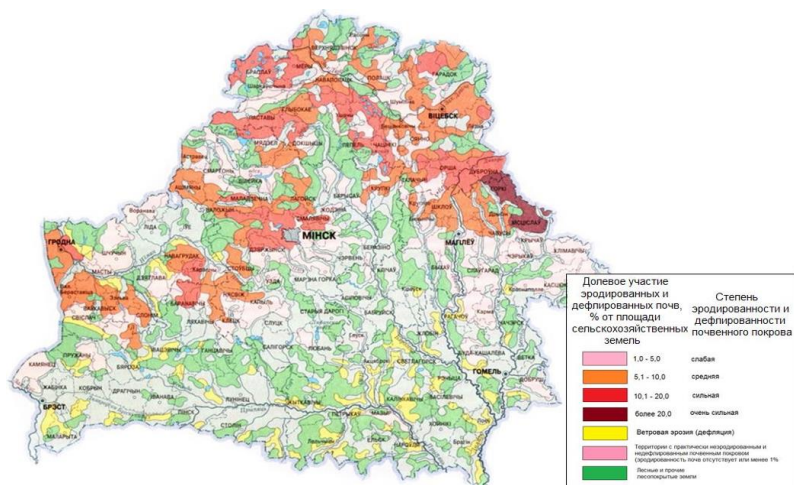


Рис. 3.1. Эродированность земель на территории Беларуси

Мониторинг водной эрозии почв – один из видов специального мониторинга почв, который реализуется на национальном, региональном и локальном уровнях. Наблюдения за состоянием почвенного покрова земель, подверженных водной эрозии, проводятся с целью выявления изменений агрофизических, агрохимических, физико-химических свойств почв, происходящих под воздействием эрозионных процессов, а также учета мелкозема, смываемого в условиях холмистого рельефа. Проведение наблюдений и подготовку аналитической экологической информации, а также методическое руководство наблюдениями осуществляет РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси.

Наблюдения за состоянием почвенного покрова земель, подверженных водной эрозии, проводятся на пунктах наблюдений мониторинга земель (табл. 3.1).

Таблица 3.1. Перечень пунктов наблюдений мониторинга почвенного покрова земель, подверженных водной эрозии

Название пункта наблюдений	Местоположение пункта наблюдений	Почвенно-географическая провинция	Организация, выполняющая наблюдения
Межаны	Браславский район, Витебская область	Северная	РУП «Институт почвоведения и агрохимии»
Слободская заря	Нарочанский район, Минская область	Северная	РУП «Институт почвоведения и агрохимии»
РУП «Учхоз БГСХА»	Горецкий район, Могилевская область	Центральная	РУП «Институт почвоведения и агрохимии»
Стоковые площадки	Минский район, Минская область	Центральная	РУП «Институт почвоведения и агрохимии»

Пункты наблюдений мониторинга земель располагаются в Северной и Центральной почвенно-географических провинциях на территориях, для которых характерны проявления водной эрозии. Общее количество пунктов наблюдений мониторинга земель в Республике Беларусь может изменяться в зависимости от масштаба проявления эрозионных процессов, однако не должно быть менее четырех.

Пунктами наблюдений при мониторинге состояния почвенного покрова земель, подверженных водной эрозии, являются участки, расположенные в пределах элементарного водосбора, площадью от 25 до 50 га в зависимости от пересеченности местности и пестроты почвенного покрова. Территория пункта наблюдений мониторинга земель в обязательном порядке должна включать в себя водораздельную часть, верхнюю, среднюю и нижнюю части склонов. При этом границы пункта наблюдений мониторинга земель совмещаются с дорогами, канавами, дамбами, опушками леса и должны охватывать либо один отдельно обрабатываемый участок соответствующей площади, либо несколько более мелких, в пределах которых распространена типичная почвенная комбинация региона.

При проведении наблюдений за состоянием почвенного покрова земель, подверженных водной эрозии, выполняются следующие процедуры:

- восстановление границ пробных площадок;
- детальное почвенное картографирование;
- построение нивелирных ходов по почвенно-геоморфологическим профилям;

- морфометрическое и морфологическое описание почвенных разрезов;
- отбор проб почвы по почвенным (генетическим) горизонтам;
- отбор единичных проб почвы (пахотного горизонта) по линии стока;
- учет урожая возделываемых культур;
- наблюдения за твердым и жидким стоком;
- отбор проб воды;
- лабораторный анализ отобранных проб.

Нивелирование поверхности, изучение почвенного профиля и отбор проб почвы производятся на пробных площадках, имеющих координатную привязку, позволяющую восстановить их местоположение.

Обозначение пробных площадок на местности не обязательно. Координатная привязка пробной площадки производится инструментально, в том числе с использованием спутниковых навигационных систем.

Детальное почвенное картографирование выполняется в масштабе 1:2000 на низком таксономическом уровне с выделением родов, видов и разновидностей почв.

В пределах пункта наблюдения подбирают точки, которые характеризуют наиболее типичные условия залегания почв с учетом их размещения на элементах рельефа, эродированности, намытости. На площади в 1 км<sup>2</sup> необходимо иметь до 10–20 точек наблюдений. На каждой из них описывают морфологический профиль почвы с определением генетических горизонтов, глубины их залегания, окраски, структурного состава, плотности, глубины вскипания от 10 %-ного раствора HCl, характера переходов одного горизонта в другой, включений. Определяют прежнее название почвы.

Одновременно у разреза закладывается 4–5 участков размером 3–5 м<sup>2</sup>, на которых отбирают смешанные (с каждого участка отдельно) образцы почвы из слоя 0–3 см для определения комковатости (массой 300–500 г), коэффициента агрегированности, средневзвешенного диаметра почвенных частиц, связности агрегатов, структурного состава и водостойкости (массой до 1 кг). Кроме того, отбирают образцы из всего пахотного слоя (с глубины 0–10 см и 10–20 см) для определения последних пяти показателей в 4–5-кратном повторении; каждое повторение анализируется отдельно.

Процедура описания почвенного профиля производится с указанием информации об общем строении почвенного профиля, его водном режиме, а также основных морфологических признаках генетических го-

ризонтов: цвете, влажности, механическом составе, структуре, сложении, включениях, новообразованиях, переходах от горизонта к горизонту и др. Диагностика и классификация почвы производятся в соответствии с утвержденным номенклатурным списком почв Беларуси.

Первичные данные наблюдений за состоянием почвенного покрова земель, подверженных водной эрозии, составляются по формам согласно данным, приведенным в табл. 3.2 и 3.3.

Таблица 3.2. **Первичные данные наблюдений за состоянием почвенного покрова земель на пробных площадках**

Пункт наблюдений	Пробная площадка	Разрез	Период наблюдения				
			Почвенные горизонты				
			A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>
Наблюдаемые показатели							
Мощность почвенных горизонтов, см							
Содержание в почве физической глины, %							
Степень кислотности почв (в KCl), единицы pH							
Гидролитическая кислотность почв, единицы pH							
Содержание гумуса (органического вещества) в почвах, %							
Влажность почв, %							
Плотность почв, г/см <sup>3</sup>							
Содержание общего азота в почве, мг/кг							
Содержание подвижного фосфора (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) в почвах, мг/кг							
Содержание подвижного калия (K <sub>2</sub> O) в почвах, мг/кг							
Содержание в почве органического углерода, мг/кг							

Перечень наблюдаемых показателей включает:

- мощность почвенных горизонтов;
- гранулометрический состав почвенных горизонтов;
- степень кислотности почв (pH в KCl);
- гидролитическую кислотность почв;
- содержание гумуса в почвах;
- запас гумуса в минеральных почвах;
- влажность почв;
- плотность почв;
- содержание общего азота в почвах;
- содержание подвижного фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) в почвах;
- содержание подвижного калия (K<sub>2</sub>O) в почвах;
- смыв мелкозема с твердым и жидким стоком;
- производительную способность почв.

Таблица 3.3. Состав первичных данных, характеризующих состояние почвенного покрова земель в пределах пункта наблюдения в целом

Наблюдаемые показатели	Значения
Производительная способность почв, ц/га	
Контрастность почвенного покрова	
Неоднородность почвенного покрова	
Сложность почвенного покрова	
Интенсивность сработки торфа, мм в год	
Интенсивность дефляции, т/га в год	
Смыв мелкозема с твердым и жидким стоком, т/га в год	
Степень кислотности воды, единиц рН	
Содержание нитратов, магния, кальция, калия и фосфора в воде, мг/л	
Уровень почвенно-грунтовых вод в скважинах, м	
Мощность торфяной залежи, м	

В пробах воды определяются: содержание нитратов, магния, кальция, калия, фосфора и степень кислотности. Опробованию подлежат талые воды, а также воды поверхностного стока в период стокообразующих (ливневых) дождей. Определение величины твердого стока производится путем учета смыва почвенного мелкозема в лотках и измерения мутности проб воды, а также расчетным методом.

Испытания отобранных проб почв с целью определения их физико-химических характеристик осуществляются аккредитованными аналитическими лабораториями.

Анализ гранулометрического состава почвы выполняется по ГОСТ 12536–79. Определение рН солевого в минеральных и органических почвах выполняется по ГОСТ 26423–85, определение гидролитической кислотности – по ГОСТ 26212–91, определение содержания гумуса в минеральных почвах – по ГОСТ 26213–91, определение в почве подвижных форм фосфора и калия – по ГОСТ 26207–91. Содержание общего азота в почвах определяется по ГОСТ 26107–84. Определение плотности торфяных почв проводится по ГОСТ 24701–81, минеральных – по ГОСТ 5180–84. Определение влажности почв выполняется весовым методом.

Наблюдения за состоянием почвенного покрова земель, подверженных водной эрозии, проводятся ежегодно, за исключением определения гранулометрического состава почв, который наблюдается один раз в 5 лет. Работы по детальному почвенному картографированию выполняются один раз в 10 лет. Первичные данные и аналитическая экологическая информация предоставляются в Информационный центр земельно-кадастровых данных и мониторинга земель (в настоящее время является структурным подразделением УП «Проектный институт Белгипрозем») ежегодно не позднее 15 января года, следующего за отчетным.

Аналитическая экологическая информация о состоянии почвенного покрова земель, подверженных водной эрозии, составляется в виде текстового отчета, включающего:

– оценку состояния почвенного покрова за отчетный период по Республике Беларусь на основании первичных данных пунктов наблюдений мониторинга земель, репрезентативно представляющих определенные территории, с применением методов математического моделирования;

– изменения, произошедшие относительно предыдущего периода и с учетом всего ряда наблюдений;

– прогноз развития эрозионных процессов, основанный на экспертном подходе.

**Показатели диагностики водной эрозии почв.** Среди показателей диагностики водной эрозии почв наиболее широко используют следующие:

– норма среднегодовых эрозионных потерь  $n$ , мм или т/га в год;

– фактический показатель эрозионных потерь  $W$ , мм или т/га в год;

– коэффициент снижения плодородия почвы в результате эрозионных потерь,  $E$ , %;

– слой потенциального стока (СПС), мм;

– показатель проявления водной эрозии (ППВЭ), %.

Норма среднегодовых эрозионных потерь ( $n$ , т/га) рассчитывается для сопоставления скорости потерь почвы от эрозии со скоростью почвообразовательного процесса. В зависимости от типа почвы данный показатель колеблется в пределах от 1,8 до 4,5 т/га. Расчет производится по формуле:

$$n = 0,001H, \quad (3.1)$$

где  $H$  – мощность верхнего гумусового горизонта незэродированной почвы, мм.

Поскольку масса слоя почвы мощностью 1 мм на 1 га составляет около 10 т, то для пересчета миллиметров в тонны в год умножаем норму эрозии на 10.

Фактическая величина смыва почвы ( $W$ , т/га) характеризует фактические ежегодные потери почвы в результате водной эрозии. Расчет производится по формуле:

$$W = 1,2 \cdot 10^{-4} K_{\text{кг(л)}} J_{\text{RO}} J_{\text{RO}} I^n L^{0,75} e^{-\lambda p(0,85-100m)}, \quad (3.2)$$

где  $K_{\text{кг(л)}}$  – среднегодовое значение гидрометеорологического параметра ливневого смыва (принимается равным 7,5);

- $J_{RO}$  – параметр, характеризующий смытость почвы (табл. 3.4);  
 $J_{RO}$  – параметр, характеризующий влияние типа почвы на смыв (табл. 3.5);  
 $I$  – уклон поверхности, принимаемый равным 100 ‰;  
 $L$  – длина склона,  
 $m$ ;  $n$  – показатель, значение которого зависит от характера подстилающей поверхности, типа почвы и степени ее смытости (табл. 3.6);  
 $e^{-\lambda p(0,85-100m)}$  – функция, принимаемая равной 0,10.

Таблица 3.4. Влияние степени смытости почвы на относительную величину ее смытости

Степень смытости почвы	$J_{RO}$
Несмытая	1,0
Слабосмытая	1,4
Среднесмытая	2,0
Сильносмытая	2,5

Таблица 3.5. Усредненные значения относительной смытости почвы

Тип почвы	$J_{RO}$
Дерново-карбонатные типичные мощные	1,0
Дерново-карбонатные типичные среднемощные	1,2
Дерново-карбонатные типичные маломощные	1,3
Дерново-карбонатные оподзоленные маломощные	1,5
Дерново-карбонатные оподзоленные среднемощные	1,8
Дерново-карбонатные оподзоленные мощные	2,8
Дерново-карбонатные типичные неразвитые	3,0
Дерново-палево-подзолистые	3,4
Дерново-палево-подзолистые остаточного-карбонатные	3,6
Дерново-подзолистые (обычные)	3,8

Таблица 3.6. Значения величины показателя  $n$

Характер подстилающей поверхности	Степень смытости почвы	
	несмытая и слабосмытая	средне- и сильносмытая
Обработанная поверхность без растительности (зябь, черный пар)	1,30	1,35
Пропашные культуры	1,15	1,25
Стерня и начальные фазы развития плотнопокровных культур	0,90	1,00
Плотнопокровные культуры	0,85	0,90
Многолетние травы, залежь, пастбища	0,80	0,80
Лес, луг, целина	0,70	0,70

Коэффициент снижения плодородия почвы в результате эрозионных потерь (Е) для определенной территории определяется как средневзвешенное значение для отдельных выделов по степени эродированности. Расчет производится по формуле:

$$E = \frac{(S_1 K_{неэр}) + (S_2 K_{слабоэр}) + (S_3 K_{среднеэр}) + (S_4 K_{сильноэр})}{100}, \quad (3.3)$$

где  $S_1$ – $S_4$  – процент площади территории с различной степенью эродированности почвы;

$K$  – коэффициент снижения плодородия эродированной почвы ( $K_{неэр} = 1$ ;  $K_{слабоэр} = 1,2$ ;  $K_{среднеэр} = 1,4$ ;  $K_{сильноэр} = 1,6$ ).

Слой потенциального поверхностного стока (СПС, мм) – количество воды, стекающей с 1 км<sup>2</sup> водосбора за определенный период времени, выраженное в виде равномерно распределенного по площади слоя воды. Определяется отношением объема стока к площади водосбора. Исчисляется в миллиметрах в год, сезон, месяц, наводнение, паводок с выделением слоя поверхностного или подземного стока. Данный показатель отражает негативное влияние на плодородие почвы потери влаги с поверхностным стоком. Для неэродированных почв его величина  $\leq 5$  мм, для эродированных колеблется от 8 до 25 мм.

Показатель проявления водной эрозии (ППВЭ, %) характеризует проявление эрозионных процессов в зависимости от величины поверхностного стока и фактической эродированности почвы, поскольку очень часто отсутствует прямая связь между величиной поверхностного стока и фактической эродированностью из-за влияния шероховатости поверхности. Например, на поле многолетних трав сток будет значительным, а смыв почвы – несущественным. Расчет производится по формуле:

$$\text{ППВЭ} = \frac{\text{СПС} - (\text{СПС}/E)}{\text{СПС}} 100, \quad (3.4)$$

где СПС – потенциальный ливневый сток 10 %-ной обеспеченности, мм;

$E$  – коэффициент снижения плодородия почвы.

**Методика определения водноэрозионных потерь почвы в полевых условиях.** Методика проведения полевых обследований кризисных явлений, связанных с водной эрозией почвы, предусматривает наличие:

- климатической, ландшафтной и эрозионной карт;
- почвенной карты, соединенной с картой рельефа местности (с ее помощью можно выделить все необходимые для обследования фации,

урочища, местности, ландшафтные контуры и полосы, парагенетические звенья (кольца) и таким образом частично заменить ландшафтную карту при ее отсутствии);

- плана землепользования, на котором показаны все основные объекты хозяйственной деятельности, поля севооборотов, сами землепользования, их площадь, существующие границы, постоянные пути, участки производственной и жилой застройки;

- почвенного очерка хозяйства с описанием почвенных разрезов, схемы их расположения и аналитических материалов;

- пояснительной записки к проекту землеустройства.

Перед обследованием территории необходимо совместить карту землепользования с картами рельефа и почв. Это позволит иметь при обследовании одну «рабочую» карту, насыщенную необходимым материалом. На такую карту можно нанести все данные, полученные при обследовании.

Обследование необходимо проводить в то время, когда проявление водноэрозионных процессов наиболее вероятно и опасно. Для определения склонности почвы к водной эрозии диагностические показатели интенсивности проявления эрозионных процессов необходимо определять в динамике (весна, период зрелости зерновых колосовых культур и пожнивный период).

Обследование начинают с рекогносцировки и глазомерной оценки ландшафтного разнообразия землепользования. При этом создают схему размещения видов, типов ландшафтов с выделением основных геоморфологических особенностей местности (водораздел, склоновые участки) с учетом их ориентации относительно сторон света, крутизны, длины изрезанности, эродированности, мест выхода близких к поверхности подстилающих пород. Отдельно выделяют склоны балок с одновременным описанием их растительности, поймы и террасы рек и малых рек, овраги, их расчленение, выделяют также мочары, впадины, поди, ложбины стока и др. Все это наносят на схему в виде условных масштабных и немасштабных знаков с последующим уточнением их границ на объединенной карте (землепользования, рельефа и почв).

При определении водноэрозионных потерь почвы в полевых условиях сначала на основании картографической информации определяют поля, на которых будет проводиться учет. Необходимо, чтобы они были репрезентативными для отображения многообразия сельскохозяйственных угодий, почвенных и геоморфологических особенностей. Желательно заранее определиться с объектами полевого эрозионного обследования, которые в таком случае могут рассматриваться как полигоны

кризисного мониторинга. Целесообразно, чтобы после каждого эрозионного события учету подлежало 10–15 площадей. Далее на каждой площади в 4–кратном повторении выполняется непосредственный учет смытого и (или) намывтого мелкозема. Для этого закладывается профиль длиной 100 м и шириной 1 м поперек доминирующего склона. Профиль фиксируется веревками. Мерной линейкой измеряют объем всех эрозионных рытвин на площади профиля ( $S = 100 \text{ м}^2$ ). Принимается условие, что плотность почвы равна  $1 \text{ г/см}^3$ . Эрозионные потери или количество намывтого грунта переводятся в тонны с площади в 1 га. В полевой тетради для каждого профиля фиксируют длину линии стока от водораздела или другой границы (лесополосы, дороги и т. п.) в метрах и средний уклон склона на этом расстоянии, а также уклон части склона, где закладывается профиль.

**Определение типов кризисной ситуации, вызванной водной эрозией, и показатели ее диагностики.** Общий критерий наличия кризиса – существенное ухудшение выполнения жизненно важных функций почвенного покрова. При достижении определенного уровня снижения плодородия почв, ухудшении водного режима, загрязнении, существенном нарушении баланса биофильных элементов, других негативных явлениях под влиянием водной эрозии констатируется кризисное состояние. В связи с этим целесообразно определиться с такими понятиями, как нормальное (благоприятное), удовлетворительное, предкризисное, кризисное и катастрофическое состояние земельных ресурсов.

*Предкризисное состояние* – эродированность почв обуславливает снижение их плодородия более, чем на 10 %.

*Кризисное состояние* – имеет место ускорение эрозионных процессов: площадь эродированных почв возрастает, а фактические темпы эрозионных потерь почвы существенно превышают скорость почвообразования.

*Катастрофическое состояние* – коэффициент снижения плодородия почвы превышает 1,3, т. е. плодородие почвенного покрова уменьшается более чем на 30 %. Почвенный покров не может выполнять свои функции с необходимой полнотой. Кроме того, имеют место необратимые ландшафтные изменения.

В качестве общеландшафтного критерия катастрофического состояния почв может выступать состояние малых рек и их пойм. Катастрофическое состояние – это граница, за которой возврат почв в нормальное состояние без проведения комплекса специальных мероприятий невозможен. На территории, где имеет место катастрофическое вследствие проявления водной эрозии состояние почв, должна быть радикально изменена система хозяйствования, которая является причиной

эрозии. Сведения о нормативах кризисных явлений, обусловленных водной эрозией, приведены в табл. 3.7.

Таблица 3.7. Нормативы кризисных явлений, обусловленных водной эрозией

Степень развития эрозионных процессов	Норматив и его значение	Мероприятия по улучшению ситуации
1	2	3
Нормальное (благоприятное) состояние	Норма среднегодовых эрозионных потерь почвы (п): - дерново-подзолистые почвы – 1,8–2,4	Общепринятые технологии выращивания сельскохозяйственных культур; использование земельных ресурсов без дополнительного противозерозионного благоустройства территории
	дерново-карбонатные почвы – 2,2–2,5 т/га;	
	Фактическая эродированность существенно не влияет на плодородие почв, т. е., средневзвешенный коэффициент уменьшения плодородия вследствие эродированности (Е) не превышает 1,03	
	ППВЭ = 5 %	
Удовлетворительное состояние	СПС ≤ 5,0 мм	Критический анализ технологий использования земельных ресурсов. Выявление и устранение грубых ошибок в технологическом процессе. Снижение сельскохозяйственной нагрузки на ландшафты (уменьшение площади пашни, минимизация обработки почвы и т. д.)
	Ежегодные эрозионные потери почвы превышают норму в 1,5–3 раза	
	$1,03 \leq E \leq 1,10$	
	$5,1 \% \leq \text{ППВЭ} \leq 10 \%$	
Предкризисное состояние	$5,1 \leq \text{СПС} \leq 8 \text{ мм}$	Разработка генеральной схемы противозерозионных мероприятий. Переход на минимальные технологии обработки почвы (no-till). Агрорландшафтное противозерозионное благоустройство на основании разработанных инженерными методами проектов
	Ежегодные эрозионные потери почвы превышают норму в 3–5 раз	
	$1,11 \leq E \leq 1,20$	
	$10,1 \% \leq \text{ППВЭ} \leq 15 \%$	
	$8,1 \leq \text{СПС} \leq 15 \text{ мм}$	

1	2	3
Кризисное состояние	Ежегодные эрозионные потери почвы превышают норму в 5–7 раз	Резкое сокращение площади пашни (не менее, чем на 40–50 %). Изменение специализации сельского хозяйства, формирование кормовой базы за счет природных кормовых угодий. Повсеместное сплошное облеснение малоразвитых сильнодеградированных и малопродуктивных земель. Систематический всесторонний контроль за использованием земель, налаживание оперативного кризисного мониторинга
	$1,21 \leq E \leq 1,30$	
	$15,1 \% \leq \text{ППВЭ} \leq 20 \%$	
	$15,1 \leq \text{СПС} \leq 25 \text{ мм}$	
Катастрофическое состояние	Ежегодные эрозионные потери почвы превышают норму более чем в 7 раз	Планирование специальных мероприятий по мелиорации и рекультивации земель. Сокращение площади пашни более, чем на 50 %. Объявление территории зоной экологического бедствия, что требует комплекса государственных мероприятий в соответствии с требованиями действующего законодательства
	$E > 1,30$	
	$\text{ППВЭ} > 20 \%$	
	$\text{СПС} > 25 \text{ мм}$	

### Задания для самостоятельного выполнения

Используя исходные данные, приведенные в приложении 3, рассчитать величину:

- нормы среднегодовых эрозионных потерь  $n$ , т/га в год;
- фактического показателя эрозионных потерь  $W$ , т/га в год;
- коэффициента снижения плодородия почвы в результате эрозионных потерь  $E$ , %;
- показателя проявления водной эрозии (ППВЭ), %.

Примеры расчетов.

Задача 1. Мощность гумусового горизонта дерново-карбонатной типичной маломощной почвы составляет 185 мм. Определить годовую норму эрозии для этого типа почвы.

Расчет следует выполнить по формуле 3.1:

$$n = 0,001 \cdot 185 = 0,185 \text{ мм,}$$

$$n = 0,185 \cdot 10 = 1,85 \text{ т/га в год.}$$

Ответ: годовая норма эрозии для дерново-карбонатной типичной маломощной почвы составляет 1,85 т/га в год.

Задача 2. Территория поля под пропашными культурами (картофель) представлена дерново-карбонатной оподзоленной маломощной

среднесмытой почвой. Длина склона составляет 100 м. Определить фактическую величину смыва почвы вследствие проявления водной эрозии. Расчет выполняют по формуле 3.2 с использованием данных таблиц 3.4–3.6

$$W = 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot 7,5 \cdot 2,0 \cdot 3,4 \cdot 100^{1,25} \cdot 100^{0,5} \cdot 0,1 = 1,94 \text{ т/га.}$$

Ответ: фактическая величина смыва почвы вследствие проявления водной эрозии составляет 1,94 т/га в год.

Задача 3. На территории сельскохозяйственного предприятия 55 % площади занимают незероэродированные почвы, 20 % – слабоэродированные почвы, 15 % – среднеэродированные почвы и 10 % – сильноэродированные почвы. Необходимо определить коэффициент снижения плодородия почвы вследствие проявления водной эрозии. Расчет выполним используя формулу 3.3:

$$E = \frac{(55 \cdot 1) + (20 \cdot 1,2) + (15 \cdot 1,4) + (10 \cdot 1,6)}{100} = 1,16.$$

Ответ: величина коэффициента снижения плодородия почвы вследствие проявления водной эрозии составляет 1,16.

#### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4 МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПЕСТИЦИДАМИ**

Цель выполнения работы: освоить методику определения средневзвешенной степени опасности применения пестицидов и уровня пестицидной нагрузки на земли сельскохозяйственного назначения.

Задачи работы: научиться оценивать вероятность загрязнения и потенциальную опасность (риск) использования пестицидов на землях сельскохозяйственного назначения.

#### **Общие сведения**

К опасным веществам антропогенного происхождения, попадающим в окружающую среду, наряду с промышленными отходами относятся также и химические средства защиты сельскохозяйственных культур от вредных компонентов агроценозов – вредителей, болезней и сорняков - пестициды. Пестициды (от лат. *pestis* – зараза и *caedo* – убиваю) – токсичные вещества, их соединения, смеси веществ химического или биологического происхождения, предназначенные для уничтожения, регуляции и прекращения развития вредных организмов, в результате

деятельности которых поражаются растения, животные, люди, наносится вред материальным ценностям, а также грызунов, сорняков, древесной, кустарниковой растительности, засоряющих видов рыб.

В зависимости от объекта защиты используются многочисленные группы пестицидов, характеризующиеся достаточно сложным химическим составом и уровнем влияния на теплокровные организмы. Среди пестицидов различают следующие основные группы:

- акарициды – группа пестицидов для борьбы с клещами;
- альгициды – группа пестицидов для борьбы с водорослями и другой сорной растительностью в водной среде;
- арборициды – группа пестицидов, предназначенная для уничтожения деревьев и кустарников;
- афидицы – группа пестицидов для борьбы с тлей;
- гаметоциды – вещества, приводящие к стерильности растений;
- гербициды – группа пестицидов для борьбы с сорняками;
- десиканты – вещества, используемые при предуборочном подсушивании растений;
- дефолианты – вещества, приводящие к преждевременному опадению листьев у растений;
- инсектициды – группа пестицидов для борьбы с насекомыми;
- лимациды и моллюскоциды – вещества, уничтожающие улиток и моллюсков;
- нематоциды – группа пестицидов, предназначенных для уничтожения нематод;
- овициды – уничтожают яйца вредных насекомых и клещей;
- протравители семян – вещества, предназначенные для обработки семян от болезней (фунгицидные протравители) и / или вредителей (инсектицидные протравители);
- репелленты – вещества, отпугивающие вредных насекомых;
- ретарданты – вещества, задерживающие рост растений;
- родентициды – вещества, предназначенные для борьбы с грызунами;
- фумиганты – вещества, с помощью которых уничтожают вредителей и возбудителей болезней растений в местах хранения сельскохозяйственного сырья;
- фунгициды – группа пестицидов, предназначенных для борьбы с болезнями сельскохозяйственных культур.

В связи с широким применением пестицидов возникает потенциальная возможность загрязнения почвенного покрова земель сельскохозяйственного назначения их остатками. Значительное количество химических средств защиты растений, используемых в сельскохозяйственном производстве, характеризуются высокой токсичностью, кумулятивным

действием и устойчивостью в окружающей среде.

Массовое использование пестицидов приводит к загрязнению земель и не всегда сопровождается адекватным увеличением урожайности растениеводческой продукции. Большинство из них являются препаратами универсального действия, способными уничтожить не только вредные, но и полезные организмы (энтомофагов, насекомых - опылителей), негативно влиять на почвенную микробиоту. Попадая в окружающую среду, пестициды мигрируют по пищевым цепям, и если в воде, воздухе или почве их остатки не превышают допустимых уровней, то в живых организмах химические препараты накапливаются в значительных концентрациях.

Химические средства защиты растений - опасные для людей и животных вещества, поэтому их использование требует строгого соблюдения научно обоснованных регламентов. Потенциальная возможность негативных последствий при проведении химических мер защиты от вредных объектов обусловлена, прежде всего, способностью пестицидов вызвать острые отравления и вероятностью загрязнения биосферы вредными химическими соединениями.

Отнесение пестицида к конкретному классу опасности основывается на принципе комплексной оценки свойств с учетом лимитирующего критерия вредности, то есть оценка осуществляется по критерию, который определяет наибольшую опасность пестицида для здоровья человека.

Классификации подлежат действующее вещество пестицида и его препаративные формы. Если форма препарата отличается по степени опасности от действующего вещества, она может быть отнесена к другому классу опасности. Учитывают особенности формы препарата (летучесть, возможность выделения пыли и др.). Если пестицид образует в процессе трансформации и распада более опасные химические соединения, класс опасности пестицида определяется свойствами таких соединений. Сведения о классификации пестицидов по степени опасности приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1. Классификация пестицидов по степени опасности

Критерии опасности	Классы опасности			
	I	II	III	IV
I	2	3	4	5
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг				
Твердые формы препарата	<15	15-50	51-500	>500

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Жидкие формы препарата	<50	50-200	201-2000	>2000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг				
Твердые формы препарата	<10	10-100	101-1000	>1000
Жидкие формы препарата	<40	40-400	401-4000	>4000
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	<500	500-5000	5001-50000	>50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления	>10	10,0-2,1	2,0-0,5	<0,5
Коэффициент кумуляции	<1	1-3	3,1-5,0	>5
Раздражающее действие	Сильный раздражитель	Умеренный раздражитель	Слабый раздражитель	Раздражающего воздействия не выявлено
Аллергенность	Аллерген	Аллерген	Аллерген	Действия не выявлено
Мутагенность	Индукцирует генные и хромосомные мутации у всех тест-объектов, в том числе у млекопитающих <i>in vivo</i>	Индукцирует генные и хромосомные мутации у всех тест-объектов, в том числе у млекопитающих <i>in vivo</i>	Индукцирует или генные, или хромосомные мутации у ограниченного числа тест-объектов – не млекопитающих	Нарушения в структуре и функции генетического аппарата нельзя квалифицировать как мутации
Канцерогенность	Канцероген для человека	Вероятный канцероген для человека	Маловероятный канцероген для человека	Канцерогенность не установлена
Тератогенность	Доказана тератогенность для человека	Сильный тератоген для животных	Слабый тератоген для животных	Эффект не наблюдается

1	2	3	4	5
Эмбриотоксичность	Эффект на людях учету не поддается	Сильный эффект при действии доз, не токсических для самок	Слабый эффект, наблюдающийся совместно с другими токсическими эффектами	Эффект не наблюдается
Репродуктивная токсичность	Выраженная	Умеренная	Слабая	Отсутствует
Стабильность в воде, суток	>30	30-11	10-5	<5
Стабильность в почве, суток	>60	60-31	30-11	<11
Глубина миграции по почвенному профилю, см	>50	50-21	20-10	<10
Коэффициенты миграции в системе				
Почва - растение	>0,5	0,5-0,11	0,10-0,02	<0,02
Почва - вода	>0,1	0,10-0,05	0,04-0,01	<0,01
Почва - воздух	>0,1	0,10-0,02	0,01-0,005	<0,005
Устойчивость в вегетирующих сельскохозяйственных культурах и сельскохозяйственном сырье, суток	>30	30-13	12-5	<4

Практически все пестициды – очень сложные химические соединения, обладающие устойчивостью к распаду в экологических системах. Устойчивость к распаду пестицида характеризуется временем, в течение которого распадается половина его массы, то есть периодом полураспада.

Безвредными и безопасными считаются те пестициды, для которых период полураспада меньше 3 суток, а летальная доза ЛД<sub>50</sub> составляет не более 1000 мг/кг. Пестицидные препараты I класса опасности, как правило, не рекомендуются к широкому использованию в сельском хозяйстве. Ограниченное применение препаратов I класса опасности возможно только тогда, когда форма препарата, условия и технические средства применения исключают вредное воздействие этих соединений на организм работающих, населения и окружающей среды.

Как исключение, ограниченное применение препаратов I класса опасности возможно в отдельных случаях возникновения чрезвычайной потребности в уничтожении особо опасных вредителей сельскохозяйственных культур или переносчиков болезней людей и животных (например, возникновение пандемий, панзоотий, панфитотий). Однако это исключение не распространяется на вещества, которые обладают канцерогенными и (или) мутагенными свойствами и применение которых запрещается. Пестицидные препараты III и IV классов опасности могут использоваться без ограничений при условии соблюдения установленных гигиенических регламентов. В таблице 4.2 приведен перечень пестицидов и химических веществ, запрещенных к использованию в сельском хозяйстве стран Европы, а в таблице 4.3 – регламенты применения отдельных пестицидов и классы их опасности.

Таблица 4.2. Пестициды и химические вещества, запрещенные к использованию в сельскохозяйственном производстве стран Европы

Название препарата, вещества	Характеристика препарата, вещества
1	2
Хлордиформ	Акарицид, применяемый на хлопчатнике и плодовых культурах. По санитарно-гигиеническим показателям применение препарата в СНГ запрещено
Трихлорфеноксиацетил-овая кислота	Фенольный гербицид, плохо биотрансформирующийся в организме млекопитающих
Алахлор	Алахлор – хлорорганический пестицид, запрещенный в ЕС и Канаде из-за наличия более безопасного аналога – металахлора
Арохлор	Вещество из группы ПХБ, гербицид, разрешен в США
Каптафол	Фунгицид, разрешен для применения на яблонях и других плодовых культурах для борьбы с черным раком и усыханием. Запрещен в ЕС из-за высокой способности всасываться через кожу
Хлордан	Инсектицид предназначенный для борьбы с термитами. Запрещен в России
ДДТ	Инсектицид широкого спектра действия. Запрещен во всех странах
Дизлдрин	Инсектицид, запрещён в производстве, продаже и применении в большинстве стран мира. До сих пор производится и применяется в качестве инсектицида в Малайзии, Венесуэле, Таиланде, некоторых странах Африки
Гептахлор	Инсектицид, хлорорганическое соединение, из группы полихлорциклодиенов, весьма стоек к разрушению. Запрещен в России
Метилбромид	Инсектицид и акарицид широкого спектра действия, применяется в практике карантинной фумигации. В России был исключен из официального списка пестицидов, разрешенных к применению на территории страны, в 2005 году. В 2011 году под названием «Метабром-РФО» вновь включен в список, и разрешен к применению

1	2
2,3,4,5,6-пентахлорфенол	Антисептик для пропитки древесины, содержится в составе лаков, красок, бумаги, используется для обработки кожи. Гербицид и десикант хлопчатника
Арсенат натрия	Инсектицид. Применяют весьма редко в качестве общеукрепляющего и тонизирующего средства (подкожные инъекции)
Хлордекон	Инсектицид, запрещен в России
Фторацетамид	Зооцид
2,4,5-трихлорфенол	Гербицид-дефолиант. Во время войны во Вьетнаме применялся в качестве дефолианта
1,2-бензисотиазолин-3-1	Фунгицид, применяют против болезней риса
Алдрин	Хлорорганическое соединение, высокотоксичный инсектицид, а также гербицид, применяемый на хлопчатнике
Бифентрин	Инсекто-акарицид
Хлорат гидрат	Десикант
Дибромхлорпропан	Нематоцид
Дикофол	Акарицид
Ендосульфан	Инсектицид, запрещен в Индии и США
Линдан	Акарицид, используют как препарат для лечения чесотки
Нитрафен	Инсектицид, применяют на плодовых культурах
Сильвекс	Гербицид
Трихлорацетиловая кислота	Фенольный гербицид, плохо биотрансформирующийся в организме млекопитающих
Неорганические вещества, содержащие ртуть	Вызывают болезнь Минамата

Таблица 4.3. Регламенты применения отдельных пестицидов и классы их опасности

Порядковый номер препарата	Название препарата, тип	Содержание действующего вещества, %	Норма расхода препарата, кг/га, л/га	Интегральная степень опасности препарата
1	2	3	4	5
1	Агритокс, Г	50	0,8	5
2	Акробат МЦ, Ф	69	2,0	6
3	Альто 400, Ф	40	0,2	5
4	Андио, И	25	2,2	6
5	Арсенал, Г	22,5	5,0	3
6	Арриво, И	0,32	4,0	4
7	Базагран, Г	48	3,8	5
8	Байлетон, Ф	25	0,75	5
9	Бетанал прогресс, Г	18	2,6	5

1	2	3	4	5
10	Глисол, Г	36	5,2	4
11	Гранстар, Г	75	0,025	5
12	Дезормон, Г	60	1,4	4
13	Демитан, И	20	0,6	3
14	Децис, И	2,5	1,0	4
15	Дуал, Г	96	3,1	4
16	Дурсбан, И	40,8	3,0	3
17	Золон, И	35	2,8	4
18	Карате, И	5	0,15	4
19	Миура, Г	35	0,7	3
20	Ридомил МЦ, Ф	72	2,5	6
21	Скор, Ф	25	0,15	5
22	Тилт, Ф	25	1,5	4

Примечание: 1) Г – гербицид; Ф – фунгицид; И – инсектицид;

2) порядковый номер препарата в таблице используется в для выполнения самостоятельной задачи.

Источником загрязнения земель являются и пестициды, запрещенные к применению и хранящиеся на территории сельскохозяйственных предприятий. Сведения о разрешенных к применению пестицидов и удобрений содержатся в Государственном реестре средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. В 70-80-е годы XX ст. на территории Беларуси накопилось значительное количество непригодных или запрещенных к применению пестицидов, включая пестициды, относящиеся к стойким органическим загрязнителям (СОЗ). Почти половина от общего объема непригодных пестицидов (свыше 3800 т) размещена в 6 захоронениях: три из них находятся в Витебской области (Верхнедвинское, Поставское, Городокское), одно – в Гомельской области (Петриковское), одно – в Гродненской области (Слонимское) и одно – в Могилевской области (Дрибинское).

Верхнедвинское захоронение пестицидов расположено в северо-западной части Верхнедвинского района в 8,0 км к северо-западу от государственной границы Республики Беларусь с Латвийской Республикой. До административного центра района г. Верхнедвинска 18 км к югу, до г. п. Освея около 12 км к северо-востоку. Захоронение пестицидов расположено на правом берегу р. Турья, в 500 м от ее русла, в 3,5 км от места впадения р. Турья в р. Сарьянка и в 17,5 км от места впадения р. Сарьянка в р. Западная Двина. Площадка захоронения располагается между двумя короткими ручьями, которые в 190 м к юго-западу от него сливаются в безымянный правый приток Турьи. Геоморфологически

участок приурочен к Полоцкой низине. Абсолютные отметки поверхности составляют 150–151 м. В пределах захоронения за счет подсыпки грунтов они возрастают до 152 м. В 50 м к северо-востоку от захоронения расположено небольшое болото округлой формы, шириной до 60 м, из которого вытекает восточный ручей. Болото образовалось в результате зарастания озера ледникового происхождения. Вблизи захоронения бобры на одном из ручьев устроили небольшую плотину, которая обеспечивает наличие воды в запруде практически круглый год. Болото, как и ручьи, в меженные периоды пересыхает. Захоронение расположено в густом смешанном (ель, ольха, осина) лесу. Высота деревьев достигает 20 м, расстояние между ними – до 1–2 м. Непосредственно на поверхности захоронения лес был сведен в процессе строительства. Площадка захоронения состоит из четырех траншей глубиной до 1 м, общей емкостью около 600 м<sup>3</sup>. В результате уплотнения и усадки пестицидов поверхность захоронения приобрела холмистый рельеф, и образовались углубления, в которых скапливаются дождевые воды. В траншее уложено 454,5 т пестицидов 47 наименований. Среди них имеются пестициды, относящиеся к СОЗ.

Городокское захоронение построено в октябре 1973 г. Для его строительства был выбран труднодоступный и безлюдный участок леса в восточной части Городокского района. Расстояние до районного центра – г. Городок, расположенного к западу от площадки захоронения, составляет 36 км. Государственная граница с Российской Федерацией проходит в 10 км к северо-востоку от захоронения. Добраться до захоронения возможно по лесной грунтовой дороге, которая берет начало от улучшенной грунтовой дороги от д. Хмельник Городокского района до д. Островские. Таким образом, заезд возможен как со стороны Витебска, так и со стороны Городка. В периоды весеннего половодья и дождей лесная дорога требует улучшения. Территория, где располагается участок захоронения, покрыта смешанным лесом. Преобладают ель, осина, береза. Высота деревьев до 16–19 м, толщина – до 0,15–0,20 м, расстояние между деревьями до 3–4 м. Пестициды уложены в 4 траншеи глубиной 2 м и площадью 10 х 2 м. Максимальный объем пестицидов, исходя из размеров траншей при 8 условиях их полного заполнения, составляет 40 м<sup>3</sup>, что не согласуется с указанной в экологическом паспорте массой в 411,4 т. Имеющиеся на захоронении пестициды I класса опасности уложены в бетонный бункер емкостью 50 м<sup>3</sup>. Толщина стенок бункера достигает 30 см, днище монолитное. Сведения о составе захороненных пестицидов не сохранились. Согласно экологическому паспорту, составленному бывшим Городокским райобъединением «Сельхозхимия» в 1990 г. (через 17 лет после окончания строительства),

известны только общая масса и класс опасности погребенных ядохимикатов. Общая масса погребенных ядохимикатов оценивается в 411,4 т., в том числе по классам опасности: 1 класс – 43,628 т; 3 класс – 130,146 т; 4 класс – 237,695 т. Преобладают малоопасные пестициды – 58 %, удельный вес высокоопасных пестицидов составляет 10%. При мониторинговых наблюдениях в почвах выявлены ДДЕ,  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ -ГХЦГ, диазинон, симазин и прометрин, гептахлор, метоксихлор, ДДТ и ДДД. Они представляют 3 крупных класса ядохимикатов, отличающихся по химическому составу, а именно: хлорорганические (ДДТ, ДДЕ, ДДД,  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ -ГХЦГ, гептахлор и метоксихлор), фосфорорганические (диазинон) и симазин-триазиновые (симазин и прометрин). В Городокском захоронении около половины составляют хлорорганические пестициды. Остальное количество распределяется примерно поровну между фосфорорганическими, симазин-триазиновыми и неорганическими соединениями.

Поставское захоронение, построенное в 1971 г., располагается в южной части Поставского района Витебской области. Для строительства захоронения был выбран труднодоступный и безлюдный участок леса в пределах урочища Маньковская Дача. Расстояние до районного центра – г. Поставы составляет 7 км к северу. До южной административной границы района, разделяющей одновременно Витебскую и Минскую области около 3,5 км. Наиболее крупной рекой в районе захоронения является Мяделка. Она вытекает из оз. Мядель у д. Лопоси Мядельского района в 8 км к югу от захоронения и впадает в р. Бирвету – правый приток Десны. Западнее участка захоронения располагается система проточных озер, соединяющаяся с р. Мяделка севернее г. Поставы. Она включает озера Должа, Глодово, Задевское и др. Разведочными скважинами на участке вскрыты пески от тонко- до крупнозернистых мощностью до 18 м, подстилаемые супесями поозерской морены, вскрытая мощность которой составила 12 м. В песках на глубине 10,5 м залегают грунтовые воды, нижним водоупором которой служит поозерская морена. Территория участка захоронения, располагающаяся между оз. Должа и долиной р. Мяделка покрыта лесом. Преобладает сосна, встречается береза. Высота деревьев до 24 м, толщина до 0,27, расстояние между деревьями до 4 м. Сведения о составе захороненных пестицидов не сохранились. В соответствии с экологическим паспортом, составленным Поставским райобъединением «Сельхозхимия» в 1990 г. (через 19 лет после окончания строительства), известны только общая масса и класс опасности погребенных ядохимикатов. Общая масса погребенных ядохимикатов оценивается в 99 т, в том числе по классам опасности: 2 класс – 16,3 т; 3 класс – 33,0 т; 4 класс – 49,7 т.

Петриковское захоронение непригодных пестицидов находится в се-

верной части Петриковского района Гомельской области в 42 км к северо-северо-востоку от районного центра г. Петриков. Захоронение находится в ведении Октябрьской районной инспекции природных ресурсов и охраны окружающей среды. Площадка захоронения расположена в Кошевичском лесничестве, на площади 0,6 га. На ней Гомельским областным производственным объединением «Сельхозхимия» в период с 1974 по 1988 гг. произведено захоронение пришедших в негодность и запрещенных к применению пестицидов в количестве 1423,3 т. Петриковское захоронение является 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 последующих 1980 и 1986 гг. на отведенном участке произведено захоронение 297 и 253,7 т соответственно. В 1988 г. захоронено 351,6 т ядохимикатов, в составе которых (до 50 т) 9 находятся неизвестные пестициды и смеси. В 1980, 1986 и 1988 гг. захоронение пестицидов производилось также в траншеи, оборудованные устройством противотрационных экранов из железобетонных плит, полиэтиленовой пленки и глиняного замка толщиной 1 м.

В Слонимском районе Гродненской области (Альбертинское лесничество, урочище «Петушиный гай», кв. 112) также расположено одно из крупнейших захоронений непригодных пестицидов, год захоронения - 1974. Большая часть пестицидов относится к хлорорганическим. В нем захоронено 882 т., из них - 447,2 т ДДТ, что составляет 74,3 % от идентифицированных, 1,8 т ГХЦГ. Строительство захоронения непригодных пестицидов осуществлено в 1974 г. ОАО «Слонимское РПО «Сельхозхимия». Проектная и исполнительная документация о производстве работ не сохранилась. Неизвестно, проводились ли инженерные (топографическая съемка и инженерно-геологическая разведка) изыскания, отсутствуют акты на скрытые работы, что не позволяет достоверно оценить степень защиты пестицидов от проникновения атмосферных осадков, что имеет решающее значение для их растворения и миграции в подземные воды.

Дрибинское захоронение пестицидов расположено в восточной части Дрибинского района в 11 км к юго-востоку от районного центра г. п. Дрибино. Захоронение имеет в плане форму четырехугольника, вытянутого в северо - северо-западном направлении. Его длина 140-150 м, ширина северной границы 35 м, а южной 67 м. Площадь составляет 2,6 га. В радиусе от 2 до 5 км прилегающая к участку территория

покрыта смешанным (береза, осина, ель) лесом. В настоящее время поверхность захоронения покрыта травянистой растительностью. Подъезд к захоронению от д. Темный Лес возможен по труднопроходимой грунтовой дороге Темный Лес – Каменка, от которой до захоронения около 350 м по бездорожной лесной просеке. Строительство захоронения было произведено в 3 этапа: в 1974, 1983 и 1988 годах. На каждом этапе готовилась отдельная траншея размером 12 x 60 м и глубиной 4 м. В днищах и стенках укладывались противofильтрационные экраны из глины толщиной 0,8–1,0 м с последующей утрамбовкой и засыпались негашеной известью слоем около 40 см. В траншее 1988 года, кроме этого, дно и стенки укрыты полиэтиленовой пленкой. После укладки ядохимикатов траншеи засыпаны местным грунтом с утрамбовкой. В траншее 1974 года перед обратной засыпкой на ядохимикатах уложен слой глины до 1 м. Общий вес погребенных пестицидов оценивается в 541 т., однако, идентифицировано только 353,737 т., из которых ДДТ – 98,74 т.

Всего на складах и в захоронениях Республики Беларусь в настоящее время хранится около 6600 тонн непригодных пестицидов, из которых непосредственно к перечню СОЗ Стокгольмской Конвенции относится 718 тонн ДДТ. На складах и в захоронениях имеется 2733 тонны не идентифицированных смесей и 25 тонн не идентифицированных жидкостей, которые являются потенциальными СОЗ.

Хранение пестицидов, относящихся к СОЗ, неопределенных смесей и не идентифицированных жидкостей осуществляется в основном на складах сельхозпредприятий различных видов собственности – областных и районных предприятиях республиканского объединения «Беллагросервис», колхозах, совхозах, тепличных комбинатах, сельскохозяйственно-производственных кооперативах. ДДТ имеется на складах в Брестской, Витебской и Гродненской областях, не идентифицированные жидкости – в Витебской, Минской и Могилевской областях, неопределенные смеси – во всех областях республики, за исключением Гомельской области. Отсутствие запасов непригодных пестицидов, относящихся к СОЗ, а также неопределенных смесей и жидкостей на территории Гомельской области объясняется тем, что в период с 1999 по 2004 год областной станцией защиты растений был осуществлен их сбор и вывоз на единственное имеющееся в республике специализированное предприятие по переработке и захоронению опасных токсичных промышленных отходов – Коммунальное унитарное предприятие «Комплекс по переработке и захоронению токсичных промышленных отходов Гомельской области».

Условия хранения непригодных пестицидов, в том числе относящихся к СОЗ, в большинстве случаев не соответствуют современным

природоохранным нормам – осуществляется совместное хранение переупакованных и не переупакованных пестицидов, а также тары из-под них, не ликвидируются просыпки пестицидов.

Мониторинг содержания остаточных количеств пестицидов проводится на 116 пунктах наблюдения на пахотных землях сельскохозяйственного назначения в 29 районах всех областей Республики Беларусь. Периодичность наблюдений составляет 1 раз в 3–5 лет, в зависимости от принадлежности и назначения земель, их функционального использования. Перечень наблюдаемых загрязняющих веществ также определяется принадлежностью и назначением земель. На землях сельскохозяйственного назначения определяют хлорорганические пестициды (ХОП), на землях фоновых территорий - ДДТ и продукты его распада (ДДД и ДДЕ). Хлорорганические пестициды (ХОП) - группа хлорсодержащих органических веществ, представляющих индивидуальные химические соединения или смесь соединений, которые используются для борьбы с вредителями сельского хозяйства.

Мониторинг пестицидов в почве – система регулярных наблюдений за содержанием остаточных количеств пестицидов в почве, оценка и прогноз изменений для своевременного выявления негативных процессов, предотвращения их вредных последствий и определения эффективности мероприятий, направленных на рациональное использование и охрану земель.

Цель мониторинга пестицидов в почве – получение достоверных данных о содержании их в почве, в том числе в местах расположения потенциально опасных источников их поступления, для оценки уровня и динамики распространения загрязнения и выявления основных источников поступления пестицидов.

Наблюдения за содержанием пестицидов в почве проводятся на пунктах наблюдений, включенных в реестр пунктов наблюдений Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (табл. 4.4).

Все работы по отбору проб почвы проводятся силами 41 подразделения Департамента по гидрометеорологии, а их химико-аналитические испытания – Центром радиационного контроля и мониторинга окружающей среды, Могилевоблгидрометом и лабораторией физико-химических измерений и методических разработок ГУ РЦАК по аттестованным методикам, допущенным к применению в деятельности лабораторий экологического контроля.

Таблица 4.4. Перечень пунктов наблюдения за содержанием пестицидов на землях (включая почвы) сельскохозяйственного назначения

Расположение пункта наблюдения	Реестровый номер пункта наблюдений НСМОС	Местоположение пункта наблюдений		
		административный район	координаты СШ ВД	
<i>Брестская область</i>				
к-з им. Мичурина	20337.0050	Барановичский	53°11'	26°00'
с-з «Молодая гвардия»	20337.0100	Брестский	52°09'	23°45'
с-з «Дрогичинский»	20337.0150	Дрогичинский	52°12'	25°05'
с-з «Ивацевичи»	20337.0200	Ивацевичский	52°41'	25°21'
к-з «Дружба»	20337.0250	Каменецкий	52°27'	23°39'
Полесская о/с	20337.0300	Лунинецкий	52°17'	26°40'
Брестская областная опытная с/х станция	20337.0350	Пружанский	52°34'	24°29'
<i>Витебская область</i>				
с-з им. Димитрова	20337.0400	Городокский	55°48'	30°00'
К-з «Комсомолец»	20337.0450	Докшицкий	54°56'	27°43'
с-з «Лепельский»	20337.0500	Лепельский	54°51'	28°44'
с-з «Днепр»	20337.0550	Оршанский	54°28'	30°27'
СПК «Голубые озера»	20337.0600	Поставский	55°08'	27°01'
ВЭХ	20337.0650	Сенненский	54°50'	29°41'
с-з им. Маркова	20337.0700	Шарковщинский	55°21'	27°28'
<i>Гомельская область</i>				
с-з «Лукский»	20337.0750	Жлобинский	52°55'	30°01'
КСУП «Житковичский»	20337.0800	Житковичский	52°13'	27°52'
к-з им. Ленина	20337.0850	Лельчицкий	51°47'	28°20'
КСУП «Знамя Победы»	20337.0900	Речицкий	52°11'	29°51'
<i>Гродненская область</i>				
Совхоз - техникум	20337.1000	Волковысский	53°09'	24°35'
К-з им. Клецкова	20337.1050	Ошмянский	54°23'	25°50'
Э/б «Руткевичи»	20337.1100	Щучинский	53°34'	24°44'
<i>Минская область</i>				
с-з «Знамя Октября»	20337.1300	Березинский	53°50'	28°59'
к-з «Маяк»	20337.1350	Борисовский	54°21'	28°33'
к-з им. Ленина	20337.1400	Воложинский	54°05'	26°31'
Э/б «Руткевичи»	20337.1450	Минский	53°44'	27°30'
к-з «Ленинский путь»	20337.1200	Слуцкий	53°03'	27°31'
<i>Могилевская область</i>				
АТП «Горькое»	20337.1500	Горький	54°19'	30°56'
с-з «Ольса»	20337.1550	Кличевский	53°29'	29°20'
к-з «Октябрь»	20337.1600	Славгородский	53°27'	31°00'

Обеспечение экологической безопасности земель в пределах агроландшафтов достигается путем нормирования количества и ассортимента пестицидов на таком уровне, который будет отвечать интенсив-

ности процессов самоочищения. Для этой цели учитывают три параметра свойств пестицидов: степень опасности пестицида; количественная нагрузка на единицу площади; интенсивность распада препарата.

Влияние пестицидов оценивают по следующим показателям: средневзвешенная степень опасности ассортимента пестицидов, нагрузка пестицидов на территорию, вероятное загрязнение земель сельскохозяйственного назначения, потенциальная опасность (риск) использования пестицидов. Средневзвешенная степень опасности пестицидов вычисляется по формуле:

$$C_{nc} = \frac{C_{n1}m_1 + C_{n2}m_2 + \dots + C_{nn}m_n}{M}, \quad (4.1)$$

где:  $m$  – запланированная к использованию или использованная масса одного пестицида, кг (л);

$C_n$  – класс опасности пестицида;

$M$  – общая масса всех пестицидов, запланированных к использованию или использованных, кг (л).

Для определения степени опасности пестицидов учитывают такие их дозы или концентрации: подпороговую – максимальное количество ядовитого вещества, в случае поступления которого в живой организм не происходит изменений, выходящих за пределы физиологических колебаний; пороговую – минимальное количество ядовитого вещества, вызывающего изменения, которые определяются тестами, при отсутствии внешних признаков отравления животных; токсическую не смертельную – количество ядовитого вещества, которое вызывает видимые признаки отравления, но не приводит к смерти; токсическую смертельную – количество ядовитого вещества, которое вызывает гибель животных.

Нагрузка пестицидов на территорию сельскохозяйственного предприятия, административного района или региона измеряется экотоксикологической дозой, которую рассчитывают, используя формулу:

$$D_{\text{экт}} = \frac{M_c}{S}, \quad (4.2)$$

где:  $M_c$  – суммарный расход пестицидов, кг (л);

$S$  – общая площадь пахотных земель, га.

Различают следующие типы экологической ситуации касательно опасности применения пестицидов:

- 1) благоприятная – уровень пестицидной нагрузки не достигает 3 кг/га д. в.;
- 2) удовлетворительная – уровень пестицидной нагрузки находится в

пределах 3–4 кг/га д. в.;

3) предкризисная – уровень пестицидной нагрузки составляет 4–5 кг/га д. в.;

4) кризисная – уровень пестицидной нагрузки составляет 5–7 кг/га д. в.;

5) катастрофическая – уровень пестицидной нагрузки превышает 7 кг/га д. в.

Вероятность загрязнения земель сельскохозяйственного назначения пестицидами оценивается интегральным показателем (условными кг/га), учитывающим такие параметры, как величина экотоксикологической дозы пестицидов средневзвешенная степень опасности пестицидов и индекс самоочищения территории. Данный показатель рассчитывается по формуле:

$$v = \frac{D_{\text{экт}}}{C_{\text{нс}} I_{\text{зон}}} \quad (4.3)$$

Потенциальная опасность привнесения пестицидов в компоненты агроландшафты для живых организмов увеличивается по мере роста величины интегрального показателя загрязнения территории. При значениях этого показателя до 4 условных кг/га – эколого гигиеническая ситуация является малоопасной.

Потенциальную опасность (риск) использования пестицидов характеризует агроэкотоксикологический индекс (АЭТИ) со значением от 0 до 10, который рассчитывают по формуле:

$$\text{АЭТИ} = 10v \cdot (1 + v)^3 / ((1 + v)^4 + 5000). \quad (4.4)$$

Риск характеризуется АЭТИ следующим образом: если величина ЭТИ 0–1 – риск низкий; 1–4 – средний; 4–8 – повышенный; 8–10 – высокий.

### **Задачи для самостоятельного контроля знаний**

В сельскохозяйственном предприятии при выращивании сельскохозяйственных культур применяли различный ассортимент пестицидов. Используя исходные данные (таблица 4.3 и приложение 4), определить:

- массу применяемых пестицидов в препаративной форме и по действующему веществу;
- средневзвешенную степень опасности применяемого ассортимента пестицидов;
- уровень пестицидной нагрузки на землях сельскохозяйственного предприятия;

- степень возможного загрязнения земель пестицидами;
- потенциальную опасность (риск) использования пестицидов.

Полученные данные записать по форме таблицы. Сделать выводы относительно типа экологической ситуации, которая сложилась на территории сельскохозяйственного предприятия, и величины риска использования пестицидов.

Пример выполнения задач.

В сельскохозяйственном предприятии при выращивании сельскохозяйственных культур применяли различный ассортимент пестицидов. Используя исходные данные (таблица 4.3 и приложение 4), определить:

- массу применяемых пестицидов в препаративной форме и по действующему веществу;
- средневзвешенную степень опасности применяемого ассортимента пестицидов;
- уровень пестицидной нагрузки на землях сельскохозяйственного предприятия;
- степень возможного загрязнения земель пестицидами;
- потенциальную опасность (риск) использования пестицидов.

Полученные данные записать по форме таблицы. Сделать выводы относительно типа экологической ситуации, которая сложилась на территории сельскохозяйственного предприятия, и величины риска использования пестицидов.

Исходные данные к выполнению задачи

Название сельскохозяйственного предприятия	СПК «Погорье»
Площадь, на которой применяли пестициды, га	100
Препараты (порядковые номера из таблицы 4.3)	Акробат МЦ, Глисол, Ридомил МЦ
Норма расхода препарата, кг(л) (таблица 4.3)	
Акробат МЦ	2,0
Глисол	5,2
Ридомил МЦ	2,5
Содержание действующего вещества, % (таблица 4.3)	
Акробат МЦ	69
Глисол	36
Ридомил МЦ	72
Интегральная степень опасности препарата (таблица 4.3)	
Акробат МЦ	6
Глисол	4
Ридомил МЦ	6
Индекс самоочищения территории	0,50

1. Определяем массу применяемых пестицидов в препаративной форме и по действующему веществу:

а) определяем массу фунгицида Акробат МЦ в препаративной форме в расчете на площадь 100 га:

$$m_{1п} = 2 \cdot 100 = 200 \text{ кг (л)}.$$

б) определяем массу фунгицида Акробат МЦ по действующему веществу в расчете на площадь 100 га:

$$m_{1др} = (2 \cdot (69/100)) \cdot 100 = 138 \text{ кг (л)}.$$

в) определяем массу гербицида Глисол в препаративной форме в расчете на площадь 100 га:

$$m_{2п} = 5,2 \cdot 100 = 520 \text{ кг (л)}.$$

г) определяем массу гербицида Глисол по действующему веществу в расчете на площадь 100 га:

$$m_{2др} = (5,2 \cdot (36/100)) \cdot 100 = 187,2 \text{ кг (л)}.$$

д) определяем массу фунгицида Ридомил МЦ в препаративной форме в расчете на площадь 100 га:

$$m_{3п} = 2,5 \cdot 100 = 250 \text{ кг (л)}.$$

е) определяем массу фунгицида Ридомил МЦ по действующему веществу в расчете на площадь 100 га:

$$m_{3др} = (2,5 \cdot (72/100)) \cdot 100 = 180 \text{ кг (л)}.$$

2. Определяем суммарный расход пестицидов в препаративной форме в расчете на площадь 100 га:

$$M_{сп} = 200 + 520 + 250 = 970 \text{ кг (л)}.$$

3. Определяем суммарный расход пестицидов по действующему веществу в расчете на площадь 100 га:

$$M_{сдр} = 138 + 187,2 + 180 = 505,2 \text{ кг (л)}.$$

4. Воспользовавшись формулой (4.1), определяем средневзвешенную степень опасности пестицидов (по препаративной форме):

$$C_{нс} = \frac{6 \cdot 200 + 4 \cdot 520 + 6 \cdot 250}{970} = 4,93$$

5. Воспользовавшись формулой (4.1), определяем средневзвешенную степень опасности пестицидов (по действующему веществу):

$$C_{\text{нс}} = \frac{6 \cdot 138 + 4 \cdot 187,2 + 6 \cdot 180}{505,2} = 5,26$$

6. Воспользовавшись формулой (4.2), определяем уровень пестицидной нагрузки на территорию СПК «Погорье» по величине экотоксикологической дозы (по препаративной форме):

$$D_{\text{экт}} = 970/100 = 9,7 \text{ кг (л)/га.}$$

7. Воспользовавшись формулой (2), определяем уровень пестицидной нагрузки на территорию СПК «Погорье» по величине экотоксикологической дозы (по действующему веществу):

$$D_{\text{экт}} = 505,2/100 = 5,05 \text{ кг (л)/га.}$$

8. Воспользовавшись формулой (4.3), определяем вероятное загрязнение земель пестицидами (по препаративной форме):

$$v = 9,7/(4,93 \cdot 0,5) = 3,94 \text{ кг (л)/га.}$$

9. Воспользовавшись формулой (4.3), определяем вероятное загрязнение земель пестицидами (по действующему веществу):

$$v = 5,05/(5,26 \cdot 0,5) = 1,92 \text{ кг (л)/га.}$$

10. Воспользовавшись формулой (4.4), определяем агроэкоксикологический индекс для территории СПК «Погорье» (по препаративной форме):

$$\text{АЭТИ} = \frac{10 \cdot 3,94 \cdot (1 + 3,94)^3}{(1 + 3,94)^4 + 5000} = 0,85.$$

11. Воспользовавшись формулой (4), определяем агроэкоксикологический индекс для территории СПК «Погорье» (по действующему веществу):

$$\text{АЭТИ} = \frac{10 \cdot 1,92 \cdot (1 + 1,92)^3}{(1 + 1,92)^4 + 5000} = 0,094.$$

Таблица. Уровень пестицидной нагрузки на земли сельскохозяйственного назначения СПК «Погорье»

Масса пестицидов, кг (л)л		Пестицидная нагрузка, кг/га		Средневзвешенная степень опасности пестицидов		Вероятное загрязнение земель, кг/га		Агрэкотоксико логический индекс	
препаративная форма	действующее вещество	препаративная форма	действующее вещество	препаративная форма	действующее вещество	препаративная форма	действующее вещество	препаративная форма	действующее вещество
970	505,2	9,7	5,05	4,93	5,26	3,94	1,92	0,85	0,094

Вывод: исходя из результатов произведенных расчетов, потенциальный уровень загрязнения земель сельскохозяйственного назначения СПК «Погорье» оценивается как низкий.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ВСЛЕДСТВИЕ УТЕЧКИ ИЛИ ВЫБРОСА ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

Цель выполнения работы: ознакомиться с методикой прогнозирования загрязнения почвы вследствие утечки (выброса) опасных химических веществ при авариях на промышленных объектах и транспорте.

Задачи работы: научиться осуществлять долгосрочное (оперативное) и аварийное прогнозирования загрязнения почвы вследствие утечки (выброса) опасных химических веществ при авариях на промышленных объектах и транспорте.

### **Общие сведения**

Трансграничное загрязнение почв – одна из важных проблем решение которой даст возможность предотвратить загрязнение земель и деградацию земельных ресурсов. Различают одностороннее и двустороннее трансграничное загрязнение. Первое имеет место в случае, если эколого-экономические убытки наносятся соседнему государству, тогда как государство-эмитент загрязнения их не терпит, а второе – когда про-

исходит обмен загрязнением между двумя приграничными государствами.

Одним из важных инструментов предотвращения трансграничного загрязнения почв является долгосрочное и аварийное прогнозирование загрязнения почвы вследствие утечки (выброса) опасных химических веществ при авариях на промышленных объектах и транспорте. Методика прогнозирования применяется только для опасных химических веществ (ОХВ), которые хранятся в газообразном или жидком состоянии и которые в момент выброса или утечки переходят в газообразное состояние и создают первичное и/или вторичное облако загрязнения. Она может быть использована для долгосрочного (оперативного) и аварийного прогнозирования при авариях на химически опасных объектах (ХОО) и транспорте, а также для определения степени химической опасности ХОО и административно-территориальных единиц (таблица 5.1).

Таблица 5.1. Критерии классификации административно-территориальных единиц и химически опасных объектов (кроме железных дорог)

Название классифицируемого объекта	Критерии классификации	Численное значение, используемое при классификации ХОО и АТЕ для присвоения степени химической опасности			
		степень химической опасности			
		I	II	III	IV
Химически опасный объект	Количество населения, которое попадает в прогнозируемую зону химического загрязнения (ПЗХЗ) при аварии на химически опасном объекте, тыс. чел.	>3	<3 до 0,3	<0,3 до 0,1	<0,1
Химически опасная административно-территориальная единица	Часть территории, которая попадает в прогнозируемую зону химического загрязнения (ПЗХЗ) при аварии на химически опасном объекте, %	>50	>30 до 50	>10 до 30	<10

*Долгосрочное (оперативное) прогнозирование* осуществляется заранее для определения возможных масштабов загрязнения территории, в частности почв, расчета сил и средств, которые будут привлекаться для его ликвидации.

Для проведения долгосрочного (оперативного) прогнозирования используются следующие данные:

- общее количество ОХВ для объектов, расположенных в опасных

районах (в зонах провалов и карстов, подтопления, сейсмоопасных районах; в этом случае принимается условие, что разлив ОХВ осуществляется «свободно»;

- количество ОХВ в единичной максимальной технологической емкости для других объектов; в этом случае принимается разлив ОХВ «в поддон» или «свободно» в зависимости от условий хранения ОХВ;

- скорость ветра в приземном слое - 1 м/с;
- температура воздуха 20 0С;
- степень вертикальной устойчивости воздуха (СВУВ) – инверсия;
- направление ветра не учитывается;
- распространение облака загрязненного воздуха принимается для круга 3600;

- средняя плотность населения для местности;
- степень заполнения емкости (емкостей) принимается равной 70 % от паспортного объема емкости;

- принимается условие, что емкости с ОХВ при авариях разрушаются полностью;

- количество ЩХВ, которое может быть выброшено при авариях на продуктопроводах (аммиакопроводах) принимается равным ее количеству между отсекателями (для продуктопроводов объем ОХВ принимается равным 300–500 т).

Площадь зоны возможного химического загрязнения (ЗВХЗ) почвы, которая образуется в течении первых четырех часов после аварии, определяется по формуле:

$$S_{\text{звхз}} = 3,14\Gamma^2, \quad (5.1)$$

где  $\Gamma$  – глубина зоны возможного химического загрязнения почвы, км.

Площадь прогнозируемой зоны химического загрязнения (ПЗХЗ) почвы определяется по формуле:

$$S_{\text{пзхз}} = 0,11\Gamma^2. \quad (5.2)$$

Аварийное прогнозирование осуществляется непосредственно при возникновении аварии для определения возможных последствий аварии и порядка действий в зоне возможного загрязнения территории.

Для аварийного прогнозирования используются следующие данные:

- общее количество ОХВ на момент аварии в емкости (трубопроводе), на которой(ом) произошла авария;

- характер разлива ОХВ на подстилающей поверхности («свободно» или «в поддон»);

- высота обвалования (поддона);
- реальные метеорологические условия: температура воздуха (°С),

скорость ветра (м/с), направление ветра в приземном слое, степень вертикальной устойчивости воздуха СВУВ (инверсия, конвекция, изотермия) (таблица 5.2);

- средняя плотность населения для местности, над которой распространяется облако ОХВ;
- площадь зоны возможного химического загрязнения (ЗВХЗ) почвы;
- площадь прогнозируемой зоны химического загрязнения (ПЗХЗ) почвы.

Аварийное прогнозирование осуществляется на срок не более чем 4 часа, после чего прогноз должен быть уточнен.

Таблица 5.2. Ориентировочная оценка степени вертикальной устойчивости воздуха

Скорость ветра, м/с	День			Ночь		
	ясно	полюясно	облачно	ясно	полюясно	облачно
0,5	Конвекция		Инверсия			Изотермия
0,5–2,0						
2,1–4,0	Изотермия					
>4,0						

Примечание. Инверсия - такое состояние приземного слоя воздуха, при котором температура поверхности почвы меньше температуры воздуха на высоте 2 м от поверхности. Изотермия - такое состояние приземного слоя воздуха, при котором температура поверхности почвы ориентировочно равна температуре воздуха на высоте 2 м от поверхности. Конвекция - такое состояние приземного слоя воздуха, при котором температура поверхности почвы больше температуры воздуха на высоте 2 м от поверхности.

Зона возможного химического загрязнения (ЗВХЗ) при аварийном прогнозировании загрязнения почвы принимается равной сектору круга, форма и размер которого зависят от скорости и направления ветра, а площадь определяется по формуле:

$$S_{\text{звхз}} = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi, \quad (5.3)$$

где  $\varphi$  – коэффициент, условно равный угловому размеру зоны загрязнения почвы (таблица 5.3).

Таблица 5.3. Зависимость величины коэффициента  $\varphi$  от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	< 1	1	2	> 2
Коэффициент $\varphi$	360	180	90	45

Площадь прогнозированной зоны химического загрязнения почвы (СПЗХЗ, км<sup>2</sup>) определяется по формуле:

$$S_{\text{пзхз}} = K \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2}, \quad (5.4)$$

где  $K$  – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости воздуха (таблица 5.4);

$N$  – время, на которое рассчитывается прогнозируемая зона химического загрязнения почвы (ПЗХЗ).

Таблица 5.4. Зависимость коэффициента ( $K$ ), от степени вертикальной устойчивости воздуха

Инверсия	Изотермия	Конвекция
0,081	0,133	0,235

Ширина ПЗХЗ, км:  
при инверсии

$$Ш = 0,3 \cdot \Gamma^{0,6}, \quad (5.5)$$

при изотермии

$$Ш = 0,3 \cdot \Gamma^{0,75}, \quad (5.6)$$

при конвекции

$$Ш = 0,3 \cdot \Gamma^{0,95}. \quad (5.7)$$

Время подхода облака ОХВ ( $t$ , часов) к населенному пункту или возможной загрязняемой территории зависит от скорости перемещения загрязняющего вещества воздушным потоком и определяется по формуле:

$$t = x/V, \quad (5.8)$$

где  $x$  – расстояние от источника загрязнения до территории загрязнения, км;

$V$  – скорость перенесения переднего фронта загрязненного воздуха в зависимости от скорости ветра (таблица 5.5), км/час.

Таблица 5.5. Скорость переноса переднего фронта облака загрязненного воздуха в зависимости от скорости ветра и степени вертикальной устойчивости воздуха (СВУВ)

Скорость ветра, м/с									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Скорость перенесения переднего фронта облака загрязненного воздуха, км/час									
Инверсия									
5	10	16	21	–	–	–	–	–	–
Изотермия									
6	12	18	24	29	35	41	47	53	59
Конвекция									
7	14	21	28	–	–	–	–	–	–

Во время выполнения расчетов можно принять следующие допущения:

1. Для прогнозирования тип разлива «свободно» принимается, если вылитое ОХВ разливается по подстилающей поверхности почвы, не имеющей обвалования, при высоте слоя (h) не выше 0,05 м.

2. Разлив «в поддон» принимается тогда, когда вылитое ОХВ разливается по поверхности почвы, имеющей обвалование, при этом высота слоя разлитого ОХВ должна быть  $h = H - 0,2$  м, где H - высота обвалования.

3. При аварии с емкостями, содержащими количество ОХВ меньше низших пределов, указанных в таблицах приложений, глубины распространения рассчитываются методом интерполяции между нижним значением и нулем.

4. Все расчеты производятся на срок не более 4-х часов. После получения данных измерений с учетом всех коэффициентов полученное значение сравнивается с максимальным значением переноса воздушных масс за 4 часа, определяемое по формуле:

$$\Gamma = 4V. \quad (5.9)$$

Для дальнейшей работы берется наименьшее из двух значений, которые сравниваются. Глубины распространения для ОХВ, значение глубин распространения которых не указано в таблицах приложений, рассчитываются с использованием коэффициентов, приведенных в таблице 5.6. Для расчетов в этом случае берется значение глубины распространения облака загрязненного воздуха хлора, которое соответствует условиям, при которых произошла авария с ОХВ (скорость ветра, СВУВ, температура воздуха, количество ОХВ), и умножается на коэффициент, указанный в таблице 5.6 для данного ОХВ.

Структура потерь населения может распределяться следующим образом: легкие – до 25 %; средней тяжести – до 40 %; со смертельным

исходом – до 35 %.

Таблица 5.6. Переводные коэффициенты для различных ОХВ для определения глубины распространения облака загрязненного воздуха в случае аварии на химически опасных объектах и транспорте

Вид опасного химического вещества	Коэффициент
Анилин	0,01
Винил хлористый	0,01
Водород фтористый	0,31
Водород цианистый	0,97
Дивинил	0,01
Диметиламин	0,24
Этиленхлорангидрид	0,12
Этилмеркаптан	0,22
Этилхлорангидрид	0,12
Метиламин	0,24
Метил хлористый	0,06
Нитрил акриловой кислоты	0,79
Нитробензол	0,01
Оксид этилена	0,06
Оксиды азота	0,28
Олеум	0,08
Стирол	0,02
Тетраэтилсвинец	0,08
Фурфурол	0,01
Фосген	1,14

Исходя из конкретных условий, для которых разрабатывается прогноз загрязнения почвы, в расчеты вводят соответствующие корректирующие коэффициенты (таблицы 5.7–5.8).

Таблица 5.7. Коэффициенты уменьшения глубины распространения облака ОХВ при излиянии «в поддон»

Название ОХВ	Высота обвалования, м		
	1	2	3
Хлор	2,1	2,5	2,5
Аммиак	2,0	2,25	2,35
Серный ангидрид	2,5	3,0	3,1
Сероводород	1,6	–	–
Соляная кислота	4,6	7,4	10,0
Хлорпикрин	5,3	8,8	11,6
Формальдегид	2,1	2,3	2,5

Примечания. Если помещения, где хранятся ОХВ, герметично закрываются и оборудованы специальными ловушками, то соответствующий коэффициент увеличивается в 3 раза. В случае промежуточных значений высоты обвалования существующее значение высоты обвалования округляется до ближайшего.

**Таблица 5.8. В условиях городской застройки, сельского строительства или лесов глубина распространения облака загрязненного воздуха для каждого 1 км этих зон уменьшается на соответствующие коэффициенты**

Степень вертикальной устойчивости воздуха	Городская застройка	Лесные массивы	Сельская застройка
Инверсия	3,5	1,8	3,0
Изотермия	3,0	1,7	2,5
Конвекция	3,0	1,5	2,0

### Задания для самостоятельного выполнения

Задание 1. Провести долгосрочное (оперативное) прогнозирование загрязнения почвы для ниже определенных условий (приложение 5) и присвоить степень химической опасности химически опасному объекту и населенному пункту.

Пример выполнения задания. Необходимо провести долгосрочное (оперативное) прогнозирование возможного загрязнения почвы для ниже определенных условий и присвоить степень химической опасности химически опасному объекту и населенному пункту.

На химически опасном объекте, который расположен на расстоянии 9 км от населенного пункта, содержится 2 емкости с 50 и 100 т хлора. Вокруг емкостей построено обвалование высотой 2,3 м. Населенный пункт имеет длину 5 км и ширину 4 км, площадь населенного пункта составляет 18 км<sup>2</sup>, в нем проживает 12 тыс. чел.

1. Для оперативного прогнозирования возможного загрязнения почвы принимаются такие метеорологические условия: инверсия; скорость ветра – 1 м/с; температура воздуха +20 °С; направление ветра не учитывается, а площадь распространения облака загрязненного воздуха принимается равной кругу в 360°.

2. При оперативном прогнозировании возможного загрязнения почвы расчеты выполняются для максимального объема единичной емкости. В нашем случае это емкость объемом 100 т.

3. Используя сведения, приведенные в таблице 4 приложения 5, находим глубину распространения облака загрязненного воздуха, равную 82,2 км.

4. С учетом того, что емкость с ОХВ обвалована, принимаем для высоты обвалования 2,3 м (около 2 м) коэффициент уменьшения глубины, равной 2,4 (таблица 4.7).

5. Определяем глубину распространения загрязненного воздуха с учетом коэффициента уменьшения на обвалование емкости:

$$Г = 82,2/2,4 = 34,25 \text{ км.}$$

6. Определяем ширину зоны прогнозируемого химического загрязнения, которая для условий инверсии составляет:

$$Ш = 0,3 \cdot 34,25^{0,6} = 2,5 \text{ км.}$$

7. Площадь зоны прогнозируемого химического загрязнения почвы, проходящей через населенный пункт, определяется как произведение ширины зоны прогнозируемого химического загрязнения на ширину населенного пункта:

$$S_{\text{пзхз}}^{\text{НС}} = 2,5 \cdot 4 = 10 \text{ км}^2.$$

8. Определяем долю площади населенного пункта, которая окажется в зоне прогнозируемого химического загрязнения почвы. Поскольку площадь населенного пункта составляет  $18 \text{ км}^2$ , а площадь зоны прогнозируемого химического загрязнения почвы, проходящей через населенный пункт, составляет  $10 \text{ км}^2$ , получим:

$$S\text{Ч}_{\text{пзхз}}^{\text{НС}} = (10/18) \cdot 100 = 55,6 \text{ \%}.$$

9. Определяем количество населения, которое окажется в зоне прогнозируемого химического загрязнения почвы. Исходя из того, что в населенном пункте проживает 12 тыс. человек, а доля площади населенного пункта, которая окажется в зоне прогнозируемого химического загрязнения почвы, составляет 55,6 %, получим:

$$N_{\text{нас}} = (12500 \cdot 55,6)/100 = 6672 \text{ чел.}$$

10. Исходя из того, что структура потерь населения может распределяться следующим образом: легкие – до 25 %; средней тяжести – до 40 %; со смертельным исходом – до 35 %, определяем потери населения для конкретного населенного пункта:

- легкие потери составят:  $(6672 \cdot 25)/100 = 1668 \text{ чел.}$ ;
- потери средней тяжести составят:  $(6672 \cdot 40)/100 = 2669 \text{ чел.}$ ;
- потери со смертельным исходом составят:  $(6672 \cdot 35)/100 = 2335 \text{ чел.}$

11. Воспользовавшись формулой 5.8, определяем срок подхода облака загрязненного воздуха к населенному пункту и наступления загрязнения почвы. Исходя из того, что при скорости ветра 1 м/с и в условиях инверсии скорость переноса переднего фронта облака загрязненного воздуха составит 5 км/ч (таблица 5.4), получим:

$$t = 9/5 = 1,8 \text{ ч.}$$

12. Определяем зону возможного химического загрязнения почвы,

исходя из того, что для оперативного планирования величина  $\phi$  принимается равной 3600. Воспользовавшись формулой 5.3, получим:

$$S_{\text{вхз}} = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot 34,25^2 \cdot 360 = 3682,48 \text{ км}^2.$$

13. Определяем площадь прогнозируемой зоны химического загрязнения почвы исходя из того, что для оперативного планирования коэффициент  $K$ , который зависит от вертикальной устойчивости воздуха, принимается равным 0,081, а время  $N$ , на которое рассчитывается глубина ПЗХЗ, равно 4 часам. Воспользовавшись формулой 5.4, получим:

$$S_{\text{пзхз}} = 0,081 \cdot 34,25^2 \cdot 4^{0,2} = 125,38 \text{ км}^2.$$

14. Используя сведения, приведенные в таблице 5.1, проводим приращении степени химической опасности химически опасному объекту и населенному пункту:

– степень химической опасности химически опасного объекта – I, поскольку количество населения, оказавшегося в зоне прогнозируемого химического загрязнения почвы, составляет более 3 тысяч человек;

– степень химической опасности населенного пункта – I, поскольку доля территории, попадающей в прогнозируемую зону химического загрязнения почвы при аварии на химически опасном объекте, составляет более 50 %.

Задание 2. На ХОО, который расположен вне пределов населенного пункта, случился свободный выброс на поверхность опасного химического вещества – хлора в количестве 100 тонн. Выброс на поверхность свободный. На пути распространения облака загрязненного воздуха расположен лесной массив и сельский населенный пункт. Выполнить расчеты для аварийного прогнозирования площади загрязнения почвы.

Пример расчетов 2: На ХОО, который расположен за пределами населенного пункта, произошел выброс хлора в количестве 100 тонн. Выброс на поверхность свободный. На расстоянии 2 км от очага поражения расположен лесной массив глубиной 3 км; на расстоянии 6 км от очага поражения в перпендикулярном направлении расположен населенный пункт (городская застройка), имеющий ширину 5 км и глубину 4 км, в котором проживает 12 тыс. человек. Площадь населенного пункта составляет 18 км<sup>2</sup>. На время выброса сложились следующие метеорологические условия: температура воздуха 25 °С, изотермия, скорость ветра – 1 м/с, направление – северо-восточный. Выполнить расчеты для аварийного прогнозирования загрязнения почвенного покрова.

1. Учитывая то, что очаг поражения расположен в 2 км от леса, на

протяжении 2 км загрязненный воздух будет распространяться беспрепятственно.

2. Коэффициент уменьшения глубины распространения загрязненного воздуха с учетом в качестве препятствия лесного массива для условий изотермии составляет 1,7, а с учетом в качестве препятствия населенного пункта – 3,0.

3. Определяем глубину распространения загрязненного воздуха на территории лесного массива с учетом коэффициента уменьшения:

$$\Gamma = 3 \cdot 1,7 = 5,1 \text{ км.}$$

4. Определяем глубину распространения загрязненного воздуха на территории населенного пункта с учетом коэффициента уменьшения:

$$\Gamma = 4 \cdot 3,0 = 12 \text{ км.}$$

5. Используя сведения, приведенные в таблице 5 приложения 5, и данные о метеорологических условиях, которые сложились на время выброса, находим глубину распространения облака загрязненного воздуха, равную 32,5 км.

6. Определяем общую глубину распространения загрязненного воздуха с учетом препятствий:

$$\Gamma = 32,5 - 5,1 - 12,0 = 15,4 \text{ км.}$$

Задание 3. Вследствие аварии на ХОО на местности случился свободный разлив хлора. Направление ветра 600 (юго-восточный). Осуществить аварийное прогнозирование площади загрязнения почвы.

Пример расчетов 3. В результате аварии на ХОО на территории разлилось 10 тонн хлора. На время выброса сложились следующие метеорологические условия: скорость ветра – 2 м/с, инверсия, температура воздуха +20 °С. Направление ветра 600 (южный). Выполнить расчеты для аварийного прогнозирования загрязнения почвенного покрова.

1. Используя сведения, приведенные в таблице 4 приложения 5, и данные о метеорологических условиях, которые сложились на время выброса, находим глубину распространения облака загрязненного воздуха, равную 11,3 км.

2. Исходя из того, что скорость ветра на время выброса ОХВ составляла 2 м/с, для аварийного прогнозирования загрязнения почвы величина  $\varphi$  принимается равной 90°.

3. Определяем зону возможного химического загрязнения почвы. Воспользовавшись формулой 5.3, получим:

$$S_{\text{звхз}} = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot 11,3^2 \cdot 90 = 100,21 \text{ км}^2.$$

4. Определяем площадь прогнозируемой зоны химического загрязнения почвы, исходя из того, что для аварийного прогнозирования коэффициент  $K$ , который зависит от вертикальной устойчивости воздуха, принимается равным 0,081 (таблица 3), а время  $N$ , на которое рассчитывается глубина ПЗХЗ, равно 4 часам. Воспользовавшись формулой 5.4, получим:

$$S_{\text{пзхз}} = 0,081 \cdot 11,3^2 \cdot 4^{0,2} = 13,648 \text{ км}^2.$$

5. Используя сведения, приведенные таблице 10 приложения 5, определяем срок действия источника загрязнения для хлора, равный 1,12 часа.

6. Определяем ширину зоны прогнозируемого химического загрязнения почвы, которая для условий инверсии составляет:

$$Ш = 0,3 \cdot 11,3^{0,6} = 1,29 \text{ км}.$$

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6 МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

Цель выполнения работы: ознакомиться с методикой мониторинга загрязнения тяжелыми металлами почвенного покрова земель в пределах агро- и урболандшафтов с помощью определения ряда геохимических коэффициентов.

Задачи работы:

- 1) освоить методику мониторинга загрязнения тяжелыми металлами почвенного покрова земель в пределах агро- и урболандшафтов;
- 2) оценить уровень загрязнения тяжелыми металлами почвенного покрова в пределах агро- и урболандшафтов с помощью определения ряда геохимических коэффициентов.

### **Общие сведения**

Тяжелые металлы (ТМ) – это химические элементы периодической системы Д. И. Менделеева, атомная масса которых превышает 50 атомных единиц массы, а удельный вес составляет выше  $5 \text{ г/см}^3$ . К их числу относят более 40 элементов, среди которых наиболее распространенными являются: Pb, Zn, Cd, Hg, Cu, Mo, Mn, Ni, Sn, Co и др. Также к тяжелым металлам часто относят элементы-неметаллы, а иногда даже элементы, атомная масса которых меньше 50 атомных единиц массы, например, Al.

Среди ТМ много микроэлементов, которые являются необходимыми

и незаменимыми компонентами биокатализаторов и биорегуляторов важнейших физиологических процессов, входят в состав отдельных белковых комплексов (ферментов) или активизируют их деятельность. Однако много микроэлементов, включая жизненно необходимые для живых организмов, в аномально высоких концентрациях токсичны для растений, животных и человека, что свидетельствует об определяющем значении концентрации элемента в почве и форм его соединений. Согласно ГОСТ 17.4.1.02-83 «Охрана природы. Почвы. Классификация загрязняющих веществ для контроля загрязнения» по степени опасности для живых организмов тяжелые металлы разделяют на три класса (таблица 6.1).

Таблица 6.1. **Классы опасности загрязняющих веществ**

№ класса	Название класса	Элемент
I	Высоко опасные	Hg, Cd, Pb, Zn, As, Se, F
II	Умеренно опасные	Cu, Co, Ni, Mo, Cr, B, Sb
III	Мало опасные	V, W, Mn, Sr, Ba

Мониторинг земель (почв), загрязненных тяжелыми металлами, представляет собой систему наблюдений за состоянием и изменением почвенного покрова под влиянием химических загрязнителей, которая обеспечивает сбор и обработку получаемой информации в целях своевременного выявления негативных процессов, прогнозирования их развития, предотвращения вредных последствий и определения степени эффективности мероприятий, направленных на рациональное использование и охрану земель.

Объектами мониторинга являются 1792 пункта наблюдений на землях сельскохозяйственного назначения, населенных пунктов, промышленности и транспорта (рис. 6.1).

Мониторинг почв населенных пунктов и промышленных зон проводится на территории 44 городов – областных центров, городов с населением 50 и более тыс. человек, а также городов с населением менее 50 тыс., в которых сосредоточены крупные промышленные предприятия (Кричев, Белоозерск, Новолукомль (и зоны влияния выбросов Белоозерской и Лукомской ГРЭС), Волковыск, Калинковичи, Лунинец, Костюковичи и др.). В общей сложности 1494 пункта наблюдения расположены в различных функциональных зонах городов. Мониторинг загрязнения тяжелыми металлами почв придорожных полос автодорог проводится на 23 почвенных профилях (92 пункта наблюдения) в зонах влияния автомобильных дорог республиканского значения с разной интенсивностью движения транспортных средств и продолжительностью эксплуатации дорог не менее 20 лет.



Рис. 6.1. Пункты мониторинга химического загрязнения почв в Республике Беларусь

Методика мониторинга земель (почв), загрязненных тяжелыми металлами, регламентируется ТКП 17.13-02-2013 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование Земли. Правила и порядок определения загрязнения земель (включая почвы) химическими веществами».

Отбор проб, проведение измерений и определение площади, глубины и степени загрязнения земель проводятся с целью контроля соблюдения требований законодательства в области охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов, в том числе в целях определения размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде. Отбор проб производится в любое время года за исключением периода промерзания почвы. Исключения составляют аварийные ситуации, когда отбор проб производится на момент возникновения аварийной ситуации. Отбор проб и проведение измерений осуществляются испытательными лабораториями (центрами) Минприроды или другими испытательными лабораториями, аккредитованными в Национальной системе аккредитации Республики Беларусь в установленном законодательством порядке в соответствии с СТБ ИСО/МЭК 17025.

Пробные площадки устанавливаются на контролируемой территории, местоположение и границы которых определяются до начала отбора проб в соответствии со схемой отбора. Для целей аналитического контроля, осуществляемого организациями, подчиненными Минприроды, местоположение и границы контролируемой территории определяются территориальными органами Минприроды. В случае аварийной ситуации местоположение и граница контролируемой территории определяется одновременно с установлением местоположения и границ

пробных площадок и отбором проб.

Установление местоположения пробных площадок производится представителями испытательной лаборатории (центра), осуществляющей отбор проб, в следующей последовательности. Вначале выполняется территориальная привязка и нанесение границ контролируемой территории на планово-картографическую основу (топографическую карту, план местности, схему) с использованием местных ориентиров (зданий или сооружений, дорог, телеграфных столбов, границ полей (для сельскохозяйственных земель), кварталов (для жилой застройки), кварталов или выделов (для лесных земель)). Планово-картографическая основа предоставляется землевладельцем или землепользователем, на территории землевладения или землепользования которого производится контроль загрязнения земель.

При отсутствии планово-картографической основы или невозможности ее получения (в случае аварийной ситуации) лицом, осуществляющим отбор проб, производится глазомерная съемка местности с последующим составлением схемы и нанесением на нее границ контролируемой территории (с территориальной привязкой к местным ориентирам). При визуальном диагностируемом загрязнении размеры контролируемой территории должны превышать площадь визуального диагностируемого загрязнения.

Территориальная привязка местоположения контролируемой территории проводится с точностью до 1,0 м методом засечек или с использованием средств глобального позиционирования. Масштаб планово-картографической основы зависит от размеров контролируемой территории.

Далее выполняется:

- определение (уточнение) характера источника загрязнения (при его наличии) и его местоположения по отношению к контролируемой территории с последующим нанесением на планово-картографическую основу;

- оценка рельефа местности с выделением пониженных или повышенных участков рельефа, естественных и искусственных границ, недоступных для отбора проб участков, с нанесением на планово-картографическую основу;

- определение местоположения пробных площадок и их нанесение на планово-картографическую основу (схему). Форма пробных площадок должна приближаться к квадрату или прямоугольнику.

При наличии визуального диагностируемого загрязнения загрязненный участок должен жаться к квадрату или прямоугольнику. В таком случае он должен располагаться в границах одной пробной площадки.

Местоположение и конфигурация других пробных площадок определяется после определения местоположения пробной площадки с визуально диагностируемым загрязненным участком. Количество пробных площадок определяется площадью контролируемой территории в соответствии с табл. 6.2. Количество проб, отбираемых на пробной площадке, составляет не менее 5 точечных проб.

Таблица 6.2. **Определение количества пробных площадок в зависимости от площади контролируемой территории**

Площадь контролируемой территории, м <sup>2</sup>	Количество пробных площадок, шт
Менее 1000	Не менее 2
1000–3000	Не менее 4
3001–5000	Не менее 10
5001–10000	Не менее 16
Более 10000	Не менее 20

При площади контролируемой территории менее 100 м вся контролируемая территория приравнивается к одной пробной площадке. Отбор проб производится равномерно по всей контролируемой территории.

При сложной конфигурации контролируемой территории количество пробных площадок может быть любым.

Интервалы глубин контролируемых слоев на пробных площадках составляют. 0–19,9 см, 20,0–50,0 см; 50,1–100,0 см; 100,1–150,0 см, от 150,1 см и глубже с интервалами 50 см.

При расположении контролируемой территории в охранной зоне действующих подземных газопроводов, нефтепроводов, кабелей связи, электрических кабелей, находящихся под напряжением, отбор проб с глубины 50,1 см и более производится при наличии письменного разрешения организаций, эксплуатирующих эти подземные коммуникации. К разрешению должен быть приложен план с указанием расположения и глубины заложения коммуникаций. На участках с возможным патогенным заражением почвы (места размещения отходов, скотомогильники, кладбища) земляные работы проводятся при наличии разрешения органов государственного санитарного надзора.

Отбор проб производится на каждой пробной площадке при соблюдении следующих условий:

- на пробной площадке производится отбор точечных проб методом конверта, при условии, что все точки отбора должны находиться внутри пробной площадки;

- отбор точечной пробы производится любым пробоотборным инструментом, позволяющим отобрать землю из контролируемого слоя;
- точечная проба формируется из всего контролируемого слоя земли, отобранного из фиксированного интервала глубин;
- масса точечной пробы должна составлять не менее 0,2 кг.

При отсутствии визуально диагностируемого загрязнения отбор точечных проб производится из контролируемого слоя с интервалом глубин 0-19,9 см. При визуально диагностируемом загрязнении отбор точечных проб производится на глубину визуально диагностируемого загрязнения с учетом интервалов глубин.

При выявлении загрязнения в отобранном контролируемом слое земли на пробной площадке производится дополнительный отбор проб из нижележащего контролируемого слоя. Дополнительный отбор проводится не позднее 30 дней с даты утверждения протокола проведения измерений (за исключением веществ, испаряющихся при температуре окружающей среды, для которых повторный отбор не производится). Если дополнительный отбор не выявил загрязнение, то отбор последующих нижележащих контролируемых слоев не производится.

Отобранные точечные пробы для транспортировки в испытательную лабораторию помещаются в контейнеры (полиэтиленовые пакеты, стеклянные банки или иные емкости), которые должны:

- быть изготовлены из материалов, исключающих потери веществ, испаряющихся при температуре окружающей среды, и потери, возникающие в результате реакции веществ на свет;
- исключать возможность загрязнения проб;
- быть устойчивыми к температурам ниже 0 °С;
- иметь маркировку.

В лабораторная условиях из точечных проб формируется объединённая проба при соблюдении следующих условий:

- до формирования объединённой пробы из точечных проб удаляются камни, обломки материалов техногенного происхождения (стекла, кирпича, бетона, асфальта и пр.), крупные остатки растительности;
- объединённая проба формируется путем смешивания равных долей (по массе) точечных проб, отобранных на одной пробной площадке из одного слоя земли;
- масса объединённой пробы должна составлять не менее 1,0 кг;
- формирование объединённой пробы производится путем смешивания на полиэтиленовой пленке равных долей точечных проб посредством многократного квартования.

Для расчета площади, глубины и степени загрязнения земель устанавливаются категория и вид земель (для населенных пунктов – также

функциональная зона), в пределах которых располагается контролируемая территория.

Расчет площади, глубины и степени загрязнения земель проводится по результатам проведения измерений проб и оценки уровня их загрязнения путем сравнения фактических значений содержания химических веществ, полученных в результате измерений, с действующими на момент обследования ПДК/ОДК или значением фоновой концентрации химических веществ (при отсутствии установленных ПДК/ОДК).

Расчет площади, глубины и степени загрязнения земель производят в следующей последовательности:

- подготовка планово-картографической основы (для каждого контролируемого слоя);

- нанесение на планово-картографическую основу границы контролируемой территории (в масштабе), местоположения и порядкового номера пробных площадок (точек отбора) и значения кратности превышения норматива ПДК/ОДК или фоновой концентрации контролируемого химического вещества (при отсутствии установленного норматива ПДК/ОДК) на каждой пробной площадке (для каждого контролируемого слоя);

- определение степени загрязнения земель на каждой пробной площадке (для каждого контролируемого слоя);

- расчет площади земель с различной степенью загрязнения для каждого контролируемого слоя, при этом площади пробных площадок с одинаковой степенью загрязнения земель суммируются (для каждого контролируемого слоя).

Для химических веществ, для которых установлены ПДК/ОДК валовых и подвижных форм их нахождения в землях, оценка степени загрязнения производится по наибольшему значению превышения норматива ПДК/ОДК.

В случае загрязнения земель на одной пробной площадке несколькими химическими веществами используется суммарный показатель кратности превышения норматива ПДК/ОДК, а при их отсутствии - показатель кратности превышения фоновой концентрации.

Суммарный показатель кратности рассчитывается по формуле:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1), \quad (6.1)$$

где:  $K_c$  – коэффициент, рассчитываемый как отношение содержания  $i$ -ого химического вещества в землях на контролируемой территории к нормативу ПДК/ОДК данного вещества, а при его отсутствии – к показателю фоновой концентрации;

n – число учитываемых химических веществ, превышающих нормативы ПДК/ОДК химических веществ, а при их отсутствии – показатель фоновой концентрации.

Загрязненные земли по степени загрязнения делятся на:

- низкой степени загрязнения – при превышении нормативов ПДК/ОДК химических веществ или  $Z_c$  от более 1,0 до 5,0 раз или при превышении показателя фоновой концентрации от более 2,0 до 10,0 раз;

- средней степени загрязнения – при превышении нормативов ПДК/ОДК химических веществ или  $Z_c$  от более 5,0 до 20,0 раз или при превышении показателя фоновой концентрации от более 10,0 до 40,0 раз;

- высокой степени загрязнения – при превышении нормативов ПДК/ОДК химических веществ или  $Z_c$  от более 20,0 до 50,0 раз или при превышении показателя фоновой концентрации от более 40,0 до 100,0 раз;

- очень высокой степени загрязнения - при превышении нормативов ПДК/ОДК химических веществ или  $Z_c$  более чем в 50 раз или при превышении показателя фоновой концентрации более чем в 100,0 раз.

Результаты отбора проб и проведения измерений оформляются такими документами:

- схемой отбора проб;

- актом отбора проб;

- протоколом проведения измерений содержания загрязняющих веществ в пробах;

- сводной ведомостью результатов проведения измерений содержания химических веществ в пробах земель (почв).

Схема отбора содержит следующую информацию:

- масштаб;

- местоположение и граница контролируемой территории;

- местоположение пробных площадок и точек отбора проб с указанием порядковых номеров пробных площадок (точек отбора проб).

### **Задание для самостоятельного выполнения**

Используя исходные данные, приведенные в приложении 6, выполнить следующие действия:

1. Определить уровни обеспеченности почвы валовыми формами элементов, используя сведения о содержании элементов в верхнем горизонте урбанопочвы и информацию, приведенную в таблице 6.3.

2. Определить уровни обеспеченности почвы подвижными формами элементов, используя сведения о содержании элементов в верхнем горизонте урбанопочвы и информацию, приведенную в таблице 6.4.

Таблица 6.3. Справочные данные для определения уровня обеспеченности почвы валовыми формами микроэлементов

Уровень содержания	Валовое содержание элемента, мг/кг почвы			
	Pb	Cd	Zn	Cu
Очень низкий	<5	<0,05	<15	<5
Низкий	5–10	0,05–0,1	15–30	5–15
Средний	10–35	0,10–0,25	30–70	15–50
Повышенный	35–70	0,25–0,50	70–100	50–80
Высокий	70–100	0,5–1,0	100–150	80–100
Слабо загрязненная	100–150	1–2	150–200	100–150
Средне загрязненная	150–500	2–5	200–500	150–250
Сильно загрязненная	500–1000	5–10	500–1000	250–500
Очень сильно загрязненная	>1000	>10	>1000	>500

Таблица 6.4. Справочные данные для определения уровня обеспеченности почвы подвижными формами микроэлементов

Обеспеченность	Содержание в почве, мг/кг		
	Cu	Zn	Co
Для растений невысокого выноса			
Низкая	0,10	1,0	0,07
Средняя	0,10–0,20	1,0–2,0	0,07–0,15
Высокая	0,20	2,0	0,15
Для растений повышенного выноса			
Низкая	0,20	2,0	0,15
Средняя	0,20–0,50	2,0–5,0	0,15–0,30
Высокая	0,50	5,0	0,30
Для растений высокого выноса			
Низкая	0,50	5,0	0,30
Средняя	0,50–1,0	5,0–10,0	0,30–0,70
Высокая	1,0	10,0	0,70

3. Рассчитать коэффициенты опасности содержания валовых и подвижных форм тяжелых металлов во всех горизонтах урбанопочвы, используя исходные данные и сведения, приведенные в таблице 6.5. Результаты расчетов записать по форме таблицы 6.6. Сделать соответствующие выводы.

Коэффициент опасности содержания валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почве рассчитывается как соотношение между концентрацией загрязнителей и их предельно допустимой концентрацией по формуле:

$$K_{\text{оп}} = \frac{C_i}{\text{ГДК}} \quad (6.2)$$

где:  $C_i$  – концентрация  $i$ -того загрязняющего вещества, мг/кг;

ПДК – предельно допустимая концентрация  $i$  -того загрязняющего вещества, мг/кг.

С помощью коэффициента опасности оценивают степень опасности содержания элемента-загрязнителя в почве. Если величина данного коэффициента меньше единицы, опасность загрязнения почвы отсутствует, если больше единицы - существует опасность загрязнения.

Таблица 6.5. Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов в почве, мг/кг

Название элемента	ПДК валовых форм	ПДК подвижных форм
Cu	55	3
Zn	100	23
Pb	32	6
Cd	3	0,7
Co	5	0,5

Таблица 6.6. Величина коэффициента опасности содержания валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почве

Место расположения земельного участка	Генетический горизонт	Коэффициент опасности, $K_{оп}$									
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co	
		валовые формы	подвижные формы	валовые формы	подвижные формы	валовые формы	подвижные формы	валовые формы	подвижные формы	валовые формы	подвижные формы
Лесопарковая зона города	Ud										
	Uih										
	U										
	P										

4. Определить частицу техногенности тяжелых металлов (ЧТМ). Результаты расчетов записать по форме таблиц 6.7 и 6.8. Сделать соответствующие выводы.

Для оценки величины техногенной составляющей в общем содержании валовой формы того или иного тяжелого металла в почве используют такой показатель, как частица техногенности элемента.

Доля техногенности тяжелых металлов рассчитывается с помощью коэффициента обогащенности почвы (КОМ). Чтобы определить его, нужно содержание валовых форм тяжелых металлов в верхнем горизонте разделить на содержание алюминия в верхнем горизонте, а содер-

жание валовых форм тяжелых металлов в нижнем горизонте соответственно на содержание алюминия в нижнем горизонте:

$$\text{ЧТМ} = 100[(\text{КОМ} - 1)/\text{КОМ}], \quad (6.3)$$

где КОМ – коэффициента обогащенности почвы тяжелыми металлами, определяемый по формуле:

$$\text{КОМ} = (\text{Me}_{\text{верх. гор.}}/Al_{\text{верх. гор.}})/(\text{Me}_{\text{нижн. гор.}}/Al_{\text{нижн. гор.}}), \quad (6.4)$$

где:  $\text{Me}_{\text{верх. гор.}}$  и  $\text{Me}_{\text{нижн. гор.}}$  – содержание валовых форм тяжелых металлов соответственно в верхнем и нижнем горизонте;

$Al_{\text{верх. гор.}}$  и  $Al_{\text{нижн. гор.}}$  – содержание алюминия соответственно в верхнем и нижнем горизонте.

Высокой считается техногенность при  $\text{ЧТМ} > 75 \%$ ; средней – при  $50 \% < \text{ЧТМ} < 75 \%$ ; низкой – при  $\text{ЧТМ} < 50 \%$ .

Таблица 6.7. Коэффициент обогащенности почвы тяжелыми металлами

Место расположения земельного участка	Генетический горизонт	Содержание элемента в почве, мг/кг						$\text{ВФ}_{\text{Al}}$ мг/кг				
		Cu		Zn		Pb			Cd		Co	
		$\text{ВФ}_{\text{Cu}}$	$\frac{\text{ВФ}_{\text{Cu}}}{\text{ВФ}_{\text{Al}}}$	$\text{ВФ}_{\text{Zn}}$	$\frac{\text{ВФ}_{\text{Zn}}}{\text{ВФ}_{\text{Al}}}$	$\text{ВФ}_{\text{Pb}}$	$\frac{\text{ВФ}_{\text{Pb}}}{\text{ВФ}_{\text{Al}}}$		$\text{ВФ}_{\text{Cd}}$	$\frac{\text{ВФ}_{\text{Cd}}}{\text{ВФ}_{\text{Al}}}$	$\text{ВФ}_{\text{Co}}$	$\frac{\text{ВФ}_{\text{Co}}}{\text{ВФ}_{\text{Al}}}$
Лесопарковая зона города	Ud											
	P											
КОМ												
КОМ-1												
(КОМ-1)/КОМ												
(КОМ-1)/КОМ·100												

Таблица 6.8. Частица техногенности тяжелых металлов

Название элемента	ЧТМ, %	Уровень техногенности
Cu		
Zn		
Pb		
Cd		
Co		

5. Определить индекс насыщенности почвы тяжелыми металлами Me (для каждого элемента и суммарный). Результаты расчетов записать по форме таблиц 6.9–6.11. Сделать соответствующие выводы.

Индекс насыщенности почвы (для каждого элемента и суммарный) определяется для каждого генетического горизонта и материнской породы. Рассчитывают его как соотношение содержания подвижных форм элемента к фоновому содержанию этого же элемента, из которого извлекается корень, равный числу исследуемых элементов. Для расчетов используют формулу:

$$M_e = \sqrt[n]{(C_1/C_{f1}) \cdot (C_2/C_{f2}) + \dots + (C_n/C_{fn})}, \quad (6.5)$$

где:  $C_1, C_2, C_n$  – содержание подвижных форм элементов в почве, мг/кг;  
 $C_{f1}, C_{f2}, \dots, C_{fn}$  – значение регионального фона элементов о почве, мг/кг;

$n$  – количество исследуемых элементов.

При расчетах, производимых для одного элемента, формула упрощается и приобретает следующий вид

$$M_e = \sqrt{C_1/C_{f1}}. \quad (6.6)$$

Отношение  $C/C_f$  является не чем иным, как коэффициентом концентрации элемента в почве  $K_p$ , величину которого используют для определения суммарного показателя загрязнения почвы.

Значение индекса насыщенности в пределах 0,9–1,1 свидетельствует о состоянии равновесия между миграцией и аккумуляцией элемента (тов), меньше 0,9 – свидетельствует о преобладании выноса элементов, а больше 1,1 – об аккумуляции элементов.

Таблица 6.9. Величина коэффициента концентрации тяжелых металлов в почве

Место расположения земельного участка	Генетический горизонт	Содержание элемента в мг/кг и коэффициент его концентрации									
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co	
		ПФ	$K_p$	ПФ	$K_p$	ПФ	$K_p$	ПФ	$K_p$	ПФ	$K_p$
Лесопарковая зона города	Ud										
	Uih										
	U										
	P										

Таблица 6.10. Величина коэффициента концентрации тяжелых металлов в почве

Место расположения земельного участка	Генетический горизонт	Насыщенность почвы									
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co	
		K <sub>p</sub>	M <sub>e</sub>	K <sub>p</sub>	M <sub>e</sub>	K <sub>p</sub>	M <sub>e</sub>	K <sub>p</sub>	M <sub>e</sub>	K <sub>p</sub>	M <sub>e</sub>
Лесопарковая зона города	Ud										
	Uih										
	U										
	P										

Таблица 6.11. Величина суммарного индекса насыщенности почвы тяжелыми металлами

Место расположения земельного участка	Генетический горизонт	K <sub>p</sub> тяжелого металла					Произведение K <sub>p</sub>	M <sub>e</sub>
		Cu	Zn	Pb	Cd	Co		
Лесопарковая зона города	Ud							
	Uih							
	U							
	P							

6. Рассчитать величину элювиально-аккумулятивного коэффициента  $K_{э/а}$  для валовых и подвижных форм элементов для всех генетических горизонтов. Результаты расчетов записать по форме таблицы 6.12. Сделать соответствующие выводы.

Элювиально-аккумулятивный коэффициент  $K_{э/а}$  для валовых и подвижных форм химических элементов определяют как частное от деления содержания валовых или подвижных форм элемента в отдельном генетическом горизонте почвенного профиля ( $C_{ген. гор.}$ ) на их содержание в почвообразующей породе ( $C_{почв. пор.}$ ). Для расчетов используют формулу:

$$K_{э/а} = \frac{C_{ген. гор.}}{C_{почв. пор.}} \quad (6.7)$$

Таблица 6.12. Величина элювиально-аккумулятивного коэффициента тяжелых металлов

Место расположения земельного участка	Генетический горизонт	Элювиально-аккумулятивный коэффициент, $K_{э/а}$									
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co	
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ
Лесопарковая зона города	Ud										
	Uih										
	U										
	P	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

7. Построить график изменения величины элювиально-аккумулятивного коэффициента по профилю почвы (для валовых и подвижных форм) (пример на рис. 6.2).

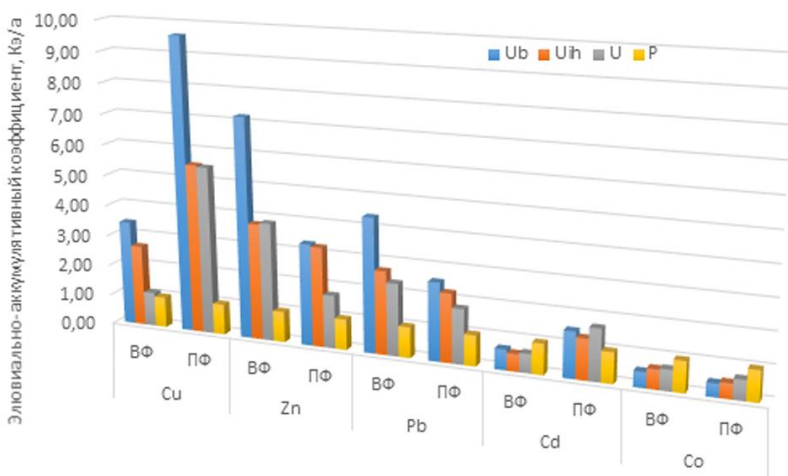


Рис. 6.3. Динамика величины элювиально-аккумулятивного коэффициента по профилю почвы

8. Определить суммарный показатель загрязнения почвы,  $Z_c$ . Результаты расчетов записать по форме таблицы 6.13. Сделать соответствующие выводы, используя справочную информацию, приведенную в таблице 6.14.

Таблица 6.13. **Величина суммарного показателя загрязнения почвы тяжелыми металлами**

Место расположения земельного участка	Генетический горизонт	K <sub>p</sub> тяжелого металла					ΣK <sub>p</sub>	Z <sub>c</sub>
		Cu	Zn	Pb	Cd	Co		
Лесопарковая зона города	Ud							

Таблица 6.14. **Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почвы по суммарному показателю загрязнения**

Степень загрязнения почвы	Суммарный показатель загрязнения Z <sub>c</sub>	Содержание элементов относительно превышения фонового содержания	Возможность сельскохозяйственного использования земель	Изменение показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Низкая	1–5	Превышение фона в 2–10 раз	Использование для выращивания любых культур	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота функциональных отклонений
Средняя	5–20	Превышение фона в 10–40 раз	Использование для выращивания любых культур при условии контроля качества растениеводческой продукции	Увеличение количества общих заболеваний
Высокая	20–50	Превышение фона в 40–100 раз	Использование для выращивания технических культур без получения из них продуктов питания и кормов. Исключение растений концентратов элементов загрязнителей	Увеличение количества общих заболеваний и количества детей, часто болеющих, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы
Очень высокая	Более 50	Превышение фона более чем в 100 раз	Исключение из сельскохозяйственного использования	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции у женщин

9. Определить суммарный цинковый эквивалент токсичности почвы

$E_{Zn}$ . Результаты расчетов записать по форме таблицы 6.15. Сделать соответствующие выводы, используя справочную информацию, приведенную в таблице 6.16.

Таблица 6.15. Величина суммарного цинкового эквивалента токсичности почвы

Место расположения земельного участка	Генетический горизонт	Суммарный цинковый эквивалент токсичности почвы										
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co		$E_{Zn}$
		ПФ	ПФ·ПК	ПФ	ПФ·ПК	ПФ	ПФ·ПК	ПФ	ПФ·ПК	ПФ	ПФ·ПК	
Лесопарковая зона города	Ud											
	КП											

Таблица 6.16. Классификация загрязнения почв по величине цинкового эквивалента токсичности

Степень загрязнения почвы	Величина $E_{Zn}$
Не загрязненная	Менее 25
Слабо загрязненная	25–50
Средне загрязненная	50–100
Сильно загрязненная	100–200
Очень сильно	Более 200

Определение цинкового эквивалента токсичности базируется на применении коэффициентов пересчета содержания подвижных форм отдельных металлов в почве, извлекаемых ацетатно-аммонийным буферным раствором в мг/кг, на эквивалент цинка. Эти коэффициенты рассчитываются как отношение ПДК цинка в почве к ПДК определенного металла.

За один эквивалент цинка условно принято содержание 1 мг/кг данного элемента в почве. Для цинка этот коэффициент (КП) равен 1, ртути – 200, молибдена и бериллия – 100, селена – 50, кадмия – 32, мышьяка и вольфрама – 20, висмута и ванадия – 10, меди – 7,7, никеля – 5,8, кобальта – 4,6, хрома (VI) – 3,86, свинца – 3,8, хрома (III) – 2,0, бора – 2,0, марганца – 0,23, железа, алюминия, лития – 0,20. Умножив содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве (в мг/кг) на эти коэффициенты и суммировав произведения, получают общую сумму эквивалентов цинка или величину цинкового эквивалента токсичности  $E_{Zn}$ .

10. Оценить опасность миграции и транслокации тяжелых металлов

в почве, используя справочную информацию, приведенную в таблице 6.17.

Таблица 6.17. Справочные данные для оценки опасности миграции и транслокации загрязняющих веществ

Степень кислотности почвы	Степень подвижности элементов		
	практически неподвижные	слабо подвижные	подвижные
Кислые почвы, pH < 5,5	Mo	Pb, Cr, Va, Ni, As, Se, Co	Sr, Ba, Cu, Zn, Cd, Hg, S
Слабокислые и нейтральные почвы, pH 5,5-7,5	Pb	Sr, Ba, Cu, Cd, Cr, Ni, Co, Mo, Ng	Zn, V, As, S
Щелочные и сильнощелочные почвы, pH 7,5-9,5	Pb, Ba, Co	Zn, Ag, Sr, Cu, Cd	Mo, V, As, S

На основании таблицы 6.17 следует сделать вывод об опасности миграции и транслокации тяжелых металлов в почве.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конституция Республики Беларусь : с изм. и доп., принятыми на респ. референдуме 24 нояб. 1996 г., 17 окт. 2004 г. и 27 февр. 2022 г. – Минск : Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь., 2024. – 109 с.
2. Кодекс Республики Беларусь о земле от 23.07.2008 г. № 425-З. Минск: Учебный центр подготовки и переподготовки квалифиц. кадров землеустр. и картографо-геодез. службы, 2008. – 83 с.
3. Вопросы Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 29 июля 2006 г., № 958 // КонсультантПлюс. Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021.
4. Смыкович, Л. И. Мониторинг земель : учеб. пособие / Л. И. Смыкович. – Минск : БГУ, 2022. – 151 с. : ил.
5. Смыкович, Л. И. Структура земельного фонда : практикум / Л. И. Смыкович, Н. В. Жуковская, Н. В. Клебанович. – Минск : БГУ, 2022. – 42 с.
6. Заславский М. Н. Эрозиоведение. Основы противоэрозионного земледелия / М. Н. Заславский. – М.: Высш. школа, 1987. – 375 с.
7. Кузнецов М. С. Эрозия и охрана почв : учебник / М. С. Кузнецов, Г. П. Глазунов. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 335 с.
8. Клебанович Н. В. Методы обследований земель: учеб. пособие / Н. В. Клебанович: – Минск: БГУ, 2011. – 208 с.
9. Банников А.Г. и др. Основы экологии и охрана окружающей среды. – 3е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1996. – 303 с.
10. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв: учебник. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – 237 с.
11. Сизов А.П. Экологические основы землепользования в сверхкрупном городе. – М. : Изд-во «Русайнс», 2015. – 120 с.
12. Мониторинг окружающей среды. Курс лекций : учебно-методическое пособие / В. Б. Воробьев [и др.]. – Горки : БГСХА, 2019. – 274 с.
13. Агоджаниян, Н. А. Экология человека: словарь-справочник / Н. А. Агоджаниян, И. Б. Ушаков, В. И. Торшин. – М., 1997. – 380 с.
14. Афанасьев, Ю. А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды / Ю. А. Афанасьев, С. А. Фомин. – М.: Изд-во МНЭПУ. Ч. 1. 1998. 208 с.; Ч. 2. 2001. – 337 с.
15. Белова, Е. А. Экологический мониторинг, контроль и экспертиза: курс лекций / Е. А. Белова. – Гродно: ГрГУ, 2008. – 215 с.
16. Горелов, А. А. Экология: учеб. пособие / А. А. Горелов. – М., 2006. – 240 с.
17. Израэль, Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю. А. Израэль. – Л.: Гидрометеониздат, 1984. – 560 с.
18. Мониторинг и использование земельных ресурсов: учеб. пособие / С. Е. Головатый [и др.]. – Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2009. – 149 с.
19. Опекунов, А. Ю. Экологическое нормирование и оценка воздействия на окружающую среду: учеб. пособие / Ю. А. Опекунов. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2006. – 261 с.
20. Семенова, И. В. Промышленная экология: учеб, пособие для студ. высш. учеб. заведений / И. В. Семёнова. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 528 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Исходные данные для выполнения лабораторной работы 1

##### Вариант 1

а) по строке «Итого земель» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всей территории Республики Беларусь (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25);

б) по строке «Итого земель» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всех районов Витебской области (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

##### Вариант 2

а) по строке «Сельскохозяйственные организации» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всей территории Республики Беларусь (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25);

б) по строке «Сельскохозяйственные организации» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всех районов Гомельской области (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

##### Вариант 3

а) по строке «Организации автомобильного транспорта» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всей территории Республики Беларусь (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

б) по строке «Организации автомобильного транспорта» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всех районов Могилевской области (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

##### Вариант 4

а) по строке «Организации железнодорожного транспорта» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всей территории Республики Беларусь (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25);

б) по строке «Организации железнодорожного транспорта» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всех районов Могилевской области (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

##### Вариант 5

а) по строке «Граждане» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всей территории Республики Беларусь (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25);

б) по строке «Граждане» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всех районов Брестской области (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

##### Вариант 6

а) по строке «Организации связи, энергетики, строительства, торговли, образования, здравоохранения и иные землепользователи» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всей территории Республики Беларусь (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25);

б) по строке «Организации связи, энергетики, строительства, торговли, образования, здравоохранения и иные землепользователи» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всех районов Гродненской области (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

##### Вариант 7

а) по строке «Организации, ведущие лесное хозяйство» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всей территории Республики Беларусь (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25);

б) по строке «Организации, ведущие лесное хозяйство» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всех районов Гомельской области (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

##### Вариант 8

а) по строке «Организации природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всей территории Республики Беларусь (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25);

б) по строке «Организации природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всех районов Гомельской области (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

Вариант 9

а) по строке «Организации, эксплуатирующие и обслуживающие гидротехнические и иные водохозяйственные сооружения» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всей территории Республики Беларусь (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25);

б) по строке «Организации, эксплуатирующие и обслуживающие гидротехнические и иные водохозяйственные сооружения» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всех районов Гомельской области (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

Вариант 10

а) по строке «Земли, земельные участки, не предоставленные землепользователям, и земли общего пользования, не отнесенные к землям иных категорий землепользователей» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всей территории Республики Беларусь (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25);

б) по строке «Земли, земельные участки, не предоставленные землепользователям, и земли общего пользования, не отнесенные к землям иных категорий землепользователей» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всех районов Могилевской области (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

Вариант 11

а) по строке «Промышленные организации» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всей территории Республики Беларусь (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25);

б) по строке «Промышленные организации» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всех районов Могилевской области (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

Вариант 12

а) по строке «Крестьянские (фермерские) хозяйства» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всей территории Республики Беларусь (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25);

б) по строке «Крестьянские (фермерские) хозяйства» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всех районов Минской области (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

Вариант 13

а) по строке «Граждане» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всей территории Республики Беларусь (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25);

б) по строке «Граждане» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всех районов Минской области (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

Вариант 14

а) по строке «Организации, эксплуатирующие и обслуживающие гидротехнические и иные водохозяйственные сооружения» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всей территории Республики Беларусь (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25);

б) по строке «Организации, эксплуатирующие и обслуживающие гидротехнические и иные водохозяйственные сооружения» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всех районов Минской области (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

Вариант 15

а) по строке «Организации, ведущие лесное хозяйство» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всей территории Республики Беларусь (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25);

б) по строке «Организации, ведущие лесное хозяйство» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всех районов Брестской области (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

Вариант 16

а) по строке «Сельскохозяйственные организации» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всей территории Республики Беларусь (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25);

б) по строке «Сельскохозяйственные организации» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всех районов Минской области (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

#### Вариант 17

а) по строке «Организации Вооруженных Сил Республики Беларусь, воинских частей, военных учебных заведений и других войск и воинских формирований Республики Беларусь» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всей территории Республики Беларусь (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25);

б) по строке «Организации Вооруженных Сил Республики Беларусь, воинских частей, военных учебных заведений и других войск и воинских формирований Республики Беларусь» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всех районов Брестской области (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

#### Вариант 18

а) по строке «Организации природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всей территории Республики Беларусь (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25);

б) по строке «Организации природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для 10 районов Брестской области и 10 районов Витебской области (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

#### Вариант 19

а) по строке «Организации автомобильного транспорта» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всей территории Республики Беларусь (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25);

б) по строке «Организации автомобильного транспорта» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для 10 районов Брестской области и 10 районов Витебской области (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

#### Вариант 20

а) по строке «Организации железнодорожного транспорта» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для всей территории Республики Беларусь (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25);

б) по строке «Организации железнодорожного транспорта» реестра земельных ресурсов Республики Беларусь для 10 районов Минской области и 10 районов Могилевской области (графы 2-7, 16, 18, 19, 21-25).

## Исходные данные для выполнения лабораторной работы 2

№ задачи	a	b	k	$K_s$	t	$V_{max}$	$V_{ae}$
Минская область, дерново-палево-подзолистая почва							
1	3,2675	0,0125	15,6	0,633	15	20,4	13,5
Гомельская область, торфяно-болотная почва							
2	3,3415	0,0236	9,8	0,536	13	17,6	13,6
Брестская область, дерново-карбонатная выщелоченная почва							
3	3,4237	0,0247	27,4	0,435	32	22,6	13,7
Минская область, торфянисто-перегнойно-глеявая почва							
4	3,5671	0,0258	21,5	0,372	34	24,3	13,8
Гомельская область, дерново-карбонатная типичная почва							
5	3,6132	0,0341	14,2	0,284	18	18,3	13,5
Брестская область, торфянисто-подзолисто-глеявая почва							
6	3,7514	0,0358	22,6	0,618	35	24,6	13,6
Минская область, дерново-подзолистая среднесуглинистая почва							
7	3,8219	0,0372	13,8	0,622	11	16,2	13,7
Гомельская область, дерново-карбонатная оподзоленная почва							
8	2,1567	0,0426	16,5	0,634	33	20,8	13,8
Брестская область, торфяно-глеявая карбонатная почва							
9	2,2345	0,0432	24,2	0,647	16	20,2	13,5
Минская область, дерново-палево-подзолистая почва							
10	2,3786	0,0445	27,4	0,651	32	25,5	13,6
Гомельская область дерново-карбонатная выщелоченная почва							
11	2,4578	0,0457	18,2	0,442	14	16,9	13,7
Брестская область, торфянисто-подзолисто-глеяватая почва							
12	2,5463	0,0468	22,8	0,448	34	21,7	13,8
Минская область, дерново-карбонатная типичная почва							
13	2,5872	0,0472	25,1	0,457	36	19,4	13,5
Гомельская область, торфяно-перегнойно-глеявая почва							
14	2,6733	0,0481	24,4	0,462	35	18,7	13,6
Брестская область, дерново-карбонатная оподзоленная почва							
15	2,7804	0,0267	16,8	0,365	17	16,5	13,7
Минская область, дерново-палево-подзолистая почва							
16	2,6612	0,0274	20,5	0,354	33	24,8	13,8
Гомельская область, торфяная маломощная почва							
17	2,7538	0,0281	14,2	0,349	0,349	15,6	13,5
Брестская область, дерново-карбонатная выщелоченная почва							
18	2,8133	0,0352	12,7	0,332	16	15,2	13,6
Минская область, торфянисто-подзолисто-глеяватая почва							
19	2,8129	0,0364	13,6	0,633	24	17,8	13,7
Гомельская область, дерново-карбонатная типичная почва							
20	3,2257	0,0377	21,5	0,638	34	19,4	13,8

## Исходные данные для выполнения лабораторной работы 3

№ задачи	Тип почвы	Степень смытости почвы	Площадь смытых почв, в % от общей площади	Длина склона, м (L)	Мощность гумусового горизонта, мм (H)	Характер подстилающей поверхности, (n)	СПС, мм
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Дерново карбо- натная типич- ная маломощ- ная	Несмытая	40	100	280	Чёрный пар	10
		Слабосмытая	10	200	260	Пропашные	
		Среднесмытая	30	300	220	Стерня	
		Сильносмытая	20	350	180	Многолетние травы	
2	Дерново карбо- натная выщело- ченная мало- мощная	Несмытая	15	350	250	Пропашные	11
		Слабосмытая	55	100	230	Стерня	
		Среднесмытая	20	250	210	Чёрный пар	
		Сильносмытая	10	150	190	Многолетние травы	
3	Дерново карбо- натная типич- ная среднемощ- ная	Несмытая	25	200	260	Яровые зерновые	12
		Слабосмытая	25	300	240	Пропашные	
		Среднесмытая	35	150	220	Озимые зерновые	
		Сильносмытая	15	250	200	Озимые зерновые	
4	Дерново карбо- натная оподзо- ленная мало- мощная	Несмытая	10	300	240	Пропашные	14
		Слабосмытая	60	450	220	Многолетние травы	
		Среднесмытая	10	250	200	Яровые зерновые	
		Сильносмытая	20	200	180	Пропашные	
5	Дерново карбо- натная типич- ная маломощ- ная	Несмытая	15	100	220	Пропашные	15
		Слабосмытая	55	150	210	Озимые зерновые	
		Среднесмытая	10	200	190	Зябь	
		Сильносмытая	20	250	170	Яровые зерновые	

1	2	3	4	5	6	7	8
6	Дерново карбо- натная типич- ная среднемош- ная	Несмытая	50	200	280	Сенокос	5
		Слабосмытая	10	250	260	Пропашные	
		Среднесмытая	20	300	240	Озимые зерновые	
		Сильносмытая	20	350	220	Яровые зерновые	
7	Дерново карбо- натная оподзо- ленная мало- мощная	Несмытая	10	100	240	Пропашные	5
		Слабосмытая	70	120	220	Стерня	
		Среднесмытая	10	150	210	Яровые зерновые	
		Сильносмытая	10	200	200	Пропашные	
8	Дерново карбо- натная типич- ная маломощ- ная	Несмытая	65	200	220	Зябрь	6
		Слабосмытая	15	220	200	Зябрь	
		Среднесмытая	10	250	180	Пропашные	
		Сильносмытая	10	300	160	Яровые зерновые	
9	Дерново подзо- листая супесча- ная	Несмытая	60	100	180	Многолетние травы	7
		Слабосмытая	20	200	160	Озимые зерновые	
		Среднесмытая	10	300	140	Многолетние травы	
		Сильносмытая	10	250	120	Зябрь	
10	Дерново-палево подзолистая	Несмытая	40	150	185	Озимые зерновые	8
		Слабосмытая	20	300	165	Зябрь	
		Среднесмытая	25	100	145	Пропашные	
		Сильносмытая	15	250	125	Яровые зерновые	
11	Дерново карбо- натная типич- ная среднемош- ная	Несмытая	45	100	275	Стерня	15
		Слабосмытая	10	200	265	Пропашные	
		Среднесмытая	25	300	225	Однолетние травы	
		Сильносмытая	20	350	285	Многолетние травы	
12	Дерново карбо- натная выщело- ченная мощная	Несмытая	55	350	255	Пропашные	14
		Слабосмытая	20	100	235	Стерня	
		Среднесмытая	15	250	215	Сенокос	
		Сильносмытая	10	150	295	Многолетние травы	

1	2	3	4	5	6	7	8
13	Дерново карбо- натная выщело- ченная средне- мощная	Несмытая	55	200	265	Яровые зерновые	13
		Слабосмытая	15	300	245	Пропашные	
		Среднесмытая	15	150	225	Озимые зерновые	
		Сильносмытая	15	250	205	Озимые зерновые	
14	Дерново карбо- натная оподзо- ленная мало- мощная	Несмытая	60	300	245	Пропашные	12
		Слабосмытая	20	450	225	Многолетние травы	
		Среднесмытая	10	250	205	Яровые зерновые	
		Сильносмытая	10	200	185	Пропашные	
15	Дерново подзо- листая супесча- ная	Несмытая	15	100	225	Зябрь	11
		Слабосмытая	20	120	215	Пропашные	
		Среднесмытая	50	150	195	Озимые зерновые	
		Сильносмытая	15	200	175	Яровые зерновые	
16	Дерново карбо- натная типич- ная среднемош- ная	Несмытая	20	200	285	Пропашные	10
		Слабосмытая	20	220	265	Многолетние травы	
		Среднесмытая	50	250	245	Яровые зерновые	
		Сильносмытая	10	300	225	Пропашные	
17	Дерново карбо- натная оподзо- ленная средне- мощная	Несмытая	25	100	245	Зябрь	12
		Слабосмытая	35	200	225	Озимые зерновые	
		Среднесмытая	15	300	215	Пропашные	
		Сильносмытая	25	250	205	Яровые зерновые	
18	Дерново карбо- натная типич- ная слабомош- ная	Несмытая	15	150	225	Многолетние травы	13
		Слабосмытая	45	300	205	Озимые зерновые	
		Среднесмытая	10	100	185	Яровые зерновые	
		Сильносмытая	30	250	165	Зябрь	
19	Дерново подзо- листая супесча- ная	Несмытая	30	100	185	Озимые зерновые	14
		Слабосмытая	10	200	165	Зябрь	
		Среднесмытая	20	300	145	Пропашные	
		Сильносмытая	40	350	125	Яровые зерновые	

1	2	3	4	5	6	7	8
20	Дерново-палево подзолистая	Несмытая	45	350	180	Однолетние травы	9
		Слабосмытая	15	100	160	Пропашные	
		Среднесмытая	30	250	140	Стерня	
		Сильносмытая	10	150	120	Многолетние травы	

**Исходные данные для выполнения лабораторной работы 4**

№ задачи	Название сельскохозяйственного предприятия	Общая площадь, на которой используются пестициды, га	Порядковые номера препаратов в таблице 4.3	Индекс самоочищения территории
1	СПК «Белогурно»	220	1, 10, 17	0,50
2	СПК «Войневичи»	215	2, 6, 20	0,60
3	ЗАО «Гудевичи»	210	6, 20, 22	0,55
4	СПК «Дворец-Агро»	200	8, 10, 21	0,70
5	ОАО «Черлена»	205	6, 7, 10	0,30
6	ОАО «Гортоль»	195	2, 7, 18	0,38
7	ОАО «Дружиловичи»	275	1, 19, 20	0,23
8	СПК «Милейки»	382	3, 5, 14	0,50
9	СПК «Новые Стайки»	365	3, 16, 18	0,60
10	СПК «Подстаринь»	291	6, 19, 22	0,55
11	СПК «Погорье»	180	2, 17, 18	0,70
12	СПК «Мичуринск»	260	6, 10, 22	0,30
13	СПК «Ополь-Агро»	376	3, 5, 21	0,38
14	СПК «Дубайский»	184	6, 11, 22	0,23
15	СПК «Ворони»	393	2, 18, 20	0,50
16	СПК «Струга»	287	8, 17, 21	0,60
17	СПК «Видиборский»	164	4, 12, 22	0,55
18	СПК «Василевичи»	268	8, 17, 20	0,70
19	СПК «Осиповичи»	279	3, 13, 21	0,30
20	СПК «Деревновский»	355	8, 2, 20	0,38

Таблица 1. Исходные данные для выполнения задания 1 лабораторной работы 5

№ задачи	Название ОХВ	Количество ОХВ, т	Высота обвалования, м	Ширина населенного пункта, м	Площадь населенного пункта, км <sup>2</sup>	Количество населения, проживающего в населенном пункте, тыс. чел
1	Хлор	30	1,2	2	12	10
2	Аммиак	10	1,3	3	14	12
3	Хлорпикрин	50	2,3	4	16	14
4	Формальдегид	5	0,9	5	18	16
5	Хлор	70	2,8	6	20	18
6	Аммиак	30	2,2	7	22	20
7	Хлорпикрин	100	2,9	8	24	22
8	Формальдегид	20	1,6	9	26	24
9	Хлор	50	1,1	2	13	11
10	Аммиак	30	2,1	3	15	13
11	Хлорпикрин	30	1,2	4	17	15
12	Формальдегид	10	0,9	5	19	17
13	Хлор	50	2,8	6	21	19
14	Аммиак	5	2,2	7	23	21
15	Хлорпикрин	70	1,2	8	25	23
16	Формальдегид	30	1,3	9	27	25
17	Хлор	100	2,9	2	12	10
18	Аммиак	20	1,6	3	14	12
19	Хлорпикрин	30	1,1	4	16	14
20	Формальдегид	10	1,3	5	18	16

Таблица 2. Исходные данные для выполнения задания 2 лабораторной работы 5

№ задачи	Название ОХВ	Количество ОХВ, т	Глубина лесного массива, м	Глубина населенного пункта, м	Температура, °С	СВУВ	Скорость ветра, м/с
1	Хлор	50	3,1	2,3	29	инверсия	2
2	Аммиак	70	4,2	3,1	27	изотермия	1
3	Хлорпикрин	30	1,1	2,2	22	конвекция	1
4	Формальдегид	100	6,2	5,1	35	инверсия	2
5	Аммиак	50	1,5	2,5	20	изотермия	1
6	Хлорпикрин	70	1,8	2,0	25	конвекция	1
7	Формальдегид	70	2,0	2,5	37	инверсия	2
8	Хлор	300	2,5	3,0	20	изотермия	1
9	Хлор	50	1,5	2,2	22	конвекция	1
10	Аммиак	70	2,4	5,1	24	инверсия	2
11	Хлорпикрин	30	3,6	2,5	26	изотермия	1
12	Формальдегид	100	4,5	2,0	28	конвекция	1
13	Аммиак	50	5,2	3,4	32	инверсия	2
14	Хлорпикрин	70	6,5	2,8	21	изотермия	1
15	Формальдегид	70	2,3	4,7	23	конвекция	1
16	Хлор	300	3,1	3,2	25	инверсия	2
17	Хлор	50	4,2	2,3	27	изотермия	1
18	Аммиак	70	1,1	3,1	29	конвекция	1
19	Хлорпикрин	30	6,2	2,2	33	инверсия	2
20	Формальдегид	100	1,5	5,1	35	изотермия	1

Таблица 3. Исходные данные для выполнения задания 3 лабораторной работы 5

№ задачи	Название ОХВ	Количество ОХВ, т	Температура, °С	СВУВ	Скорость ветра, м/с
1	Хлор	50	29	инверсия	2
2	Аммиак	70	27	изотермия	1
3	Хлорпикрин	30	22	конвекция	1
4	Формальдегид	100	35	инверсия	2
5	Хлор	50	20	изотермия	1
6	Формальдегид	70	25	конвекция	1
7	Хлорпикрин	70	37	инверсия	2
8	Аммиак	300	20	изотермия	1
9	Хлор	50	22	конвекция	1
10	Аммиак	70	24	инверсия	2
11	Хлорпикрин	30	26	изотермия	1
12	Формальдегид	100	28	конвекция	1
13	Хлор	50	32	инверсия	2
14	Формальдегид	70	21	изотермия	1
15	Хлорпикрин	70	23	конвекция	1
16	Аммиак	300	25	инверсия	2
17	Хлор	50	27	изотермия	1
18	Аммиак	70	29	конвекция	1
19	Хлорпикрин	30	33	инверсия	2
20	Формальдегид	100	35	изотермия	1

Таблица 4. Глубина распространения облака загрязненного воздуха в случае аварии на химически опасных объектах и транспорте, км

Кол во ОХВ, т	t воз- духа, °С	инверсия							
		хлор				аммиак			
		скорость ветра, м/с							
		1	2	3	4	1	2	3	4
0,5	-20	2,65	1,65	1,45	1,30				
	0	2,85	1,85	1,55	1,40				
	+20	3,15	2,05	1,65	1,50				
1,0	-20	4,25	2,70	2,15	1,90	< 0,5			
	0	4,65	2,90	2,30	2,05				
	+20	4,80	3,00	2,40	2,10				
3,0	-20	8,35	5,10	3,95	3,35	1,15	0,80	0,65	0,55
	0	8,75	5,30	4,15	3,50	1,25	0,85	0,70	0,60
	+20	9,20	5,60	4,35	3,70	1,30	0,90	0,75	0,65
5,0	-20	11,6	6,90	5,30	4,50	1,50	1,00	0,85	0,75
	0	12,2	7,30	5,60	4,70	1,60	1,10	0,95	0,85
	+20	12,8	7,60	5,80	4,90	1,65	1,15	1,00	0,90
10	-20	17,7	10,4	7,90	6,60	2,30	1,50	1,20	1,05
	0	18,5	10,9	8,30	6,90	2,45	1,55	1,30	1,15
	+20	19,3	11,3	8,60	7,20	2,65	1,75	1,45	1,25
20	-20	27,1	15,7	11,8	9,80	3,80	2,35	1,90	1,60
	0	28,3	16,4	12,3	10,2	4,05	2,55	2,05	1,80
	+20	29,7	17,2	12,9	10,7	4,30	2,70	2,15	1,90
30	-20	35,0	20,1	15,0	12,4	4,90	3,05	2,40	2,10
	0	36,7	21,0	15,7	12,9	5,25	3,25	2,60	2,25
	+20	38,5	22,0	16,4	13,5	5,45	3,40	2,70	2,35
50	-20	48,2	27,3	20,3	16,6	6,60	4,05	3,20	1,25
	0	50,4	28,6	21,2	17,3	6,85	4,20	3,30	1,35
	+20	52,9	30,0	22,1	18,1	7,20	4,40	3,45	2,45
70	-20	59,9	33,7	24,8	20,3	8,10	4,95	3,85	3,25
	0	62,6	35,2	25,9	21,1	8,45	5,15	4,00	3,40
	+20	65,6	36,8	27,1	22,0	8,90	5,45	4,20	3,60
100	-20	75,0	41,9	30,8	25,0	10,2	6,20	4,75	3,95
	0	78,7	43,8	32,1	26,1	10,8	6,50	5,00	4,15
	+20	82,2	45,9	33,6	27,2	11,3	6,75	5,20	4,35
300	-20	149	81,6	59,2	47,8	20,1	11,8	9,00	7,40
	0	156	85,4	61,9	49,9	21,0	12,4	9,30	7,70
	+20	164	89,5	64,8	52,2	21,9	12,9	9,70	8,00

Таблица 5. Глубина распространения облака загрязненного воздуха в случае аварии на химически опасных объектах и транспорте, км

Кол во ОХВ, т	t воз- духа, °С	изотермия																					
		хлор						аммиак															
		скорость ветра, м/с																					
		1	2	3	4	5	10	1	2	3	4	5	10										
0,5	-20	1,10	0,75	0,60	0,50	<0,5	<0,5																
	0	1,20	0,85	0,65	0,55	0,50	<0,5																
	+20	1,30	0,95	0,70	0,60	0,55	<0,5																
	+40	1,40	1,05	0,75	0,65	0,60	<0,5																
1,0	-20	1,65	1,10	0,95	0,85	0,75	0,60																
	0	1,75	1,20	1,00	0,90	0,80	0,65																
	+20	1,80	1,25	1,10	1,00	0,90	0,70																
	+40	1,90	1,35	1,20	1,10	1,00	0,75																
3,0	-20	3,30	2,10	1,70	1,50	1,30	1,00																
	0	3,70	2,30	1,90	1,65	1,50	1,15																
	+20	3,90	2,50	2,00	1,80	1,60	1,20																
	+40	4,05	2,60	2,05	1,85	1,70	1,25																
5,0	-20	4,70	2,95	2,35	2,05	1,90	1,40																
	0	5,05	3,15	2,60	2,20	2,00	1,45																
	+20	5,25	3,25	2,60	2,30	2,05	1,50																
	+40	5,45	3,40	2,65	2,35	2,15	1,55																
10	-20	7,10	4,35	3,40	2,90	2,65	1,95	1,15	0,80	0,65	0,55	0,50	<0,5										
	0	7,35	4,50	3,50	3,05	2,75	2,05	1,25	0,85	0,70	0,60	0,55	<0,5										
	+20	7,80	4,75	3,70	3,20	2,90	2,15	1,30	0,90	0,75	0,65	0,60	<0,5										
	+40	8,10	4,95	3,85	3,30	3,00	2,20	1,35	0,95	0,85	0,70	0,65	0,50										
20	-20	11,0	6,45	5,05	4,25	3,80	2,80	1,45	1,00	0,80	0,70	0,65	0,50										
	0	11,6	6,75	5,35	4,50	4,00	2,95	1,55	1,10	0,90	0,75	0,70	0,55										
	+20	12,1	7,10	5,55	4,70	4,15	3,05	1,60	1,35	0,95	0,80	0,75	0,60										
	+40	12,6	7,35	5,75	4,90	4,30	3,15	1,65	1,20	1,00	0,85	0,80	0,65										
30	-20	14,2	8,35	6,40	5,35	4,70	3,40	1,80	1,25	1,00	0,85	0,80	0,60										
	0	14,8	8,75	6,70	5,60	4,90	3,60	1,95	1,30	1,10	0,95	0,85	0,65										
	+20	15,5	9,15	6,95	5,80	5,10	3,70	2,05	1,40	1,20	1,00	0,90	0,70										
	+40	16,1	9,45	7,20	6,00	5,25	3,85	2,25	1,50	1,25	1,10	1,00	0,75										
50	-20	19,3	11,3	8,80	7,20	6,30	4,45	2,60	1,70	1,35	1,20	1,15	0,85										
	0	20,2	11,8	9,15	7,50	6,55	4,65	2,75	1,80	1,45	1,30	1,20	0,90										
	+20	21,1	12,4	10,0	7,80	6,80	4,80	3,00	1,95	1,60	1,40	1,30	0,95										
	+40	22,0	12,9	9,90	8,05	7,05	5,00	3,15	2,05	1,65	1,45	1,35	1,00										
70	-20	23,6	13,8	10,4	8,60	7,50	5,25	3,55	2,25	1,80	1,55	1,40	1,00										
	0	24,7	14,3	10,8	8,90	7,80	5,45	3,70	2,35	1,90	1,65	1,50	1,10										
	+20	26,0	15,1	11,3	9,30	8,15	5,70	3,85	2,40	1,95	1,70	1,55	1,15										
	+40	27,0	15,6	11,7	9,65	8,40	5,90	3,95	2,50	2,00	1,75	1,60	1,20										
100	-20	29,6	17,1	12,9	10,7	9,30	6,30	4,10	2,60	2,05	1,80	1,65	1,25										
	0	30,9	17,9	13,4	11,1	9,65	6,55	4,45	2,80	2,25	1,90	1,80	1,30										
	+20	32,5	18,7	14,0	11,6	10,1	6,85	4,60	2,90	2,30	2,00	1,85	1,35										
	+40	33,7	19,4	14,5	12,0	10,4	7,05	4,80	3,00	2,40	2,10	1,90	1,40										
300	-20	59,3	33,4	24,6	20,1	17,3	11,2	8,00	4,90	3,80	3,05	2,80	2,10										
	0	62,0	34,9	25,7	20,9	18,0	11,7	8,35	5,10	4,00	3,20	3,00	2,15										
	+20	65,0	36,5	26,8	21,9	18,8	12,2	8,85	5,40	4,20	3,25	2,95	2,20										
	+40	67,6	37,9	27,8	22,7	19,5	12,6	9,15	5,55	4,30	3,30	3,00	2,25										

Таблица 6. Глубина распространения облака загрязненного воздуха в случае аварии на химически опасных объектах и транспорте, км

Кол во ОХВ, т	t воздуха, °C	конвекция																							
		хлор						аммиак																	
		скорость ветра, м/с																							
		1	2	3	4	5	10	1	2	3	4	5	10												
0,5	-20	< 0,5																							
	0																								
	+20																								
	+40																								
1,0	-20	0,65	0,50	<0,5	<0,5																				
	0	0,75	0,60	0,50	<0,5																				
	+20	0,80	0,65	0,55	<0,5																				
	+40	0,90	0,70	0,60	0,50																				
3,0	-20	1,65	1,10	0,90	0,80																				
	0	1,80	1,20	1,00	0,85																				
	+20	1,90	1,25	1,05	0,90																				
	+40	2,00	1,35	1,10	0,95																				
5,0	-20	2,25	1,45	1,20	1,10																				
	0	2,40	1,55	1,35	1,20																				
	+20	2,65	1,75	1,45	1,25																				
	+40	2,85	1,85	1,55	1,35																				
10	-20	3,80	2,30	1,80	1,60																				
	0	4,05	2,55	2,05	1,80																				
	+20	4,25	2,70	2,20	1,90																				
	+40	4,40	2,75	2,20	1,95																				
20	-20	5,80	3,55	2,80	2,40																				
	0	6,05	3,75	2,90	2,50																				
	+20	6,35	3,90	3,10	2,65																				
	+40	6,60	4,05	3,15	2,75		0,60																		
30	-20	7,30	4,45	3,45	3,00		0,95	0,65	0,50	<0,5															
	0	7,60	4,65	3,60	3,10		1,05	0,75	0,50	<0,5															
	+20	8,00	4,85	3,80	3,25		1,10	0,80	0,65	0,55															
	+40	8,35	5,05	3,90	3,40		1,20	0,90	0,70	0,60															
50	-20	10,2	6,10	4,75	3,95		1,40	0,95	0,75	0,70															
	0	10,7	6,40	4,95	4,15		1,45	1,00	0,80	0,75															
	+20	11,2	6,70	5,20	4,35		1,50	1,05	0,85	0,80															
	+40	11,7	7,00	5,35	4,50		1,55	1,10	0,90	0,85															
70	-20	12,4	7,40	5,70	4,80		1,60	1,10	0,90	0,80															
	0	13,0	7,80	5,95	5,00		1,70	1,20	0,95	0,85															
	+20	13,7	8,15	6,20	5,25		1,80	1,25	1,00	1,90															
	+40	14,1	8,40	6,40	5,40		1,90	1,30	1,05	0,95															
100	-20	15,4	9,10	7,00	5,80		2,10	1,30	1,10	0,95															
	0	16,1	9,50	7,25	6,05		2,20	1,40	1,20	1,05															
	+20	16,8	9,90	7,50	6,30		2,30	1,50	1,25	1,10															
	+40	17,5	10,3	7,80	6,50		2,45	1,60	1,35	1,15															
300	-20	30,4	17,6	13,2	11,0		4,20	2,70	2,10	1,90															
	0	31,9	18,4	13,8	11,4		4,55	2,90	2,30	2,00															
	+20	33,4	19,3	14,4	11,9		4,75	3,00	2,40	2,00															
	+40	34,7	20,0	14,9	12,3		4,90	3,10	2,50	2,20															
300	-20	66,1	37,0	27,1	21,8		19,0	11,2	8,50	7,10															
	0	76,9	43,0	31,5	25,2		21,0	11,8	8,90	7,45															
	+20	82,2	45,9	33,6	26,8		20,7	12,2	9,15	7,65															

Таблица 7. Глубина распространения облака загрязненного воздуха в случае аварии на химически опасных объектах и транспорте, км

Кол во ОХВ, т	t воз- духа, °С	инверсия							
		хлорпикрин				формальдегид			
		скорость ветра, м/с							
		1	2	3	4	1	2	3	4
0,5	-20	1,3	0,95	0,87	0,80	2,65	1,7	1,4	1,25
	0	2,35	1,75	1,6	1,5	2,9	2,0	1,6	1,4
	+20	5,0	3,45	2,95	2,7	3,25	2,1	1,7	1,5
1,0	-20	1,85	1,35	1,2	1,15	4,1	2,75	2,15	1,9
	0	3,65	2,6	2,25	2,1	4,65	3,15	2,45	2,15
	+20	7,4	5,25	4,45	4,05	4,9	3,25	2,6	2,25
3,0	-20	3,7	2,6	2,25	2,1	7,75	4,7	3,65	3,1
	0	6,9	4,9	4,2	3,8	8,85	5,4	4,2	3,55
	+20	14,7	9,95	8,35	7,45	9,45	5,75	4,45	3,8
5,0	-20	5,0	3,45	2,95	2,75	10,8	6,4	4,9	4,1
	0	9,7	6,65	5,6	5,05	12,3	7,35	5,65	4,75
	+20	20,2	13,4	11,3	10,1	13,1	7,8	6,0	5,0
10	-20	7,4	5,25	4,45	4,05	16,4	9,6	7,3	6,0
	0	14,7	9,95	8,35	7,45	18,7	11,0	8,35	6,95
	+20	31,3	20,7	17,0	15,2	19,7	11,6	8,8	7,3
20	-20	11,5	7,6	6,55	5,95	25,1	14,6	10,9	9,0
	0	22,5	15,1	12,6	11,3	28,5	16,5	12,4	10,2
	+20	48,2	31,5	25,9	22,9	30,4	17,6	13,2	10,8
30	-20	14,7	9,95	8,35	7,45	32,7	18,7	14,0	11,4
	0	29,3	19,3	16,0	14,2	37,1	21,3	15,9	13,0
	+20	62,6	40,5	32,8	28,5	39,4	22,5	16,8	13,7
50	-20	20,2	13,4	11,3	10,2	44,9	25,4	21,6	17,5
	0	40,3	26,4	21,8	19,3	50,9	28,9	24,2	19,6
	+20	86,0	54,1	43,9	38,8	54,1	30,7	25,4	20,6
70	-20	24,8	16,7	13,8	12,4	55,8	31,4	23,1	18,7
	0	49,8	32,5	26,7	23,6	63,1	35,6	26,2	21,3
	+20	105,0	66,9	54,9	48,8	67,1	37,7	27,8	22,5
100	-20	31,3	20,7	17,0	15,2	69,9	39,1	28,7	23,1
	0	62,6	40,5	32,8	28,5	79,2	44,3	32,5	26,3
	+20	133,0	86,0	69,1	60,5	84,2	47,0	34,5	27,8
300	-20	62,6	40,5	32,8	28,5	139,0	76,1	55,6	44,4
	0	123,0	79,6	65,0	56,6	158,0	86,3	62,9	50,3
	+20	276,0	175,0	137,0	119,0	168,0	91,6	66,7	53,3

Таблица 8. Глубина распространения облака загрязненного воздуха в случае аварии на химически опасных объектах и транспорте, км

Кол во ОХВ, т	t воз- духа, °С	конвекция							
		хлорпикрин				формальдегид			
		скорость ветра, м/с							
		1	2	3	4	1	2	3	4
0,5	-20	<0,5				<0,5			
	0								
	+20	1,1	0,9	0,8	0,75				
1,0	-20	<0,5		0,7		0,5		<0,5	
	0	0,8	0,7	0,65	0,6	0,8	0,55	<0,5	<0,5
	+20	1,6	1,2	1,1	1,05	0,85	0,60	<0,5	<0,5
3,0	-20	0,8	0,7	0,65	0,60	1,7	1,1	0,95	0,80
	0	1,55	1,15	1,05	1,0	1,8	1,2	1,05	0,90
	+20	3,3	2,3	2,0	1,9	1,9	1,3	1,1	0,95
5,0	-20	5,95	4,15	3,60	3,30	2,1	1,4	1,15	0,95
	0	1,1	0,9	0,8	0,75	2,3	1,5	1,25	1,1
	+20	2,0	1,5	1,4	1,35	2,45	1,7	1,4	1,2
10	-20	4,45	3,05	2,60	2,40	2,75	1,80	1,50	1,30
	0	1,65	1,2	1,1	1,05	3,6	2,25	1,8	1,6
	+20	3,25	2,3	2,05	1,9	1,0	2,55	2,05	1,8
20	-20	6,55	4,5	3,9	3,55	4,35	2,7	2,2	1,9
	0	2,5	1,8	1,65	1,55	5,3	3,25	2,55	2,2
	+20	4,85	3,35	2,85	2,65	6,05	3,75	2,95	2,65
30	-20	10,2	6,85	5,75	5,20	6,4	3,95	3,1	2,7
	0	19,4	12,9	10,8	9,75	6,8	4,15	3,25	2,8
	+20	3,3	2,3	2,0	1,9	6,7	4,1	3,2	2,7
50	-20	6,05	4,25	3,65	3,35	7,65	4,7	3,65	3,1
	0	13,1	8,6	7,3	6,65	8,2	5,0	3,9	3,3
	+20	4,45	3,05	2,6	2,4	9,45	5,65	4,35	3,6
70	-20	8,35	5,8	4,95	4,5	10,7	6,45	4,95	4,15
	0	17,9	11,7	9,75	8,85	11,4	6,85	5,25	4,4
	+20	5,35	3,6	3,1	2,9	11,6	6,9	5,3	4,4
100	-20	10,4	7,1	5,95	5,35	13,2	7,85	6,05	5,05
	0	21,9	14,3	12,1	10,8	14,0	8,35	6,4	5,35
	+20	6,55	4,5	3,9	3,55	14,4	8,4	6,4	5,3

Таблица 9. Глубина распространения облака загрязненного воздуха в случае аварии на химически опасных объектах и транспорте, км

Кол во ОХВ, т	t воз- духа, °C	изотермия											
		хлорпикрин					формальдегид						
		скорость ветра, м/с											
		1	2	3	4	5	10	1	2	3	4	5	10
0,5	-20	< 0,5											
	0	1,0	0,85	0,75	0,7	0,65	0,6	1,2	0,9	0,8	0,7	0,6	0,45
	+20	2,0	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,25	0,95	0,85	0,75	0,65	0,50
	+40	3,9	2,8	2,4	2,2	2,1	2,05	1,3	1,0	0,9	0,8	0,7	0,55
1,0	-20	0,8	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5	1,65	1,1	0,9	0,8	0,7	0,55
	0	1,5	1,1	1,0	0,95	0,9	0,85	1,85	1,25	1,0	0,9	0,8	0,6
	+20	2,3	2,25	2,0	1,9	1,8	1,65	1,95	1,3	1,1	0,95	0,85	0,65
	+40	5,8	4,05	3,5	3,25	3,1	2,85	2,05	1,4	1,15	1,0	0,9	0,7
3,0	-20	1,5	1,1	1,0	0,95	0,9	0,85	3,3	2,1	1,7	1,5	1,35	1,0
	0	2,95	2,1	1,85	1,8	1,7	1,55	3,7	2,4	1,95	1,7	1,5	1,15
	+20	5,9	4,1	3,55	3,3	3,15	2,9	4,0	2,6	2,1	1,85	1,65	1,2
	+40	11,5	7,85	6,55	5,95	5,6	4,95	4,2	2,7	2,2	1,9	1,7	1,25
5,0	-20	2,0	1,5	1,4	1,35	1,3	1,2	4,45	2,8	2,2	1,9	1,75	1,3
	0	4,0	2,85	2,45	2,25	2,15	2,05	5,1	3,25	2,55	2,2	2,05	1,5
	+20	8,15	5,7	4,8	4,4	4,1	3,8	5,35	3,4	2,7	2,35	2,15	1,6
	+40	15,6	10,7	8,85	7,95	7,4	6,4	5,6	3,55	2,8	2,45	2,25	1,65
10	-20	3,2	2,25	2,0	1,9	1,8	1,65	6,55	4,0	3,1	2,65	2,4	1,8
	0	5,85	4,1	3,55	3,3	3,15	2,9	7,5	4,6	3,6	3,1	2,75	2,1
	+20	12,6	8,45	7,15	6,5	6,0	5,35	8,0	4,9	3,8	3,3	2,95	2,2
	+40	24,0	16,2	13,4	12,0	11,1	9,25	8,4	5,15	4,0	3,4	3,1	2,3
20	-20	4,75	3,3	2,8	2,6	2,55	2,4	10,2	6,1	4,7	3,9	3,45	2,6
	0	9,2	6,3	5,9	4,8	4,5	4,1	11,7	7,0	5,4	4,55	4,0	3,0
	+20	19,3	12,8	10,7	9,7	9,0	7,55	12,4	7,45	5,75	4,8	4,25	3,15
	+40	37,5	24,5	20,3	18,1	16,7	13,5	12,9	7,75	6,0	4,95	4,4	3,3
30	-20	5,85	4,1	3,55	3,3	3,15	2,9	13,1	7,75	5,9	4,9	4,25	3,15
	0	11,7	4,0	6,7	6,1	5,7	5,05	15,0	8,9	6,8	5,7	4,95	3,65
	+20	24,5	16,5	13,7	12,3	11,3	9,45	15,9	9,4	7,15	6,0	5,2	3,85
	+40	48,2	31,6	25,9	22,9	21,1	16,7	16,6	9,8	7,45	6,25	5,4	4,0
50	-20	8,1	5,7	4,8	4,4	4,1	3,8	17,9	10,5	8,0	6,55	5,7	4,05
	0	15,9	10,9	9,05	8,1	7,55	6,55	20,4	12,0	9,15	7,55	6,6	4,7
	+20	34,1	22,5	18,5	16,6	15,3	12,6	21,6	12,7	9,65	7,95	6,95	4,9
	+40	67,2	43,4	34,7	30,3	27,7	23,1	22,7	13,4	10,1	8,3	7,25	5,15
70	-20	10,1	6,95	5,8	5,2	4,95	4,4	21,9	12,7	9,6	7,85	6,8	4,8
	0	19,8	13,1	11,1	9,95	9,2	7,7	24,9	14,5	11,0	9,0	7,8	5,55
	+20	42,0	27,6	22,7	20,2	18,6	14,8	26,6	15,5	11,7	9,55	8,3	5,85
	+40	82,9	52,1	42,0	37,1	34,3	28,0	27,8	16,2	12,2	10,0	8,6	6,1
100	-20	12,6	8,45	7,15	6,5	6,0	5,35	27,5	15,9	12,0	9,8	8,45	5,75
	0	24,4	16,5	13,7	12,3	11,3	9,4	31,2	18,1	13,7	11,2	9,7	6,6
	+20	53,0	34,4	28,1	25,0	22,6	18,2	33,3	19,3	14,5	11,7	10,2	7,0
	+40	1,0	0,85	0,75	0,7	0,65	0,6	1,2	0,9	0,8	0,7	0,6	0,45

**Таблица 10. Время испарения (срок действия источника загрязнения)  
для некоторых ОХВ, часов**

Назва- ние ОХР	V, м/с	Характер разлива и температура воздуха, °С											
		«свободно»				«в поддон»							
		Н = 0,05 м				Н = 1 м				Н = 3 м			
		-20	0	+20	+40	-20	0	+20	+40	-20	0	+20	+40
Хлор	1	1,5				23,9				83,7			
	2	1,12				18,0				62,9			
	3	0,9				14,3				50,1			
	4	0,75				12,0				41,8			
	5	0,65				10,2				35,8			
	10	0,40				6,0				20,9			
Ам- миак	1	1,40				21,8				76,3			
	2	1,05				16,4				57,4			
	3	0,82				13,1				45,7			
	4	0,68				10,9				38,2			
	5	0,58				9,31				32,6			
	10	0,34				5,45				19,1			
Серо- водо- род	1	1,15				18,4				64,3			
	2	0,86				13,8				48,3			
	3	0,70				11,0				38,5			
	4	0,60				9,2				32,2			
	5	0,50				7,85				27,5			
	10	0,30				4,6				16,1			
Фор- маль- дегид	1	1,2				19,2				67,2			
	2	0,9				14,5				50,5			
	3	0,72				11,5				40,2			
	4	0,6				9,6				33,6			
	5	0,51				8,2				28,7			
	10	0,3				4,8				16,8			
Сер- ный ангид- рид	1	3,0	1,5	47,8		23,9		167,0		83,6			
	2	2,24	1,12	36,9		18,0		126,0		62,8			
	3	1,8	0,9	28,6		14,3		100,0		50,0			
	4	1,5	0,75	23,9		12,0		83,6		41,8			
	5	1,3	0,64	20,4		10,2		71,4		35,7			
	10	0,75	0,38	12,0		6,0		41,8		20,9			
Серо- угле- род	1	15,0	7,52	3,0	1,43	241	121	48,1	22,9	842	421	169	80,2
	2	11,3	5,65	2,26	1,08	181	90,5	36,2	17,3	633	317	127	60,3
	3	9,0	4,5	1,8	0,86	144	72,0	28,8	13,7	504	252	101	48,1
	4	7,52	3,76	1,5	0,72	121	60,1	24,1	11,5	421	211	84,2	40,1
	5	6,42	3,21	1,28	0,61	103	51,4	20,6	9,8	360	180	72	34,3
	10	3,8	1,9	0,75	0,4	60,2	30,1	12,1	5,75	211	106	24,1	20,1
Соля- ная кис- лота	1	28,5	9,5	2,85	1,8	457	153	45,7	28,6	1598	533	160	99,8
	2	21,5	7,15	2,15	1,35	343	115	34,3	21,5	1201	401	121	75,1
	3	17,1	5,7	1,7	1,1	274	91,1	27,4	17,1	957	319	95,7	59,8
	4	14,3	4,75	1,45	0,9	228	76,1	22,8	14,3	799	267	79,9	50,0
	5	12,2	4,1	1,25	0,8	195	65,0	19,5	12,2	683	228	68,3	42,7
	10	7,1	2,4	0,7	0,45	114	38,1	11,4	7,15	400	1330	40,0	25,0

## Исходные данные для выполнения лабораторной работы 6

## Задача 1

Место расположения участка	Генетический горизонт	Содержание в почве, мг/кг										Валовое содержание Al, мг/кг	Фоновое содержание, мг/кг
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co			
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ		
Лесопарковая зона города	Ud	10,80	2,15	23,4	4,35	5,33	1,85	0,88	0,32	0,45	0,16	2,33	Cu-0,48 Zn-0,96 Pb-0,23 Cd-0,03 Co-0,05
	Uih	8,35	0,22	12,3	4,26	3,28	1,62	0,75	0,28	0,58	0,19	-	
	U	3,08	0,18	10,6	1,39	2,18	0,92	0,65	0,38	0,71	0,32	-	
	P	3,85	0,18	4,3	1,32	1,55	0,68	0,96	0,44	0,76	0,38	7,41	

Примечание. рНсолевое - 5,2.

## Задача 2

Место расположения участка	Генетический горизонт	Содержание в почве, мг/кг										Валовое содержание Al, мг/кг	Фоновое содержание, мг/кг
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co			
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ		
Внутригородская рекреационная зона	Ud	7,55	2,10	23,45	4,43	5,28	1,81	0,93	0,37	0,40	0,11	1,87	Cu-0,48 Zn-0,96 Pb-0,23 Cd-0,03 Co-0,05
	Uih	9,07	0,55	12,75	6,42	4,21	1,28	0,73	0,23	0,52	0,14	-	
	U	3,84	0,13	4,35	1,37	1,57	0,63	1,01	0,49	0,71	0,33	-	
	P	3,07	0,12	3,25	1,32	1,12	0,64	1,38	0,26	0,9	0,44	5,48	

Примечание. рНсолевое - 5,3.

Задача 3

Место расположения участка	Генетический горизонт	Содержание в почве, мг/кг										Валовое содержание Al, мг/кг	Фоновое содержание, мг/кг
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co			
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ		
Промышленная площадка предприятия	U <sub>1</sub>	9,71	2,06	18,41	4,36	5,24	1,76	0,89	0,33	0,36	0,07	1,85	Cu-0,48 Zn-0,96 Pb-0,23 Cd-0,03 Co-0,05
	U <sub>2</sub>	9,03	0,46	12,71	6,38	4,17	1,24	0,69	0,16	0,48	0,17	-	
	U1	2,99	0,09	10,61	1,40	2,09	0,83	0,66	0,39	0,62	0,23	-	
	P	3,03	0,08	3,21	1,28	1,08	0,60	1,34	0,22	0,86	0,36	5,69	

Примечание. рНсолевое - 5,4.

Задача 4

Место расположения участка	Генетический горизонт	Содержание в почве, мг/кг										Валовое содержание Al, мг/кг	Фоновое содержание, мг/кг
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co			
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ		
Участок с одноэтажной застройкой в центре города	Ub	10,86	2,21	23,46	4,41	5,39	1,91	0,89	0,33	0,51	0,22	2,34	Cu-0,48 Zn-0,96 Pb-0,23 Cd-0,03 Co-0,05
	Uih	8,41	1,27	12,36	4,32	3,34	1,68	0,76	0,29	0,64	0,25	-	
	U	3,53	1,26	12,56	2,30	2,90	1,34	0,83	0,37	0,68	0,33	-	
	P	3,18	0,23	3,26	1,33	1,23	0,75	1,34	0,22	1,01	0,51	6,21	

Примечание. рНсолевое - 5,5.

Задача 5

Место расположения участка	Генетический горизонт	Содержание в почве, мг/кг										Валовое содержание Al, мг/кг	Фоновое содержание, мг/кг
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co			
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ		
Участок с одноэтажной застройкой на окраине города	Uh	23,46	4,41	23,49	4,35	5,33	1,85	0,93	0,37	0,45	0,16	3,71	Cu-0,48
	Uih	12,56	2,30	12,56	2,24	2,84	1,28	0,87	0,41	0,62	0,27	–	Zn-0,96
	U	10,66	1,45	10,65	1,39	2,18	0,92	0,72	0,43	0,71	0,32	–	Pb-0,23
	P	3,26	1,33	3,23	1,27	1,17	0,69	1,38	0,26	0,95	0,45	6,35	Cd-0,03 Co-0,05

Примечание. рНсолевое - 5,6.

Задача 6

Место расположения участка	Генетический горизонт	Содержание в почве, мг/кг										Валовое содержание Al, мг/кг	Фоновое содержание, мг/кг
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co			
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ		
Участок с административными строениями в центре города	Ub	9,71	0,63	38,77	5,03	6,52	0,95	0,16	0,05	0,45	0,16	4,23	Cu-0,48
	U	8,02	0,32	32,10	0,21	5,33	0,90	0,16	0,05	0,57	0,19	–	Zn-0,96
	Ul	2,43	0,25	32,12	0,12	4,74	0,65	0,10	0,03	0,58	0,19	–	Pb-0,23
	P	2,27	0,05	24,08	0,05	2,19	0,25	0,19	0,07	0,76	0,39	8,15	Cd-0,03 Co-0,05

Примечание. рНсолевое - 5,7.

Задача 7

Место расположения участка	Генетический горизонт	Содержание в почве, мг/кг										Валовое содержание Al, мг/кг	Фоновое содержание, мг/кг
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co			
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ		
Приполосный участок железнодорожной колеи	U	7,72	0,58	48,05	5,53	6,89	1,06	0,22	0,06	0,51	0,22	5,27	Cu-0,48
	Uli	3,63	0,36	47,56	0,54	6,18	0,87	0,13	0,04	0,63	0,25	–	Zn-0,96
	U <sub>2</sub>	2,42	0,10	19,72	0,38	2,84	0,18	0,19	0,05	0,82	0,44	–	Pb-0,23
	P	2,10	0,08	18,31	0,19	2,33	0,12	0,17	0,05	0,80	0,44	9,64	Cd-0,03 Co-0,05

Примечание. рНсолевое - 5,8.

Задача 8

Место расположения участка	Генетический горизонт	Содержание в почве, мг/кг										Валовое содержание Al, мг/кг	Фоновое содержание, мг/кг
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co			
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ		
Центральный автовокзал города	Ub	3,55	0,61	40,23	0,15	11,82	1,48	0,26	0,06	0,22	0,06	1,23	Cu-0,48
	U <sub>1</sub>	3,26	0,42	35,61	0,10	8,90	1,08	0,16	0,04	0,13	0,04	–	Zn-0,96
	U <sub>2</sub>	4,04	0,75	30,45	0,08	11,67	1,32	0,29	0,06	0,23	0,05	–	Pb-0,23
	P	3,53	0,67	26,46	0,08	12,29	1,38	0,34	0,07	0,19	0,05	12,41	Cd-0,03 Co-0,05

Примечание. рНсолевое – 5,9.

Задача 9

Место расположения участка	Генетический горизонт	Содержание в почве, мг/кг										Валовое содержание Al, мг/кг	Фоновое содержание, мг/кг
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co			
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ		
Внутригородская рекреационная зона	Ud	5,84	2,14	45,61	0,25	13,64	1,78	0,29	0,09	0,36	0,07	4,23	Cu-0,48 Zn-0,96 Pb-0,23 Cd-0,03 Co-0,05
	Uih	4,73	2,47	36,54	0,20	11,22	1,37	0,32	0,07	0,53	0,18	-	
	U	4,10	2,53	32,43	0,10	12,10	1,51	0,32	0,07	0,62	0,23	-	
	P	3,83	2,74	26,57	0,07	12,43	1,58	0,34	0,07	0,67	0,29	9,25	

Примечание. pHсолевое – 6,0.

Задача 10

Место расположения участка	Генетический горизонт	Содержание в почве, мг/кг										Валовое содержание Al, мг/кг	Фоновое содержание, мг/кг
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co			
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ		
Промышленная площадка предприятия	U <sub>1</sub>	6,22	0,92	45,71	0,33	18,54	2,18	0,37	0,12	0,26	0,06	4,78	Cu-0,48 Zn-0,96 Pb-0,23 Cd-0,03 Co-0,05
	U <sub>2</sub>	4,35	0,83	39,24	0,19	16,33	2,08	0,37	0,12	0,16	0,04	-	
	UI	5,14	1,10	42,12	0,21	17,22	1,98	0,37	0,13	0,22	0,05	-	
	P	3,24	0,65	35,42	0,09	19,32	2,58	0,41	0,17	0,34	0,07	9,31	

Примечание. pHсолевое – 6,1.

Задача 11

Место расположения участка	Генетический горизонт	Содержание в почве, мг/кг										Валовое содержание Al, мг/кг	Фоновое содержание, мг/кг
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co			
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ		
Участок с многоэтажной застройкой в центре города	U <sub>b</sub>	9,78	0,71	38,78	5,08	6,58	1,03	0,24	0,13	0,53	0,24	6,87	Cu-0,48
	U <sub>ih</sub>	8,08	0,4	32,08	0,29	5,38	0,98	0,24	0,13	0,65	0,27	–	Zn-0,96
	U <sub>l</sub>	2,28	0,13	23,88	0,13	2,18	0,33	0,24	0,14	0,84	0,46	–	Pb-0,23
	P	2,28	0,13	24,08	0,13	2,18	0,33	0,27	0,15	0,84	0,47	18,14	Cd-0,03 Co-0,05

Примечание. рНсолевое – 6,2.

Задача 12

Место расположения участка	Генетический горизонт	Содержание в почве, мг/кг										Валовое содержание Al, мг/кг	Фоновое содержание, мг/кг
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co			
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ		
Участок с одноэтажной застройкой на окраине города	U <sub>h</sub>	5,78	0,66	48,08	5,58	6,88	1,14	0,3	0,14	0,59	0,3	2,48	Cu-0,48
	U <sub>ih</sub>	3,68	0,44	47,58	0,58	6,18	0,95	0,21	0,12	0,71	0,33	–	Zn-0,96
	U	2,28	0,39	46,78	0,58	6,58	0,96	0,26	0,13	0,72	0,33	–	Pb-0,23
	P	2,08	0,16	18,38	0,18	2,38	0,2	0,25	0,13	0,88	0,52	10,36	Cd-0,03 Co-0,05

Примечание. рНсолевое - 6,3.

Задача 13

Место расположения участка	Генетический горизонт	Содержание в почве, мг/кг										Валовое содержание Al, мг/кг	Фоновое содержание, мг/кг
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co			
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ		
Участок с административными строениями в центре города	U <sub>b</sub>	3,28	0,48	35,68	0,18	8,98	1,16	0,24	0,12	0,21	0,12	1,63	Cu–0,48 Zn–0,96 Pb–0,23 Cd–0,03 Co–0,05
	U	4,08	0,78	30,48	0,16	11,68	1,42	0,37	0,14	0,31	0,13	–	
	U <sub>l</sub>	3,58	0,68	26,48	0,16	12,28	1,46	0,42	0,15	0,27	0,13	–	
	P	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	

Примечание. рНсолевое – 6,4.

Задача 14

Место расположения участка	Генетический горизонт	Содержание в почве, мг/кг										Валовое содержание Al, мг/кг	Фоновое содержание, мг/кг
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co			
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ		
Лесопарковая зона города	U <sub>d</sub>	3,58	0,68	40,28	0,23	11,88	1,56	0,34	0,14	0,3	0,14	1,23	Cu–0,48 Zn–0,96 Pb–0,23 Cd–0,03 Co–0,05
	U <sub>ih</sub>	3,28	0,48	35,68	0,18	8,98	1,16	0,24	0,12	0,21	0,12	–	
	U	4,08	0,78	30,48	0,16	11,68	1,4	0,37	0,14	0,31	0,13	–	
	P	3,58	0,68	26,48	0,16	12,28	1,46	0,42	0,15	0,27	0,13	8,41	

Примечание. рНсолевое – 6,5.

Задача 15

Место расположения участка	Генетический горизонт	Содержание в почве, мг/кг										Валовое содержание Al, мг/кг	Фоновое содержание, мг/кг
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co			
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ		
Одноэтажная жилищная застройка в рекреационной зоне города	Ub	6,28	0,98	45,78	0,41	18,58	2,26	0,45	0,2	0,34	0,14	4,41	Cu-0,48
	Uih	4,38	0,88	39,28	0,27	16,38	2,16	0,45	0,2	0,24	0,12	–	Zn-0,96
	U	5,18	1,08	42,18	0,29	17,28	2,06	0,45	0,21	0,3	0,13	–	Pb-0,23
	P	3,28	0,68	35,48	0,17	19,38	2,66	0,49	0,25	0,42	0,15	12,54	Cd-0,03 Co-0,05

Примечание. рНсолевое – 6,6.

Задача 16

Место расположения участка	Генетический горизонт	Содержание в почве, мг/кг										Валовое содержание Al, мг/кг	Фоновое содержание, мг/кг
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co			
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ		
Внутригородская рекреационная зона	Ud	6,82	1,06	23,4	4,35	5,39	1,91	0,89	0,33	0,40	0,11	2,35	Cu-0,48
	Uih	6,36	0,45	12,5	2,24	2,90	1,34	0,83	0,37	0,57	0,22	–	Zn-0,96
	U	3,21	0,22	10,6	1,39	2,24	0,98	0,66	0,39	0,66	0,27	–	Pb-0,23
	P	2,33	0,12	3,20	1,27	1,23	0,75	1,34	0,22	0,9	0,44	11,48	Cd-0,03 Co-0,05

Примечание. рНсолевое – 6,7.

## Задача 17

Место расположения участка	Генетический горизонт	Содержание в почве, мг/кг										Валовое содержание Al, мг/кг	Фоновое содержание, мг/кг
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co			
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ		
Промышленная площадка предприятия	U <sub>1</sub>	6,88	1,14	23,48	4,43	5,47	1,99	0,97	0,41	0,48	0,19	4,54	Cu-0,48 Zn-0,96 Pb-0,23 Cd-0,03 Co-0,05
	U <sub>2</sub>	6,38	0,53	12,58	2,32	2,98	1,42	0,91	0,45	0,65	0,3	–	
	U <sub>1</sub>	3,28	0,3	10,68	1,47	2,32	1,06	0,74	0,47	0,74	0,35	–	
	P	2,38	0,20	3,28	1,35	1,31	0,83	1,42	0,3	0,98	0,52	15,31	

Примечание. рНсолевое – 6,8.

## Задача 18

Место расположения участка	Генетический горизонт	Содержание в почве, мг/кг										Валовое содержание Al, мг/кг	Фоновое содержание, мг/кг
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co			
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ		
Внутригородская рекреационная зона	U <sub>d</sub>	9,71	2,06	18,41	4,36	5,39	1,91	0,89	0,33	0,40	0,11	1,87	Cu-0,48 Zn-0,96 Pb-0,23 Cd-0,03 Co-0,05
	U <sub>ih</sub>	9,03	0,46	12,71	6,38	3,34	1,68	0,76	0,29	0,52	0,14	–	
	U	2,99	0,09	10,61	1,40	2,90	1,34	0,83	0,37	0,71	0,33	–	
	P	3,03	0,08	3,21	1,28	1,23	0,75	1,34	0,22	0,9	0,44	5,48	

Примечание. рНсолевое – 6,9.

Задача 19

Место расположения участка	Генетический горизонт	Содержание в почве, мг/кг										Валовое содержание Al, мг/кг	Фоновое содержание, мг/кг
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co			
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ		
Промышленная площадка предприятия	U1	7,55	2,10	23,45	4,43	5,24	1,76	0,89	0,33	0,45	0,16	3,87	Cu-0,48 Zn-0,96 Pb-0,23 Cd-0,03 Co-0,05
	U2	9,07	0,55	12,75	6,42	4,17	1,24	0,69	0,16	0,62	0,27	-	
	U1	3,84	0,13	4,35	1,37	2,09	0,83	0,66	0,39	0,71	0,32	-	
	P	3,07	0,12	3,25	1,32	1,08	0,60	1,34	0,22	0,95	0,45	5,69	

Примечание. рНсолевое – 7,0.

Задача 20

Место расположения участка	Генетический горизонт	Содержание в почве, мг/кг										Валовое содержание Al, мг/кг	Фоновое содержание, мг/кг
		Cu		Zn		Pb		Cd		Co			
		ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ	ВФ	ПФ		
Участок с одноэтажной застройкой в центре города	Ub	23,46	4,41	23,49	4,35	5,28	1,81	0,93	0,37	0,51	0,22	2,34	Cu-0,48 Zn-0,96 Pb-0,23 Cd-0,03 Co-0,05
	Uih	12,56	2,30	12,56	2,24	4,21	1,28	0,73	0,23	0,64	0,25	-	
	U	10,66	1,45	10,65	1,39	1,57	0,63	1,01	0,49	0,68	0,33	-	
	P	3,26	1,33	3,23	1,27	1,12	0,64	1,38	0,26	1,01	0,51	6,21	

Примечание. рНсолевое – 7,1.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	
Лабораторная работа 1. Системный анализ состояния земельного фонда Республики Беларусь .....	
Лабораторная работа 2. Мониторинг почвенного покрова земель, подверженных ветровой эрозии .....	
Лабораторная работа 3. Мониторинг почвенного покрова земель, подверженных водной эрозии .....	
Лабораторная работа 4. Мониторинг загрязнения почвенного покрова пестицидами .....	
Лабораторная работа 5. Прогнозирование загрязнения почвенного покрова вследствие утечки или выброса опасных химических веществ .....	
Лабораторная работа 6. Мониторинг загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами .....	
Библиографический список .....	
Приложения .....	