



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

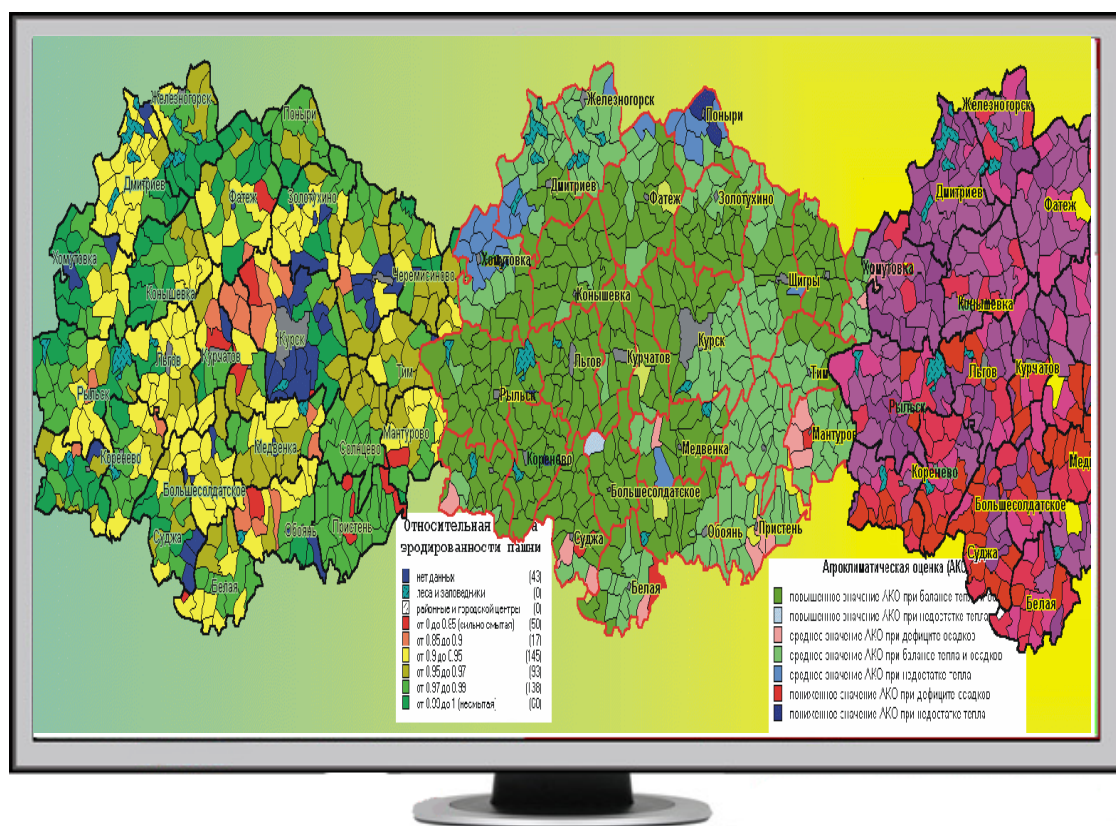
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ – МСХА

имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА

(ФГОУ ВПО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ

Интерактивный курс



Москва 2010



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ – МСХА
имени **К.А. ТИМИРЯЗЕВА**
(ФГОУ ВПО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Васенев И. И., Бузылев А.В.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ

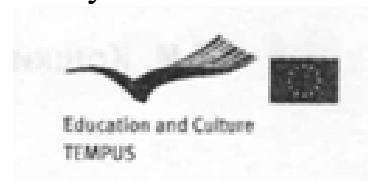
**Интерактивный курс
для подготовки магистров
по направлению «Агрохимия и агропочвоведение»
профилю «Агроэкология»
программе «Агроэкологический менеджмент и
инжиниринг»**

Москва 2010

УДК 519 : 631.58
ББК 26.1 + 41.41
А 26

Авторы: д-р биол. наук, проф. И.И. Васенев, А.В. Бузылев.

*Издание осуществлено при поддержке
программы Темпус, грант Европей-
ской Комиссии CD_JEP~26168-2005*



Рецензенты:

д-р биол. наук, проф., чл.-корр. РАН С.А. Шоба (МГУ имени М.В. Ломоносова),
д-р биол. наук, проф. М.А. Мазиров (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Васенев И. И., Бузылев А.В.

Автоматизированные системы агроэкологической оценки земель. Интерактивный курс – М.: РГАУ-МСХА, 2010. 120 с.: илл. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений).

В учебном пособии в интерактивной форме представлены современные представления об автоматизированных системах агроэкологической оценки земель и их применении для решения актуальных агроэкологических проблем земледелия и землепользования. Основное внимание уделено методическим вопросам оценки качества земель, информационно-методического обеспечения рационального сельскохозяйственного землепользования, агроэкологического анализа антропогенной динамики почв, методологии регионально комплексной системы оценки агроэкологического качества земель. Описаны базовые алгоритмы анализа, принципы районирования нормативной базы, формы представления входных и выходных данных в Региональной автоматизированной системе комплексного агроэкологического анализа почв и земель РАСКАЗ. Рассматриваются примеры их применения для анализа агроэкологического качества почв и земель на уровне конкретного региона, отдельного хозяйства и рабочего участка – с использованием адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия. Вторая часть пособия посвящена практическим работам по анализу агроэкологического качества почв и земель с применением стандартных пакетов анализа и программы РАСКАЗ.

Для студентов агроэкологических и агрономических специальностей, обучающихся по программам магистратуры, а также аспирантов, преподавателей, научных сотрудников, работников сельского хозяйства и природоохранных учреждений, интересующихся вопросами оценки земель.

Данный материал опубликован при поддержке Европейского Союза. Содержание публикации является предметом ответственности авторов и не отражает точку зрения Европейского Союза.

© Васенев И. И., Бузылев А.В., 2010

© РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2010

Предисловие

В учебном пособии систематизированы современные представления об автоматизированных системах агроэкологической оценки земель и их применении для решения актуальных агроэкологических проблем земледелия и землепользования. Основное внимание уделено методическим вопросам определения и оценки качества земель, информационно-методического обеспечения рационального сельскохозяйственного землепользования, морфогенетического и агроэкологического анализа антропогенной динамики почв, методологии регионально адаптированной комплексной системы оценки агроэкологического качества земель. Описаны базовые алгоритмы анализа, принципы районирования нормативной базы, формы представления входных и выходных данных в Региональной автоматизированной системе комплексного агроэкологического анализа почв и земель РАСКАЗ. Рассматриваются примеры их применения для анализа агроэкологического качества почв и земель на уровне конкретного региона, отдельного хозяйства и рабочего участка – с использованием адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия. Вторая часть пособия посвящена практическим работам по анализу агроэкологического качества почв и земель с применением стандартных пакетов анализа и программы РАСКАЗ.

Материал представлен в интерактивной форме. Модули построены по общему плану. Теоретическому материалу предшествуют методические и организационные указания, ключевые слова, основная и дополнительная литература. В тексте обращается внимание на наиболее важные положения путем постановки вопросов и выделение материала восклицательным знаком. В конце каждого раздела имеются контрольные вопросы и задания, выполнение которых позволяет активизировать и закрепить полученные знания.

Наряду с отечественными и зарубежными публикациями последних лет, использованы результаты научной работы и преподавания на кафедре экологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Часть I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЗЕМЕЛЬ



Модуль 1. Современные проблемы агроэкологического состояния земель в России

Вы будете изучать

- Основные проблемные экологические ситуации сельскохозяйственного землепользования в России.
- Приоритетные задачи информационно-методического обеспечения рационального сельскохозяйственного землепользования.
- Перспективы развития информационного обеспечения экологически безопасного земледелия в России.

Цели модуля

- Дать представление о приоритетных задачах информационно-методического обеспечения рационального сельскохозяйственного землепользования.
- Показать перспективы развития информационного обеспечения экологически безопасного земледелия в России.
- Обсудить основные проблемные экологические ситуации сельскохозяйственного землепользования в России.

После изучения модуля вы сможете

- Знать перспективы развития информационного обеспечения экологически безопасного земледелия и землепользования в России.
- Выявлять приоритетные задачи информационно-методического обеспечения землепользования в условиях конкретного региона и хозяйства.
- Понимать и структурировать проблемные экологические ситуации сельскохозяйственного землепользования в условиях конкретного региона.



Основная литература

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий (под ред. В.И. Кирюшина и А.Л. Иванова). – М.: Росинформагротех, 2005. - 783 с.
2. Информационно-справочные системы по оптимизации землепользования в условиях ЦЧЗ (под ред. И.И. Васенёва и Г.Н. Черкасова). – Курск: ЦНТИ, 2002. – 120 с.
3. Кирюшин В.И. Агрочвоведение. – М.: КолосС, 2009.
4. Методика агроэкологической типизации земель в агроландшафте (под ред. И.И. Васенева) – М.: Россельхозакадемия, 2004. – 80 с.



Дополнительная литература

1. Агроэкология. Методология, технология, экономика (под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса). – М.: КолосС, 2004. – 400 с.
2. Васенев И.И. Почвенные сукцессии. - М.: Издательство ЛКИ, 2008. –400 с.



Ключевые слова

Проблемные агроэкологические ситуации,
 Агроэкологическая оценка земель,
 Антропогенная деградация почв,
 Экологически безопасное земледелие,
 Информационно-методическое обеспечение.

1.1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ



Какие задачи решает агроэкологическая оценка земель?



Все разнообразие известных задач агроэкологической оценки земель сельскохозяйственного назначения можно свести к анализу двух принципиальных групп их агроэкологических функций, или качеств:

а) оценке ресурсного потенциала земель и уровня их соответствия агроэкологическим требованиям выращиваемых или планируемых для выращивания культур, и применяемых при этом агротехнологий;


б) оценке экологического состояния земель, т.е. степени их отклонения от оптимальных (стандартных, или контрольных) значений основных диагностических параметров агроэкологического качества – что, с одной стороны, является следствием антропогенной деградации земель и, с другой стороны, объективным показателем устойчивости их нормального функционирования.

Очевидно, что актуальность первой группы задач оценки возрастает на переходных этапах развития сельскохозяйственных технологий, при смене земельного собственника и повышении нестабильности рынка цен на основные виды сельскохозяйственной продукции и затраты на ее производство. Вторая группа задач резко активизируется в территориальных зонах или временных периодах повышенных экологических рисков и/или требований сельскохозяйственного производства, значительного нарушения агротехнологий и качественного обострения деградационных проблем землепользования, экологический ущерб от которых начинает лимитировать производство.

Характерной чертой современной агроэкологической ситуации в большинстве основных сельскохозяйственных регионов России является одновременное сочетание всех отмеченных факторов актуализации основных задач агроэкологической оценки функционального качества и состояния земель. В условиях повышенной нестабильности рыночных цен происходят активное перераспределение земельной собственности, сильная пространственная дифференциация применяемых агротехнологий и серьезные отклонения от агроэкологически рациональной структуры севооборотов, повторяемости и чередования выращиваемых культур.

Резко обострившиеся и усложнившиеся за последние десятилетия процессы антропогенной деградации земель оказывают самое серьезное влияние на эффективность применяемых на них технологий и рентабельность производства основных сельскохозяйственных культур, во многом определяя текущее агроэкологическое состояние большинства земель, реально получаемую на них урожайность, окупаемость производимых при этом затрат и устойчивость основных параметров производства.

1.2. ПРОБЛЕМНЫЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИТУАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

 **Что обуславливает актуальность задач агроэкологической оценки земель?**

Характерное для любых стадий исторического развития современной цивилизации пристальное внимание общества к земле и почве объясняется, прежде всего, чрезвычайной важностью для нее сохранения стабильного выполнения почвой ее основных экологических и социально значимых функций.

Недостаток знаний, желания, или времени для предварительного прогнозирования экологических последствий планируемых антропогенных воздействий на почвы не раз приводил к серьезным эколого-экономическим по-

терям. Достаточно вспомнить черные бури на Среднем Западе США 30-х годов и кавалерийское освоение целинных земель в Сибири и Казахстане 60-х, сильнейшую деградацию черноземов на рисовых чеках и быстрое выгорание пересушенных торфяников полесий, сильное переуплотнение почв в результате многолетнего увеличения веса почвообрабатывающей техники и подтопление пойменных земель при строительстве равнинных водохранилищ.

В чем состоят агроэкологические проблемы современного землепользования?

Сильно возросший за последнее столетие антропогенный пресс на почвенный покров, агроландшафт и биосферу в целом, в значительной мере подрвал нормальные условия для их устойчивого функционирования. Он спровоцировал целый ряд региональных и глобальных кризисов природопользования. Одними из наиболее опасных являются региональные агроэкологические проблемы массовой деградации земель, качественного ухудшения их экологического состояния и функциональных возможностей. В ряде случаев они уже достигли уровня антропогенного опустынивания или резкого сужения почвенно-агроландшафтной базы устойчивого функционирования и развития местных сообществ и целых сельскохозяйственных регионов.

Гораздо чаще антропогенные (агрогенные, техногенные) изменения почв приводят к частичному ограничению их функционального качества и агроэкологического состояния. Эти проблемы, как правило, привлекают гораздо меньше внимания со стороны населения, административных и законодательных органов власти. Однако, с учетом масштаба своего распространения и временных темпов развития, они несут не меньшую опасность для общества, чем уже свершившиеся случаи регионального и локального опустынивания.

Важно подчеркнуть, что подобные проблемные ситуации, как правило, еще поддаются рациональному регулированию и разрешению. Это обуславливает особую актуальность развития соответствующей методической, инфор-

мационной и технологической базы для их анализа, диагностики, оценки опасности, прогнозирования и нормативного обеспечения управленческих решений и мер функционально-целевого регулирования.

Сильная техногенная деградация, загрязнение или заражение земель сопровождаются разносторонней и глубокой деформацией их основных агроэкологических функций, качеств и характеристик, резко ухудшают геохимическое, биологическое и биохимическое функционирование. Нередко они приводят к экологически или экономически обусловленной невозможности сохранения традиционного землепользования – как, например, при сильном загрязнении земель нефтепродуктами, тяжелыми металлами, радиоактивными изотопами и отходами производства.

Объективно наблюдаемое в большинстве стран антропогенное сокращение удельной площади земель, пригодных для активного сельскохозяйственного использования, заставляет современное общество и землепользователей с большим вниманием относиться к вопросам комплексного анализа и оценки агроэкологического состояния почв и земель, повышения эффективности их использования и минимизации негативного воздействия на них.

В России эта ситуация, в очередной раз, обостряется негативными экологическими, финансовыми и материально-технологическими последствиями глобального экономического кризиса и недостаточно обеспеченной со стороны государства глубокой реорганизации сельского хозяйства.

1.3.ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ



В чем состоят особенности современного состояния землепользования и сельхозтоваропроизводителей в России?

Последние социально-экономические реорганизации села сделали экономически убыточным традиционное землепользование в значительной части

хозяйств - лишив их привычной организационно-финансовой поддержки со стороны государства, и тем самым спровоцировали стихийное забрасывание не только сильно эродированных, выпаханных или труднодоступных, но и хороших, удобно расположенных земель. По оценкам кадастровых служб, площадь заброшенной пашни стала исчисляться уже десятками тысяч га в пределах большинства традиционно сельскохозяйственных областей России.

В то же время, сохранила свои позиции группа традиционно наиболее сильных хозяйств с грамотными и опытными руководителями, которым удалось сохранить основные производственные фонды, вписаться в новые рыночные отношения и прочно занять там свою товарную нишу. Таких хозяйств еще сравнительно немного – как правило, не более 15-20 % в пределах каждой области. Однако, они уже достаточно крепко стоят на ногах и за последние 10-15 лет приобрели бесценный опыт рационального землепользования в условиях слабо регулируемого рынка и ограниченной господдержки.

Слабые хозяйства постепенно меняют старые формы своей собственности и организации, входя в состав более сильных или попадая под контроль крупных агрофирм, корпораций, промышленных предприятий или частного капитала.

В чем состоят потребности сельхозтоваропроизводителей в информационно-методическом обеспечении?

Новые собственники или арендаторы земли, нередко, сталкиваются с серьезными проблемами резкого дефицита современного информационно-методического обеспечения – при необходимости принятия срочных ответственных решений в условиях повышенной нестабильности цен и высокого пространственного варьирования качества земельных угодий (рис. 1.3.1).

Да и руководителям, специалистам сохранившимся крепких хозяйств нередко приходится трудно в принятии своевременных решений по оптимизации земледелия – в условиях динамично меняющегося рынка сельскохозяйственной продукции, промышленных товаров и банковских услуг.

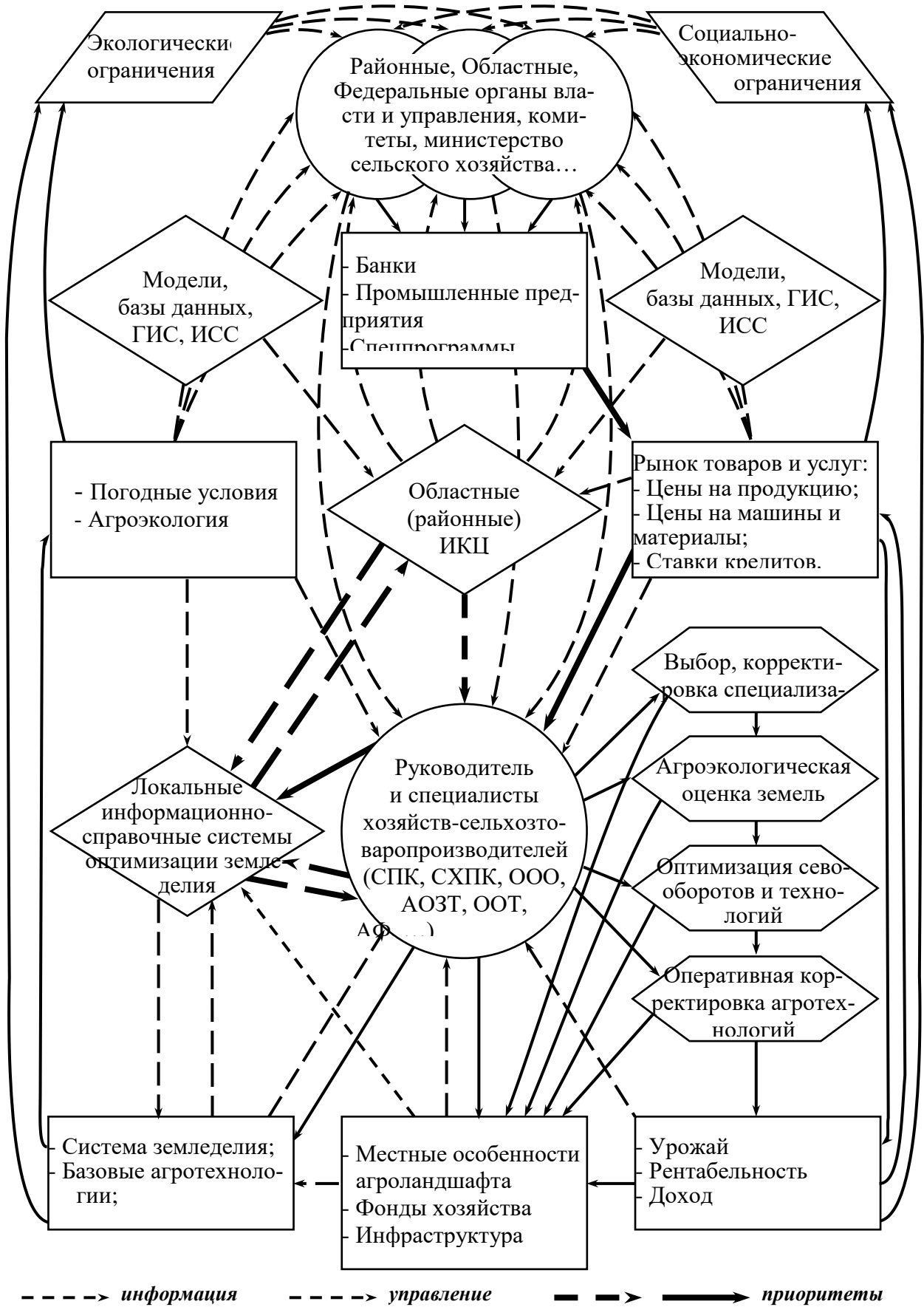


Рис. 1.3.1. Общая блок-схема информационно-справочного обеспечения управленческих решений по экологически безопасному и экономически эффективному землепользованию (Васенёв и др., 2002).

Руководители и специалисты хозяйств должны оперативно принимать ответственные управленческие решения в условиях слабо структурированной зависимости урожайности основных культур от погоды и местных особенностей агроландшафта, быстрого обновления доступного ассортимента семян, техники, удобрений, средств защиты растений, целых агротехнологий, неразвитой инфраструктуре производства и сбыта, сложных условиях кредитования.

Резко возросший за последние годы объем текущей производственно-экономической информации неизбежно сказывается на качестве принимаемых «на ходу» ответственных управленческих решений по земледелию и землепользованию. Растущий объем удельных вложений в сельскохозяйственное производство пропорционально увеличивает возможные потери от принятия нерациональных (недостаточно просчитанных) решений.

Федеральные, областные и районные органы власти, министерства, комитеты, управления сельского хозяйства также постоянно сталкиваются с дефицитом достоверной и подготовленной информацией – для принятия оперативных и перспективных управленческих и регулирующих решений, но уже на уровне соответствующей территории.

За рубежом наработан большой багаж соответствующих информационно-справочных систем, число используемых в них моделей удваивается каждые 3-5 лет.

В России разработка информационно-методического обеспечения рационального сельскохозяйственного землепользования оказалась заморожена постперестроечным кризисом сельского хозяйства и начинает оживать только в последние годы – параллельно с ростом государственного внимания к отечественным сельхозтоваропроизводителям и качественной модернизацией агротехнологий.



Что составляет основу адаптивно-ландшафтных систем земледелия?

Каркасной основой систем земледелия нового поколения является адаптивно-ландшафтное землеустройство, которое предусматривает:

- агроэкологическую типизацию земель по ресурсам и лимитирующим факторам почвенного плодородия, тепла, влаги и потенциала развития деградационных процессов;
- функционально-целевую типизацию земель с оптимизацией соотношения угодий и структуры посевных площадей;
- формирование природоохранной инфраструктуры агроландшафта;
- уточнение специализации хозяйства и схемы размещения основных культур и севооборотов по его территории – на базе комплексного анализа природно-хозяйственных ресурсов и эффективности их использования.



Что относится к важнейшим элементам адаптивно-ландшафтных систем земледелия?




Важнейшими технологическими элементами адаптивно-ландшафтных систем земледелия являются:

- ✓ адаптированное к местным условиям агроландшафта и дифференцированное по территории хозяйства агроэкологическое регламентирование агротехногенных нагрузок на почвенный покров рабочих участков;
- ✓ адаптивный подбор культур, сортов и севооборотов, технологий возделывания культур – к агроэкологическим особенностям земель;
- ✓ рациональные, с точки зрения экологии и экономики землепользования, элементы биологизации земледелия и применения гибких агротехнологий;
- ✓ консервация и мелиорация деградированных земель, экологическая стабилизация и повышение устойчивости проблемных ареалов агроландшафта.

1.4. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РОССИИ

Концептуально-методические основы и первичная нормативная база разработки и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия активно разрабатываются в последние годы большой группой авторов из головных институтов Россельхозакадемии и целого ряда сельскохозяйственных вузов России (рис. 1.4.1). Под эгидой Отделения земледелия РАСХН и РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева было разработано базовое методическое руководство по агроэкологической оценке земель и проектированию адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: «Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий» (2005).

 **Что является необходимым условием успешного использования на практике адаптивно-ландшафтных систем земледелия?**

Необходимым условием их широкого внедрения и успешного использования на практике становится разработка специализированного информационно-методического обеспечения для оперативного решения широкого спектра быстро меняющихся прогнозно-оценочных и оптимизационно-технологических задач при функционально-экологическом анализе, проектировании, корректировке и реализации базовых элементов систем земледелия.

Можно говорить о своеобразном ренессансе земельно-оценочных исследований, из которых в свое время развилось современное генетическое почвоведение. Сейчас они затрагивают очень широкий набор экологических функций и их основных диагностических показателей.

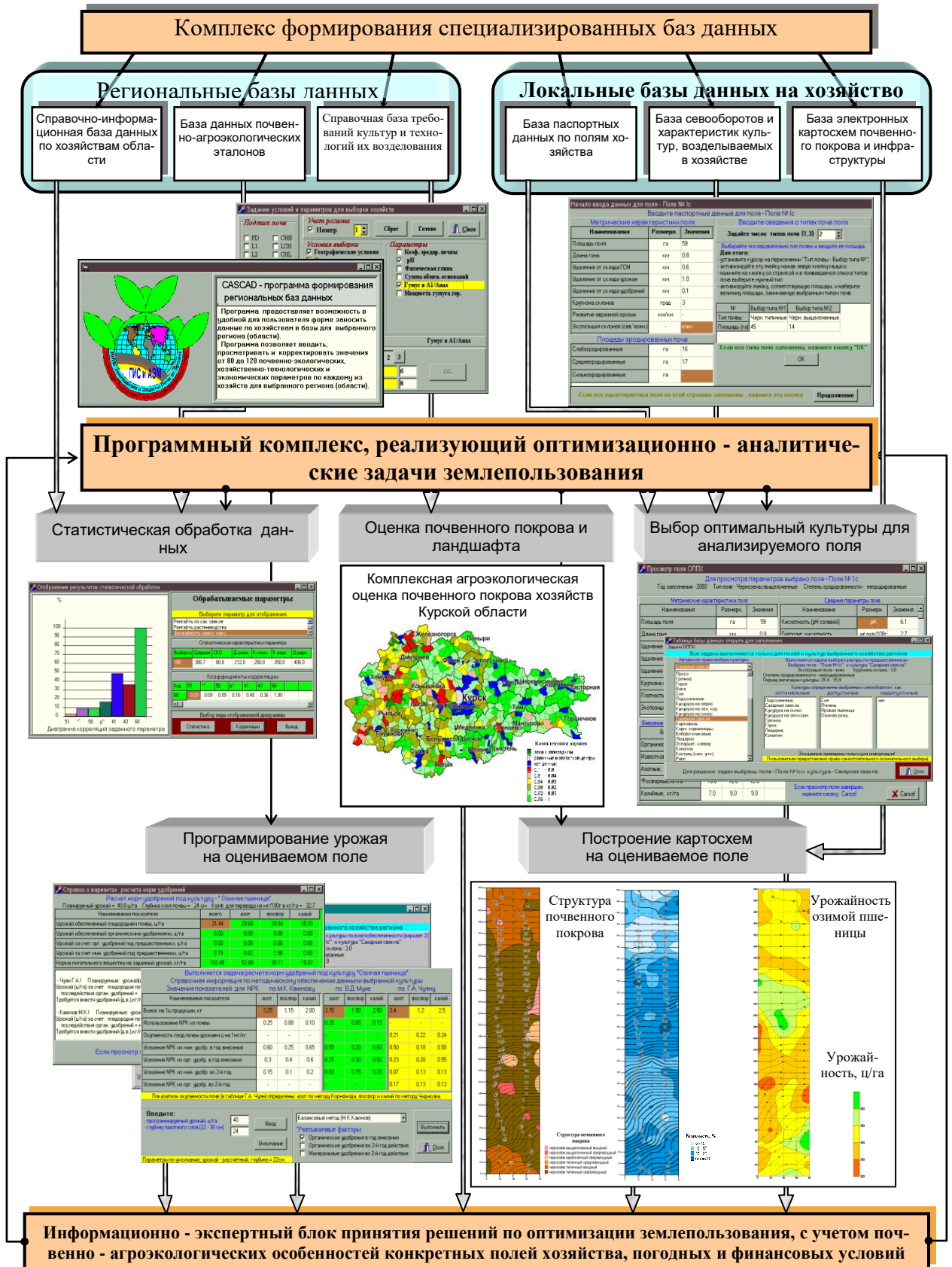



Рис. 1.4.1. Базовые элементы региональной иерархически организованной АгроГИС для агроэкологической оптимизации землепользования (Васенев и др., 2002).

Нацеливаются на их дифференцированное согласование с агроэкологическими требованиями основных сельскохозяйственных культур и, в перспективе, сортов и агротехнологий. Стараются максимально учитывать местные особенности агроландшафта и прогнозируемые условия вегетационного периода.

 **Что является необходимым условием успешного использования на практике адаптивно-ландшафтных систем земледелия?**

Необходимым условием их широкого внедрения и успешного использования на практике становится разработка специализированного информационно-методического обеспечения для оперативного решения широкого спектра быстро меняющихся прогнозно-оценочных и оптимизационно-технологических задач при функционально-экологическом анализе, проектировании, корректировке и реализации базовых элементов систем земледелия.

Можно говорить о своеобразном ренессансе земельно-оценочных исследований, из которых в свое время развилось современное генетическое почвоведение. Сейчас они затрагивают очень широкий набор экологических функций и их основных диагностических показателей. Нацеливаются на их дифференцированное согласование с агроэкологическими требованиями основных сельскохозяйственных культур и, в перспективе, сортов и агротехнологий. Стараются максимально учитывать местные особенности агроландшафта и прогнозируемые условия вегетационного периода.

 **Как дифференцируются современные системы оценки агроэкологического качества земель?**

Разрабатываемые системы агроэкологической оценки земель и угодий сельскохозяйственного землепользования постепенно стратифицируются по типу решаемых задач, территориальному и временному масштабу выполняемых оценок.

Основной спектр решаемых задач плавно перемещается из области статических агропроизводственных оценок условно однородных земель в сферу детального анализа их пространственного разнообразия и агрогенной динамики, поливариантного нормативного прогнозирования и интерактивных систем функционально-целевого конструирования моделей.



Что является ключевым элементом современных систем оценки агроэкологического качества земель?



Ключевым элементом любых систем анализа и оценки агроэкологического состояния земель сельскохозяйственного землепользования всегда остаются:

- правильно установленный набор основных диагностических показателей (ОДП) их функционального качества и экологического состояния,
- районированные нормативы и шкалы частной агроэкологической оценки ОДП,
- базовые алгоритмы точной координации объектов оценки,
- базовые алгоритмы системного анализа первичной информации,
- базовые алгоритмы качественной иерархической интеграции (по рассматриваемому набору агроэкологических функций и структурной организации объекта анализа),
- базовые алгоритмы агроэкологической интерпретации оценочной информации.



Контрольные вопросы и задания

1. **Какие задачи решает агроэкологическая оценка земель?**
2. **Что обуславливает повышенную актуальность агроэкологической оценки земель в условиях современного сельского хозяйства?**
3. **Дайте краткий анализ основных агроэкологических проблем современного сельскохозяйственного землепользования в России.**
4. **Прокомментируйте агроэкологические особенности современного состояния землепользования и сельхозтоваропроизводителей в основных сельскохозяйственных регионах России.**
5. **Объясните основные потребности сельхозтоваропроизводителей в информационно-методическом обеспечении землепользования в России.**
6. **Что составляет основу адаптивно-ландшафтных систем земледелия?**
7. **Прокомментируйте основные элементы адаптивно-ландшафтных систем земледелия.**
8. **В чем состоит агроэкологическое обеспечение адаптивно-ландшафтных систем земледелия?**
9. **Что является необходимым условием успешного использования на практике адаптивно-ландшафтных систем земледелия?**
10. **Что является ключевым элементом современных систем оценки агроэкологического качества земель в России?**



Модуль 2. Антропогенная динамика почв и ее влияние на экологическое состояние сельхозугодий

Вы будете изучать

- Основные виды антропогенной деградации почв и земель
- Наиболее распространенные циклы и тренды антропогенной динамики почв
- Антропогенные изменения агроэкологических функций почв
- Антропогенные изменения агроэкологического качества сельскохозяйственных земель

Цели модуля

- Дать представление об основных видах антропогенной деградации почв и земель, скорости и потенциале их развития
- Показать особенности наиболее распространенных циклов и трендов антропогенной динамики почв
- Познакомить с антропогенными изменениями основных экологических и агроэкологических функций почв
- Обсудить антропогенные изменения агроэкологического качества сельскохозяйственных земель

После изучения модуля Вы сможете

- Узнавать основные виды антропогенной деградации почв и земель
- Понимать отличия между наиболее распространенными циклами и трендами антропогенной динамики почв
- Разбираться в антропогенных изменениях агроэкологического качества сельскохозяйственных земель конкретного региона и хозяйства

- Объяснять антропогенные изменения агроэкологических функций почв



Основная литература

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий (под ред. В.И. Кирюшина и А.Л. Иванова). – М.: Росинформагротех, 2005. - 783 с.
2. Кирюшин В.И. Агрочвоведение. – М.: КолосС, 2009. – 600 с.
3. Козловский Ф.И. Теория и методы изучения почвенного покрова. – М.: Наука, 2003. – 536 с.
4. Методика агроэкологической типизации земель в агроландшафте (под ред. И.И. Васенева) – М.: Россельхозакадемия, 2004. – 80 с.



Дополнительная литература

1. Антропогенная эволюция черноземов (под ред. А.П. Щербакова и И.И. Васенева). – Воронеж: ВГУ, 2000. – 412 с.
2. Васенев И.И. Почвенные сукцессии. -М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 400 с.
3. Васенев И.И. Анализ средневременной динамики черноземов антропогенно измененных лесостепных экосистем. – Курск: ЦНТИ, 2003. – 120 с.



Ключевые слова

Агроэкологическая оценка земель,
Антропогенная деградация почв и земель,
Циклы и тренды антропогенной динамики почв,
Агроэкологическое качество сельскохозяйственных земель,
Агроэкологические функции почв и земель,
Оптимизация землепользования.

2.1. АНТРОПОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧВЕННЫХ СВОЙСТВ

В современной динамике почвенного покрова часто преобладает антропогенная составляющая. В XX-м веке деятельность человека превратилась в наиболее мощный геоэкологический фактор развития почв и ландшафтов. Вследствие сильных антропогенных изменений локальной структуры ландшафта, региональных соотношений земельных угодий, состава и состояния атмосферы, наблюдаются серьезные климатические и микроклиматические изменения.



В чем состоит негативное влияние антропогенного фактора на агроэкологическое состояние почв и земель?

Значительная часть естественных биоценозов заменена агроценозами или испытывает мощный негативный пресс влияния современной урбанизации и техногенеза. В этих условиях антропогенные изменения почвенных свойств распространены практически повсеместно.

Интенсивная распашка сопровождается нарушением строения верхней части почвенного профиля, сложения, структуры и состава верхних почвенных горизонтов. Пахотные нарушения профиля почвы и замена природного биоценоза монокультурой или севооборотным агроценозом сильно изменяют почвенные режимы и вносят в их функционирование новые, ротационные и/или сезонные циклические составляющие.

Вынос с урожаем питательных веществ редко полностью компенсируется регулярным внесением минеральных и органических удобрений. Резкое сужение набора выращиваемых растений способствует быстрому росту почвоутомления и фитосанитарного загрязнения земель. С возрастом пашни постепенно развивается комплексное явление выпашивания почв – в настоящее время широко распространенное в старопашотных почвах всего зонального ряда: от дерново-подзолистых до черноземов и каштановых почв.



Что в себя включает явление выпахивания почв?



Явление выпахивания почв включает в себя сложные сочетания деградационных процессов разной природы:

- агрофизическую деградацию – *ухудшение водно-воздушного режима вследствие утраты почвой структуры и уплотнения;*
- агротехническую деградацию – *ухудшение систем обработки вследствие ухудшения физико-механических свойств пахотного горизонта;*
- агрохимическое истощение – *нарушение баланса питательных элементов, вследствие превышения их выноса над возвратом;*
- биологическое обеднение – *утрату или угнетение полезной почвенной микробиоты;*
- фитопатогенное почвоутомление – *нарушение санитарного состояния почвы, загрязнение ее микроорганизмами, вредителями и корневыми выделениями депрессивного действия.*



В чем состоит негативное влияние эрозии на агроэкологическое состояние почв и земель?

Нерациональное использование земель (*сплошная распашка склонов, перевыпас скота, нарушения технологий обработки*) часто сопровождается интенсивным развитием эрозии.



Эрозия удаляет верхнюю, наиболее плодородную, часть почвы, выступая (*по меткому выражению И.А. Крупеникова (1992)*), в роли

своеобразной почвенной «гильотины». А сносимый вниз по склону эродированный материал погребает ниже лежащие почвы, забивает овраги и загрязняет водоемы.

В Центральном Черноземье плоскостной эрозией охвачена третья часть всех сельскохозяйственных земель. Удаление верхней части профиля резко меняет условия почвообразования в нижних, сохраняющихся горизонтах. В условиях пашни они не только выходят на поверхность, но и вовлекаются в очень активный круговорот использования веществ. Нередко, вышедшие на поверхность почвенные горизонты еще менее устойчивы к эрозии, и тогда она развивается по спирали.

Наряду с плоскостной эрозией, интенсивная распашка почв часто сопровождается ускоренным развитием линейной эрозии, формированием новых овражно-балочных систем, распространением мочаров и оползневых явлений. При особо неблагоприятных условиях распашки, некоторые хозяйства за 20-40 лет интенсивного земледелия могут терять до 30 % своей пашни.



Какие возможны негативные последствия орошения на агроэкологическое состояние почв и земель?

Оросительная мелиорация вызывает большие изменения почвенных свойств. В условиях орошения механические нарушения почвенного профиля и смена биоценоза дополняются резкими импактными нарушениями водного режима почв. Это в свою очередь вызывает сильные трансформации их теплового, кислотно-щелочного, окислительно-восстановительного, кальциевого, калийного, нитратного режимов и т.д.



▣ *Нерационально применяемое орошение (с нарушением экологически обоснованных поливных норм и режимов полива) ускоряет выпахивание почв, деградацию их структуры, переуплотнение, выщелачивание карбонатов, подкисление или, наоборот, вторичное засоление и*

ощелачивание почвенного профиля. Оно не раз являлось причиной забрасывания некогда плодородных земель.



В чем заключается опасность техногенных нарушений почвенного покрова?

В последние десятилетия все более широкое распространение получают техногенные нарушения почвенного покрова городских, рекреационных земель, промышленных и гидротехнических объектов. В этих условиях глубина механического нарушения (усечение, турбации, переуплотнение, погребение и т.п.) может колебаться от нескольких сантиметров до 1-2 метров и более.



▣ Механические нарушения часто сопровождаются примешиванием искусственных материалов (*кирпичей, цемента, щебня, асфальта и т.п.*), экранированием почвенных горизонтов труднопроницаемыми слоями из этих материалов, привнесением в почву больших количеств химически очень активных веществ (*солей, кислот, щелочей*).


Нередко наблюдается подтопление земель как результат нарушения природной дренажной системы и/или искусственного поднятия уровня грунтовых вод. Большое влияние на почву оказывает смена биоценозов, загрязнение токсикантами, формирование техногенных структур ландшафта, техногенные изменения микроклимата.



На какие свойства оказывают влияние антропогенные изменения почв?

Антропогенные изменения почвенных свойств охватывают практически все известные характеристики и качества почв, начиная от уровня содержания доступных форм питательных элементов до морфогенетического строения почвенного профиля, их гидрологического и геохимического режимов. Они

могут иметь самую различную направленность, интенсивность, пространственно-временные рамки и предельный потенциал своего развития, которые определяются как характером антропогенных воздействий, так и провинциально-генетическими особенностями почв.


 В последние годы повышенное внимание уделяется вопросам их диагностики, систематизации, оценки и прогноза агроэкологических последствий антропогенной деградации почв. Это отражает общую тенденцию к экологизации и актуализации почвенных исследований, что продиктовано обострением системного экологического кризиса в природопользовании и объективным возрастанием роли почвенного покрова как естественного регулятора современного функционирования природно-хозяйственных экосистем.

2.2. ОСНОВНЫЕ ЦИКЛЫ И ТРЕНДЫ АНТРОПОГЕННОЙ ДИНАМИКИ ПОЧВ

Антропогенные воздействия на почвы часто имеют регулярно-периодический характер, что обуславливает хорошо выраженную циклическую составляющую антропогенной динамики почв.



Что собой представляет циклическая составляющая антропогенной динамики почв?

 Среди основных циклических элементов антропогенной динамики почв выделяются три основные группы:

- сезонные (например, *обработки почв на полях с интенсивными агротехнологиями или орошение*),

- годовые (*земледельческий цикл*), и

- многолетние (*ротации севооборота, подсечно-огневая и залежная системы землепользования, лесохозяйственные рубки, биоэнергетическое лесоразведение и т.д.*).



К чему приводит повышенная «разомкнутость» антропогенных циклов современной динамики почв?



□ Антропогенные циклы характеризуются значительно большей «разомкнутостью», по сравнению с природной цикличностью - в них быстрее проявляется накопительная (трендовая, поступательная) составляющая антропогенной динамики почв, которая формируется за счет постепенно накапливаемых остаточных эффектов отдельных, не полностью замкнутых циклов.

Например, как с сельскохозяйственных полей, так и с лесных вырубок регулярно безвозвратно удаляется значительная часть извлекаемых из почвы растительностью элементов питания. При этом почва существенно обедняется гумусом, щелочными и щелочноземельными элементами. Обеднение носит массовый характер и происходит сразу на значительной территории.

Изменения быстрее накапливаются в наиболее сенсорных свойствах почв, но затем начинают проявляться на все более широком наборе почвенных характеристик. Дегумификация способствует обесструктуриванию почвы. Некомпенсированная потеря кальция сопровождается деградацией поглощающего комплекса почв и значительным подкислением.

Нарушения водного режима могут сопровождаться явлениями поверхностного или грунтового оглеения минеральных горизонтов, сегрегации-десегрегации соединений железа и марганца, или «выгорания» торфяных горизонтов.



В чем состоит особенность агрогенных циклов современной динамики почв?

Для развития современной цивилизации характерно постоянное раскручивание спирали техногенного воздействия на пахотные почвы. За последнее столетие значительно выросла механическая нагрузка на них – за счет резко возросшей массы движителей и увеличения кратности обработок земли и посевов (*посадок*) за сезон. Сильно выросли средние урожаи сельскохозяйственных культур, а значит и обусловленное ими «расшатывание» биологического круговорота.



Накапливающиеся результаты многолетней деградации почв длительное время пытались компенсировать повышением интенсивности того или иного вида воздействия на нее: увеличением удельной распаханности земель, углублением обработки и введением дополнительных обработок, увеличением доз удобрений и средств защиты растений.

Однако часто это только раскачивало своеобразный маятник деградации: *сильнее деградация → меньше отдача → больше доза (нагрузка) → сильнее деградация →* и т.д.


Так, почти трехкратное увеличение за 1970-80-е годы средних доз применения минеральных удобрений в России практически не отразилось в заметных прибавках средней урожайности за пятилетку.

Резко возросшее в мире за последние десятилетия применение минеральных удобрений и химических средств защиты растений привело к ускоренной деградации почв. Первые – постепенно разрушают почвенный поглощающий комплекс, вторые – нарушают микробиологический пейзаж почв.

На больших площадях сельскохозяйственных земель распространены монокультуры или нарушения рекомендуемых севооборотов. Связанные с


ними проблемы прогрессирующего почвоутомления часто пытаются решить с помощью повышенных доз агрохимикатов и биопрепаратов, тем самым раскручивая новый виток деградации почв.

Многолетний тренд деградации базовых характеристик пахотных почв часто сопровождается нарушением их годовых гидрологических циклов. В литературе неоднократно отмечалось явление агрогенного иссушения пахотных почв. С возрастанием степени их выпашанности часто снижаются поверхностная водопроницаемость и полевая влагоемкость почв. Это вызывает увеличение поверхностного стока, а, следовательно, и эрозии.

 Эрозия почв часто также сопровождается ухудшением физических свойств выходящих на поверхность почвенных горизонтов, снижением их коэффициентов фильтрации и эрозионостойкости. В результате начинает раскручиваться новый маховик эрозии. Аналогично, положительные обратные связи могут иметь развивающиеся явления выщелачивания, ощелачивания, уплотнения и слитизации.



Что лежит в основе устойчивого земледелия?

 В основе устойчивого, экологически сбалансированного земледелия и землепользования лежит принцип максимального «замыкания» годовых и многолетних циклов антропогенных воздействий.

При этом, негативные последствия землепользования уравниваются адекватными компенсирующими мерами: вынос макро- и микроэлементов с товарной частью урожая – применением макро- и микроудобрений, деградация микробиоты – применением биопрепаратов и стимуляторов, переуплотнение – рыхлением, деградация поглощающего комплекса – средствами химической мелиорации, нарушения водного режима – мерами гидротехнической или агротехнической мелиорации, и т.д.

В экономически развитых странах практические вопросы преобладания положительных антропогенных воздействий на почвы решаются на больших площадях - с приобретением почвами проградационных трендов расширенного воспроизводства плодородия. Концепции устойчивого развития земледелия приобрели статус государственной политики.

С усилением интенсивности и увеличением разнообразия деградационных антропогенных изменений ландшафтов и почвенного покрова, многолетним накоплением их последствий в почвенных профилях и качественным (*пороговым*) обострением системного экологического кризиса природопользования значительно возрастает регулирующая роль почв как базового элемента функционирования природно-хозяйственных экосистем и планетарных оболочек в целом.

В то же время, вся история развития земледелия и землепользования полна фактов многолетней деградации земель - в результате, на первый взгляд, почти замкнутых циклов их использования.



В каком направлении развиваются исследования антропогенной динамики почв?

Особое значение имеют специальные исследования по выявлению соотношения циклических и поступательных составляющих антропогенного воздействия на почвы – проводимые как на стационарных участках опытов, так и по результатам массовых площадных исследований.

В последние годы все большее внимание уделяется детальному пространственному варьированию земель и развитию адаптированных к их особенностям технологий прецизионного земледелия – нацеленных на максимальное замыкание годичных биогеохимических циклов в пределах однородных по продуктивному потенциалу участков поля.

Значительно возрастает актуальность эволюционно-генетических и функционально-экологических исследований по выявлению медленных многолетних трендов динамики лабильных и консервативных свойств почв: состава и организации почвенной массы, характера почвенных режимов и скорости почвообразовательных процессов, строения морфогенетических, гидрологических и геохимических профилей почв.

2.3. АНТРОПОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ И КАЧЕСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ



Какие агроэкологические функции почв наиболее важны для сельскохозяйственного использования земель?



Для сельскохозяйственного использования земель наиболее важное значение имеют следующие агроэкологические функции почв:

- ✓ потенциальное (*устойчивое, самовоспроизводимое*) и реальное (*эффективное, актуальное*) плодородие почв;
- ✓ несущая способность почв для работы на них сельскохозяйственных машин с различной плотностью нагрузки на поверхность;
- ✓ санитарно-экологические функции почв – их способность к «связыванию-деактивации» загрязнителей, болезней и вредителей разной природы.

Основная часть антропогенных изменений морфогенетического профиля почв, почвенных режимов и процессов имеет негативный характер, в результате чего значительно снижается эффективность выполнения почвой их основных агроэкологических функций.



В чем состоят особенности агрогенной деградации основных агроэкологических функций почв?

Многолетний некомпенсированный вынос питательных веществ обуславливает большие агрогенные потери запасов гумуса и доступных форм питательных элементов; в результате резко снижается потенциал ресурсно-агрохимических функций большинства пахотных почв России.

Сильное обесструктуривание и переуплотнение верхних горизонтов пахотных почв нарушает их гидрофизические функции, способность запасать и экономно расходовать значительные объемы продуктивной влаги для растений. Возрастает поверхностный сток и смыв. Результатом являются ускоренная эрозия и/или агрогенное иссушение пахотных почв.

Одновременно качественно ухудшаются основные агрофизические и технологические функции почв, возрастает сопротивление при обработке, затрудняется работа уборочной техники, увеличиваются удельные затраты топлива и износ машин.

Широко распространена агрогенная деградация поглощающего комплекса старопахотных почв. В результате снижается устойчивость почвенного функционирования, возрастают затраты на мелиоративные мероприятия, падает экономическая эффективность растениеводства.

Резко сужено биоразнообразие почвенной микро- и мезобиоты, снижена биохимическая активность большинства пахотных почв. Это приводит к значительному снижению потенциала санитарно-экологических функций почв, их способности к самоочищению от привносимых с сельскохозяйственными культурами вредителей и болезней, биохимических средств аллелопатического утомления, гербицидов и пестицидов.

! Ускоренная агрогенная эрозия, вторичное засоление, слитизация, формирование оврагов, оползней и мочаров нередко приводят к выводу из активного землепользования больших земельных массивов – в связи с резкими нарушениями агроэкологического функционирования их почвенного покрова.



В чем состоят особенности техногенной деградации основных агроэкологических функций почв?



Получающие все более широкое распространение техногенные трансформации почв часто сопровождаются разносторонней и глубокой деформацией основных агроэкологических функций почв, их функционального качества и базовых характеристик.

Техногенные усечения, уплотнения и турбации нарушают морфогенетический, гидрологический и геохимический профили почв и почвогрунтов, их ресурсные запасы и/или гидрофизические и биохимические режимы, и следовательно - значительно ухудшают плодородие земель, санитарно-экологические функции почв и рекреационные возможности ландшафта.

Сильное техногенное загрязнение или заражение резко ухудшает геохимическое, биологическое и биохимическое функционирование почв. Нередко оно приводит к физически, экологически или экономически обусловленной невозможности сохранения традиционного землепользования – как, например, при сильном загрязнении земель нефтепродуктами, тяжелыми металлами, радиоактивными изотопами и опасными отходами производства.

Техногенные деградации поглощающего комплекса почв (*подкисление, ощелачивание, осолонцевание*), сильное засоление, подтопление или иссушение также способны резко ухудшить экологические функции почв на больших территориях промышленных и строительных зон, в зонах влияния транспортных путей, искусственных водохранилищ и горных разработок.

Не останавливаясь подробнее на частных вопросах антропогенных изменений функционально-экологического состояния почв (*отраслевой специфики, систематики и диагностики, прогнозирования и оценки*), отметим устойчивый рост исследований в этом направлении и постепенное усиление

почвенной составляющей в экологической экспертизе крупных технических и градостроительных проектов.



В каком направлении развиваются исследования агро-экологических последствий антропогенной динамики почв?

Последние десятилетия характеризуются все более активным развитием различных методических подходов к анализу антропогенной деградации почвенного покрова, экологической и агроэкологической оценке почв, среднесрочным и долгосрочным прогнозам их антропогенной динамики.

Ежегодное сокращение удельной площади земель, пригодных для активного использования человеком, заставляет общество с большим вниманием относиться к вопросам оценки почв и результатов своего воздействия на них. Разрабатываются региональные и глобальные прогнозы антропогенной трансформации почвенного покрова. Систематизируется информация по результатам действия основных факторов деградации на почву.



Создаются автоматизированные системы оценки и моделирования агроэкологического состояния почв, эколого-экономической эффективности различных способов их использования. Отрабатываются методические вопросы адаптивно-ландшафтных систем земледелия – с максимальным учетом функциональных возможностей почвенного покрова и экологических ограничений на землепользование.

Можно говорить о своеобразном ренессансе почвенно-оценочных исследований, из которых в свое время и развилось современное генетическое почвоведение. Сейчас они затрагивают очень широкий набор почвенных функций, постепенно смещаясь из области статических агропроизводственных оценок сельскохозяйственных земель в сферу их динамического анализа и приоритета геосферно-биосферных экологических функций.

Тем не менее, в прогнозах средневременной антропогенной динамики почв и обусловленных ею изменений качества земель остается еще много нерешенных проблем. Морфогенетический анализ средневременной динамики почв тесно переплетается с проблемой выделения ее результатов из общего пространственного варьирования почвенного покрова.

Значительные различия разных видов антропогенных нарушений почв значительно увеличивает морфогенетическое разнообразие, полигенетичность и гетерохронность почвенного покрова. Это усложняет процессно-генетический анализ профиля антропогенно-измененных почв, функциональную и экологическую оценку их текущего и прогнозируемого состояния.



Контрольные вопросы и задания

- 1. В чем заключается негативное влияние антропогенного фактора на агроэкологическое состояние почв и земель?**
- 2. Что в себя включает явление выпахивания почв?**
- 3. В чем состоит негативное влияние эрозии на агроэкологическое состояние почв и земель?**
- 4. Какие возможны негативные последствия орошения на агроэкологическое состояние почв и земель?**
- 5. В чем заключается опасность техногенных нарушений почвенного покрова?**
- 6. На какие свойства почв оказывают влияние их наиболее распространенные антропогенные изменения?**
- 7. Что собой представляет циклическая составляющая антропогенной динамики почв?**
- 8. К чему приводит повышенная «разомкнутость» антропогенных циклов современной динамики почв?**
- 9. В чем состоит особенность агрогенных циклов современной динамики почв?**

- 10. Что лежит в основе устойчивого земледелия?**
- 11. В каком направлении развиваются исследования антропогенной динамики почв?**
- 12. Какие агроэкологические функции почв наиболее важны для сельскохозяйственного использования земель?**
- 13. В чем состоят особенности агрогенной деградации основных агроэкологических функций почв?**
- 14. В чем состоят особенности техногенной деградации основных агроэкологических функций почв?**
- 15. В каком направлении развиваются исследования агроэкологических последствий антропогенной динамики почв?**



Модуль 3. Функционально-экологическая оценка качества почв и земель

Вы будете изучать

- Современные подходы к определению и оценке качества почв и земель
- Критерии экологической устойчивости земель к деградации и загрязнению
- Актуальные вопросы функционально-экологической интерпретации антропогенной деградации почв и земель

Цели модуля

- Дать понимание современных методических подходов к определению и оценке качества почв и земель
- Рассмотреть основные критерии экологической устойчивости земель к деградации и загрязнению
- Обсудить актуальные вопросы функционально-экологической интерпретации антропогенной деградации почв и земель

После изучения модуля вы сможете

- Применять современные методические подходы к определению и оценке качества почв и земель
- Использовать основные критерии экологической устойчивости земель к деградации и загрязнению
- Ориентироваться в актуальных вопросах функционально-экологической интерпретации антропогенной деградации почв и земель



Основная литература

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий (под ред. В.И. Кирюшина и А.Л. Иванова). – М.: Росинформагротех, 2005. - 783 с.
2. Информационно-справочные системы по оптимизации землепользования в условиях ЦЧЗ (под ред. И.И. Васенёва и Г.Н. Черкасова). – Курск: ЦНТИ, 2002. – 120 с.
3. Методика агроэкологической типизации земель в агроландшафте (под ред. И.И. Васенева) – М.: Россельхозакадемия, 2004. – 80 с



Дополнительная литература

1. Васенев И.И. Почвенные сукцессии. - М.: Издательство ЛКИ, 2008. –400 с.
2. Кирюшин В.И. Агропочвоведение. – М.: КолосС, 2009. – 600 с.
3. Козловский Ф.И. Теория и методы изучения почвенного покрова. – М.: Наука, 2003. – 536 с.



Ключевые слова

Агроэкологическая оценка земель,
Функционально-экологическая оценка земель,
Критерии экологической устойчивости земель,
Антропогенная деградация, Загрязнение земель,
Экологические проблемы природопользования,
Информационное обеспечение управленческих решений,
Модели оценки земель, Параметры оценки,
Экспертные информационные системы.

3.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЗЕМЕЛЬ

Определение и оценка качества почв и земель всегда привлекали самое пристальное внимание исследователей и практиков почвоведения и землепользования самого широко плана. Периодически возникающий в обществе (под влиянием насущных экономических и экологических проблем) повышенный интерес к земельно-оценочным работам всегда сопровождался качественным развитием базовой парадигмы почвоведения. Современная концепция генетического почвоведения была сформирована, во многом, благодаря очередной активизации земельно-оценочных работ при реформировании землепользования в России и США конца XIX – начала XX века.

Последние десятилетия XX века характеризовались последовательным усилением экологической составляющей почвенных исследований и активным внедрением в них информационно-компьютерных технологий.



В чем заключаются основные причины последовательной экологизации современных подходов к оценке качества почв и земель?



Обострение экологических проблем природопользования и качества окружающей среды вызвало значительное расширение традиционных задач почвоведения. Быстрое развитие компьютерной техники и приборно-аналитической базы стало причиной настоящей информационно-технологической революции в науках о Земле.

Новые возможности и задачи почвоведения актуализировали новый виток обсуждения методологических вопросов определения и оценки качества почв и земель, их соответствия современным и перспективным запросам общества, уровню развития аналитического обеспечения науки и технологических возможностей практики.

В последние годы в России активизировались работы по созданию и внедрению в практику сельского хозяйства современных адаптивных систем земледелия на ландшафтной основе. Они нацелены на повышение устойчивости и рентабельности земледелия и разрабатываются с учетом местных особенностей почвенного покрова, агроэкологического качества земель, агроклиматических и социально-экономических условий.

Их развитие требует разработки новых теоретических основ, эколого-экономических критериев и методических подходов для оценки качества почвенно-экологических ресурсов и совершенствования их использования в земледелии.

Напряженная ситуация с экологическим состоянием городских земель, промышленных зон и рекреационных участков способствовала активизации исследования качества городских и техногенно нарушенных почв, решению методических вопросов почвенно-экологической экспертизы различных вариантов землепользования, разработке рациональных технологий восстановления приемлемого экологического состояния сильно загрязненных и деградированных земель.

С внедрением в общественное сознание концепций устойчивого развития и адаптивно-ландшафтного землепользования, оценки почв и земель приобретают все более ясно выраженную функционально-экологическую направленность.




Что собой представляет современная система функционально-экологической оценки почв?



Эколого-функциональное состояние земель – степень отклонения их устойчивых и лабильных характеристик от оптимальных (*контрольных, или целинных*) значений – для рассматриваемой функции.

По мере детализации оцениваемых агроэкологических функций все большее значение приобретают провинциально-генетическое разнообразие почв, своеобразие конкретного природно-хозяйственного ландшафта и эколого-географическое положение земель.


 Современная система функционально-экологических оценок почв, земель и землепользования находится в стадии активного предложения и верификации различных вариантов и технологий, в разной степени принимающих во внимание те или иные функции и качества почв и адресованных широкому кругу потенциальных пользователей.

Это обусловлено как широким спектром прикладных задач, так и высокой сложностью объекта оценки - что подразумевает практически неограниченное число различных функционально-экологических (*агроэкологических, геоэкохимических, санитарно-экологических, социально-экологических и т.п.*) моделей оценки разной специализации и детализации.

Основная часть из них нацелена на решение конкретных экологических проблем - с количественной оценкой проблемных ситуаций. Другая - на оценку эффективности применения почвозащитных или реабилитационных технологий улучшения функционально-экологического качества почв. Третья - на информационное обеспечение управленческих решений в области рационального землепользования (*по снижению его экологических рисков и/или повышению экономической эффективности*).



Что обеспечивает наилучшие условия для практического использования результатов оценки качества земель?

 Наилучшие условия для практического использования результатов оценки функционально-экологического качества земель экспер-

тами и специалистами исполнительных, законодательных органов власти и различных структур землепользования достигаются при доведении ее до состояния экспертной информационной системы, обладающей возможностями нормативного прогнозирования.

Комбинируемая агроэкологическая оценка количественных критериев физического и экономического соответствия земель различным вариантам и технологиям их использования обычно строится на основе «рамочных рекомендаций» ФАО.



Что обеспечивает информационную основу агроэкологической оценки по рекомендациям ФАО?



Информационную основу агроэкологической оценки по рекомендациям ФАО составляют:

- 1) требования районированных культур и сортов;
- 2) методические разработки по количественному анализу влияния основных лимитирующих факторов на продукционный процесс и относительную урожайность культур;
- 3) районированные технологические карты по основным сельскохозяйственным культурам – с выделением обязательных и факультативных операций, ранжированием гибких элементов технологии;
- 4) рациональная (*минимально-достаточная*) система цен на готовую продукцию и основных затрат.

Современные исследования по функционально-экологической оценке почв и земель (*т.е., оценке их функциональных возможностей с учетом экологического состояния-качества*) находятся в стадии активных методологических и нормативно-методических разработок.

Среди наблюдаемых положительных тенденций в их развитии следует отметить постепенный рост внимания исследователей к базовым почвенным

характеристикам и морфогенетическим свойствам почв, провинциально-генетической и структурно-функциональной дифференциации почвенного покрова и ландшафта, основным процессам и последствиям многолетней антропогенной динамики почв.

3.2. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЕЛЬ К ДЕГРАДАЦИИ И ЗАГРЯЗНЕНИЮ

Агроэкологическая устойчивость земель к деградации и загрязнению связана с поддержанием заданных параметров функционирования (определенного физико-химического состояния почв, гидрологического режима, биологического разнообразия и активности, и т.д.).



Как оценивается экологическая устойчивость почв к деградации и загрязнению?

Количественная оценка устойчивости земель к деградации и загрязнению, как правило, подразумевает дифференцированный анализ системы «воздействие – изменение» или комбинированный расчет затрат на поддержание и/или восстановление утраченных экологических функций.

Под *устойчивостью агроландшафта* предлагается («Агроэкологическая оценка...», 2005) понимать способность его основных компонентов поддерживать заданные производительные и социальные функции, сохраняя при этом биосферные функции в пределах экологически допустимых колебаний.

Биосферные, гидросферные и атмосферные экологические функции почв обеспечивают базовые условия для сохранения биологического разнообразия растительного и животного мира, запасов и качества поверхностных и подземных вод, поддержания оптимального состава атмосферы.



Какие факторы обеспечивают основные виды устойчивости земель агроландшафта?

Основные виды устойчивости земель агроландшафта обычно рассматриваются в соответствии с их основными агроэкологическими функциями и особенностями структурно-функциональной организации агроландшафта.

Агрономическая устойчивость показателей производительности или функциональности определяется по данным устойчивости (или коэффициенту вариации) урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности пастбищ, качества продукции, экономических параметров производства.

Экологическая устойчивость земель агроландшафта оценивается на основе прямого или косвенного анализа интегральных показателей почвенных, микроклиматических или биотических режимов функционирования агроландшафта: органического вещества, биогенных элементов, реакции среды, окислительно-восстановительных условий, структурного состояния и сложения почв, состава и содержания воздуха, влаги, тепла, биогенности, биологической активности почвы, фитосанитарного состояния агроценозов.

В зависимости от анализируемых компонентов агроландшафта и механизмов оказываемого воздействия или защитного противодействия выделяется четыре основных вида экологической устойчивости земель:

- *физическая* (устойчивость литологической и геоморфологической основы, противоэрозионная устойчивость);
- *гидрологическая* (противостояние аридизации, остепнению, опустыниванию, или наоборот – гумидизации и заболачиванию);
- *геохимическая* (буферность, способность к самоочищению от загрязнения и снижению токсичности, противостояние засолению);
- *биологическая* (восстановительные и защитные свойства растительности и почвенной биоты, повышенная конкурентоспособность и устойчивость к действию вредителей и патогенных организмов).



В чем состоят основные причины качественного различия экологической устойчивости земель природных и сельскохозяйственных ландшафтов?

В основе природных механизмов устойчивости лежит биологический круговорот веществ при большом видовом разнообразии и высокой численности организмов, что является главным фактором обеспечения устойчивости естественных экосистем.

В большинстве агроценозов биологическая продуктивность меньше, чем в естественных ценозах, особенно велики различия по общим запасам фитомассы. Пополнение запасов и качества органического вещества и/или повышение биогенности почв – общее условие повышения устойчивости земель агроландшафтов.

Пониженная (по сравнению с природными условиями) устойчивость земель большинства агроландшафтов к основным видам агрогенной деградации и загрязнения связана с нарушением механизмов их саморегуляции. Уничтожение естественной растительности резко снижает сопротивляемость почв эрозии. Интенсивная обработка способствует переуплотнению почв. Все это приводит к усилению поверхностного и уменьшению грунтового стока, обсыханию территории, усилению окислительных процессов и соответственно снижению содержания органического вещества в почвах.

Обедняется и резко сокращается почвенная фауна. Снижается численность и активность микрофлоры, чему способствует применение пестицидов. Резко снижается емкость и интенсивность биологического круговорота веществ. Беднеет генофонд. Возникновение в агроценозах множества свободных экологических ниш, доступных сорнякам, вредителям и патогенам, обуславливает ухудшение фитосанитарной ситуации, при повторных посевах возникает почвоутомление.



В чем состоят зональные особенности экологической устойчивости земель агроландшафтов?



Наибольшей устойчивостью к агрогенному воздействию характеризуются наиболее благополучные по агроэкологическим условиям и обладающие повышенной экологической емкостью плакорные лесостепные агроландшафты с преобладанием мощных черноземов.

Устойчивость эрозионных ландшафтов при распашке сильно снижается из-за эрозии, усиления поверхностного стока. Использование их в полевой культуре требует обеспечения экологической устойчивости с помощью противоэрозионных систем земледелия, сдерживающих потери почвы в допустимых пределах.

При создании агроландшафтов на солонцовых и засоленных почвах качественно изменяется состояние водно-солевого режима и свойств почв, устойчивость которого поддерживается системами мелиоративных и агротехнологических мер. Цена устойчивости в большой мере зависит от степени совпадения вектора агрономической трансформации ландшафта с природными процессами. Она снижается при однонаправленности мелиоративных изменений и природных процессов (рассоления и рассолонцевания на хорошо дренированных остаточных солонцовых комплексах), и возрастает, если мелиорация направлена на преодоление активного засоления и осолонцевания, поддерживаемого близкими засоленными грунтовыми водами.

В таежной зоне цена экологической устойчивости агроландшафтов пропорциональна требованиям окультуренности почв. Ее повышение находится в противоречии с элювиальными процессами и развитием гидроморфизма с оглеением почв. Поддержание определенной степени окультуренности почв требует постоянного сдерживания этих процессов и компенсации потерь внесением извести, удобрений, травосеяния и др.

На осушенных болотно-подзолистых и болотных почвах в цену экологической устойчивости агроландшафтов входят поддержание оптимального водно-воздушного режима, сдерживание сработки торфа, предотвращение и недопущение обсыхания и деградации смежных ландшафтов и др.



Как можно повысить экологическую устойчивость земель агроландшафтов?



Экологическая устойчивость земель к антропогенной деградации и загрязнению существенно повышается при агроэкологической оптимизации структуры агроландшафта, которая включает рациональное размещение севооборотов, полей, производственных участков, лесных и кустарниковых полос, противозерозионную и мелиоративную организацию территории.

Важное условие экологизации земледелия – поддержание максимально возможной доли поверхности почвы под растениями или растительными остатками. Мульчирование поверхности почвы в известной мере воспроизводит защитную роль лесной подстилки или степного войлока.




Количество и состав основных диагностических параметров экологической устойчивости агроландшафтов сильно различается в зависимости от их категорий, уровня интенсификации производства, характера и степени внешних воздействий.

Анализ экологического состояния земель сельхозугодий должно опираться на знание основных механизмов трансформации, функционирования природных и антропогенных биотических сообществ, их взаимодействия с изменяющейся средой, динамики биологического круговорота веществ.


3. 3. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА АНТРОПОГЕННОЙ ДИНАМИКИ ПОЧВ

Антропогенная динамика почв определяется характером прямых и косвенных техногенных воздействий на почву и ландшафт, общим состоянием окружающей среды и экономической жизни общества. С другой стороны, многие количественные и качественные закономерности средневременной динамики почв, в значительной мере, зависят от местных особенностей почвенного покрова и природно-хозяйственного ландшафта.

 Высокая сложность, пространственное варьирование и временная изменчивость основных факторов антропогенной динамики почв обуславливают устойчивую актуальность ее исследований, научную и практическую значимость их результатов.



Что относится к наиболее актуальным проблемам функционально-экологического анализа антропогенной динамики почв?

 К наиболее актуальным и дискуссионным проблемам морфогенетического и функционально-экологического анализа средневременной антропогенной динамики почв следует отнести:

1. Исследование качественных и количественных закономерностей формирования исходного разнообразия антропогенных нарушений почв и изменений локальных сочетаний экологических факторов землепользования.

2. Анализ обусловленных антропогенными нарушениями почв последовательных изменений основных почвенных режимов и процессов

- с оценкой глубины и скорости их воздействия на морфогенетический профиль почвы, степени обратимости-необратимости антропогенных трансформаций.

3. Выделение циклических и направленных (*остаточных*) составляющих антропогенных изменений почв - с анализом *общего вклада их антропогенной динамики в формирование и развитие почвенных профилей.*

4. Развитие методологии, алгоритмической и нормативно-информационной базы дифференцированной оценки функционального качества и экологического состояния почв - с *учетом их провинциально-генетических особенностей, местных особенностей ландшафта и вида землепользования.*



Контрольные вопросы и задания

1. В чем заключаются основные причины современной экологизации основных критериев оценки качества почв и земель?
2. Что собой представляет современная система функционально-экологической оценки почв?
3. Что обеспечивает наилучшие условия для практического использования результатов оценки качества земель?
4. Что обеспечивает информационную основу агроэкологической оценки земель по рекомендациям ФАО?
5. Как оценивается экологическая устойчивость почв к деградации и загрязнению?

- 6. Какие факторы обеспечивают основные виды устойчивости земель агроландшафта?**
- 7. В чем состоят основные причины качественного различия экологической устойчивости земель природных и сельскохозяйственных ландшафтов?**
- 8. В чем состоят зональные особенности экологической устойчивости земель агроландшафтов?**
- 9. Как можно повысить экологическую устойчивость земель агроландшафтов?**
- 10. Что относится к наиболее актуальным проблемам функционально-экологического анализа антропогенной динамики почв?**



Модуль 4. Основные диагностические параметры агроэкологической оценки земель по качеству рельефа, пород и микроклимата

Вы будете изучать

- Основные типы рельефа и особенности их агроэкологической оценки
- Основные диагностические параметры мезорельефа и шкалы их агроэкологической оценки
- Агроэкологические особенности основных почвообразующих пород
- Ключевые показатели гидрогеологических условий и шкалы агроэкологической оценки грунтовых вод
- Параметры и шкалы агроэкологической оценки основных микроклиматических условий

Цели модуля

- Дать представление о современных классификациях типов и форм макро-, мезо- и микрорельефа
- Обсудить агроэкологические особенности основных почвообразующих пород
- Рассмотреть ключевые показатели гидрогеологических условий и шкалы агроэкологической оценки грунтовых вод
- Показать параметры и шкалы агроэкологической оценки основных микроклиматических условий

После изучения модуля Вы сможете

- Дать агроэкологическую оценку основных форм рельефа
- Объяснить агроэкологические особенности основных почвообразующих пород
- Проанализировать ключевые показатели гидрогеологических условий
- Использовать основные параметры и шкалы агроэкологической оценки микроклиматических условий.



Основная литература

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий (под ред. В.И. Кирюшина и А.Л. Иванова). – М.: Росинформагротех, 2005. - 783 с.
2. Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. М.: МГУ. 2004. 416 с.



Дополнительная литература

1. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. М.: МГУ. 2005. 520 с.
2. Имитационная модель роста сельскохозяйственных растений WOFOST и ее использование для анализа продуктивности земель России (*под ред. И.Ю. Савина, В.С. Столбового и К. Ван Диепена*). М. 2001. 216 с.



Ключевые слова

Агроэкологические функции,
Агроэкологическая оценка земель,
Основные диагностические параметры оценки,
Гидрографическая сеть. Расчлененность территории.
Почвообразующие породы.
Гидрология. Микроклимат.

ВВЕДЕНИЕ

При анализе и систематизации основных диагностических параметров (ОДП) агроэкологической оценки земель их, как правило, группируют по основным компонентам ландшафта (рельеф, породы, микроклимат, гидрологическая компонента и др.), структурно-функциональным подсистемам почв (морфогенетическая, агрофизическая, гидрофизическая, агрохимическая, геохимическая, биотическая и т.п.), агроэкологическим функциям земель (плодородие, технологические характеристики, фитосанитарное состояние и т.д.).

4.1. ОСНОВНЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЛЬЕФА



Какие бывают типы рельефа?



□ Тип рельефа образован генетически связанными между собой и закономерно сочетающимися в пространстве формами рельефа. В зависимости от размеров выделяют три группы типов рельефа: макро-, мезо- и микрорельеф («Агроэкологическая оценка земель...», 2005).



Что такое макрорельеф и как он учитывается при оценке земель?



□ **Макрорельеф** – крупные формы земной поверхности, занимающие обширные площади и определяющие их общий облик (равнины, горные системы, низменности). Макрорельеф воздействует на формирование воздушных масс, определяет вертикальную поясность и климат, влияет на почвообразование и дифференциацию почвенного покрова.

Разнообразие сочетаний форм макрорельефа сводится к четырем морфолого-генетическим типам:

- горный, или структурно-тектонический (подтипы высокогорный, альпийский, среднегорный, низкогорный, сельговый);
- структурный, или пластовый (подтипы – плоскогорья, плато, куэсты);
- скульптурный, или эрозионный тип рельефа включает равнины, образованные линейной речной эрозией, плоскостным смывом, абразией;
- аккумулятивный, или насыпной.

По высотным уровням равнины делят на низменности (ниже 200 м) и плато (выше 200 м).

В системе агроэкологической оценки земель типы и подтипы макрорельефа выполняют функцию важного координирующего фактора, знание которого позволяет уточнять реальные пределы научно обоснованной экстраполяции районированных моделей, алгоритмов и шкал оценки значимых для конкретных условий параметров почв и земель.

Они активно используются в системах регионального и межрегионального агроэкологического районирования, которые формируют каркас для научно обоснованного районирования нормативной базы агроэкологической оценки почв и земель.



Что такое мезорельеф и как он учитывается при оценке земель?



Мезорельеф – средние формы земной поверхности, с колебаниями относительных высот 1...100 м, которые выполняют важные структурно-экологические функции:

- фактора перераспределения агроклиматических ресурсов и формирования микроклимата;

- каркаса геохимического ландшафта, определяющего направленность и интенсивность геохимических процессов;
- фактора дифференциации почвенного покрова и формирования мезоструктур почвенного покрова.

К основным элементам мезорельефа, как правило, относят: водоразделы, склоны и подошвы склонов, шлейфы склонов и днища межсклоновых западин, днища оврагов и балок, террасы, уступы и склоны террас, лоцины и балки.

В системе агроэкологической оценки земель элементы мезорельефа выполняют функцию координирующего фактора, их количественные (крутизна, длина склона), полуколичественные (градации склона по длине и крутизне) и качественные (форма и экспозиция склона) характеристики относятся к основным диагностическим параметрам рельефа в системе агроэкологической оценки земель.

Наиболее значимые в конкретных условиях характеристики мезорельефа, как правило, относятся к определяющим факторам внутрихозяйственного землеустройства и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия.



Что такое микрорельеф и как он учитывается при оценке земель?



Микрорельеф – мелкие формы земной поверхности с колебаниями относительных высот до 1 м, которые перераспределяют тепло и влагу на небольших расстояниях, является основным фактором дифференциации почвенного покрова и функционирования почв на уровне микроструктур почвенного покрова.

Они в значительной мере определяют характер и выраженность внутрипольной пестроты урожайности и фитосанитарного состояния основных сельскохозяйственных культур.

Особенно сильно влияние микрорельефа проявляется в условиях слабой дренированности территории. В нечерноземной зоне широко распространено весеннее застаивание воды в замкнутых микропонижениях, что приводит к сильному запаздыванию сроков поспевания почвы, развитию сезонного оглеения, агрогенной цементации почв, вымоканию и выпреванию озимых культур.

В сухостепной зоне с микрорельефом часто бывает связана повышенная контрастность плодородия и условий обработки почв, обусловленная различным уровнем проявления осолонцевания.

В системе агроэкологической оценки земель важную функцию координирующего фактора часто выполняет вид микрорельефа (эрозионный, просадочный, фитогенный, открытый, закрытый и т.д.).

Количественные характеристики микрорельефа (площадь распространения, средняя площадь и перепад высот отдельных элементов) и обусловленные ими контрастность, расчлененность и неоднородность структур почвенного покрова активно используются при анализе агроэкологического качества земель в процессе проектирования и корректировки адаптивно-ландшафтных и точных (прецизионных) систем земледелия.

! Мелкие формы микрорельефа, с перепадом высот менее 30 см, часто выделяются в отдельный тип нанорельефа, который в значительной мере определяет детальную пестроту урожайности и фитосанитарного состояния основных сельскохозяйственных культур.

Его количественные (удельная площадь и перепады высот) и качественные характеристики (вид и фактор формирования) также активно используются при анализе агроэкологического качества земель, проектировании агротехнологий и мелиоративных мероприятий, оценке качества выполнения отдельных технологических операций.

На полях с выраженным нанорельефом невозможно обеспечить качественную предпосевную обработку почвы, получить дружные всходы и обеспечить одновременное развитие растений. Это приводит к неравномерному созреванию культур и снижению качества продукции.



В чем заключаются агроэкологические функции мезо- и микрорельефа как важного элемента гидрографической сети?



Основными элементами водосбора, как территории, ограниченной водораздельной линией, являются водоразделы, склоны и гидрографическая сеть. Гидрографической сетью называют сеть понижений, по которым осуществляется сток поверхностных вод. Её верхняя часть обычно лишена постоянных водотоков и поэтому называется суходольной сетью.

Верхнее звено гидрографической сети состоит из ложбин, примыкающих к наиболее высоким частям водосборов. Они имеют глубину 0,5–2 м и склоны не круче 3–8°. Макроложбины представляют собой углубления с выраженным дном, глубиной более 1,5 м, в поперечном направлении трудно проходимые для сельскохозяйственной техники.

Лощина отличается от ложбины более резкими очертаниями, глубиной 2–6 м и крутизной склонов до 8–15°. Ниже по склону она переходит в более крупную форму – балку, глубиной 6–20 м и крутизной склонов до 10–15°. Характерной особенностью балки является хорошо выраженное русло временного водотока на дне. На склонах балок заметны террасы или их нечетко выраженные бровки. Балки впадают в речные долины.

Хорошо выраженная суходольная гидрографическая сеть обеспечивает хорошую дренированность агроландшафта, но способствует развитию линейной и плоскостной эрозии.



Какие формы рельефа являются результатом развития современной эрозии?



К современным эрозионным формам рельефа относят размывы. Они бывают донными (идушими по тальвегу балки), вершинными (выходящими на водораздел по продолжению тальвега), склоновыми (впадающими в материнскую форму под некоторым углом).

В зависимости от стадии развития среди склоновых и вершинных размывов выделяют водороины, промоины и овраги. Водороины – размывы почвы глубиной 0,2–0,6 м, которые заглаживаются при пахоте. Обычно они формируются по бороздам при вспашке вдоль склона, а также на слабозадернованных лугах при сбросе большого количества воды.

Промоины – размывы глубиной 0,5–3 м, шириной 5–8 м. Они непроходимы для обычной сельскохозяйственной техники. Овраг – размыв, выработавший свой собственный продольный профиль, не совпадающий с профилем склона. Их глубина может достигать 30 м.

Среди донных размывов в зависимости от стадии эволюции выделяют вымоины, донные промоины и донные овраги. Сток по дну балки осуществляется в виде широкого потока (если дно балки не распахивается). В местах нарушения дернины начинается размыв дна с образованием вымоин, которые являются начальной стадией размыва дна материнской формы. Донная промоина – размыв, образованный в результате слияния соседних вымоин. Донный овраг – размыв, образовавшийся в результате расширения донной промоины, занявший все днище материнской формы.

Для оценки потенциального развития линейной эрозии часто используют глубину местного базиса эрозии – уровня (дно балки, пойма или межени уровень воды в реке), ниже которого не может идти эрозия. Местным называют базис эрозии, характерный для данного ландшафта.



Какие характеристики рельефа используются для агроэкологической оценки земель?

В качестве координирующих факторов агроэкологической оценки земель наиболее активно используют следующие характеристики макро- и мезорельефа:

- морфогенетический тип макро- и/или мезорельефа;
- коэффициент расчлененности, средняя ширина водосбора и склона;
- вертикальная расчлененность;
- площадь овражно-балочных земель и коэффициент овражности.

Для расчета агроэкологического качества земель конкретного участка используют следующие характеристики его мезо- и микрорельефа:

- форма и элемент мезорельефа (терраса, склон, лощина, днище и т.д.);
- позиция на склоне (нижняя, средняя, верхняя) и форма его линейного профиля (прямой, выпуклый, вогнутый, сложный);
- форма поперечного профиля склона (рассеивающий, собирающий, прямой);
- крутизна склона;
- экспозиция (теплая, холодная, нейтральная);
- длина склона (расстояние от водораздела);
- вид, удельная площадь и превышения микрорельефа.



Важнейшими агроэкологическими характеристиками рельефа, которые во многом определяют микроклиматические, агротехнологические и геохимические особенности земель, размер бокового стока и проявление эрозии, являются крутизна, форма, экспозиция, длина и расчлененность склонов.

Крутизна склонов (табл. 4.1.1) играет очень важную роль в формировании продуктивного влагозапаса, бокового стока, эрозии, условий обработки почв и выделении рабочих участков при землеустройстве.

Таблица 4.1.1. Агроэкологическая классификация склонов по крутизне (по «Агроэкологической оценке земель...», 2005).

Вид склона	Крутизна, °
Очень пологие	1–2°
Пологие	2–3°
Слабопокатые	3–5°
Покатые	5–8°
Сильнопокатые	8–10°
Крутые	10–15°
Очень крутые	15–30°
Чрезвычайно крутые	30–45°
Обрывистые	45–70°
Отвесные	70–90°

Крутизна склона от 1 до 3° обеспечивает наиболее благоприятные условия по характеру дренированности, но после 2° начинает проявляться линейная эрозия и требуется ограничение доли пропашных культур в севообороте. При крутизне в 3–5° сильно развиваются эрозионные процессы, и запрещено возделывание пропашных культур. При уклонах 5–8° рекомендуются почвозащитные севообороты с включением многолетних трав (не менее 40 %). Склоны круче 8° должны не распахиваться, а использоваться как сенокосно-пастбищные угодья.

На условия увлажнения и обработки, развитие поверхностного стока и эрозии большое влияние оказывает длина и форма склона. Длина склона – расстояние от водораздела до бровки элемента гидрографической сети по линии наибольшего уклона (таблица 4.1.2) – во многом определяет уровень развития эрозии в его средней и нижней части.

Таблица 4.1.2. Агрэкологическая классификация склонов по длине (по Заславскому, 1987).

Вид склона	Длина, м
Чрезвычайно короткие	Менее 50
Очень короткие	50–100
Короткие	100–200
Средней длины	200–500
Повышенной длины	500–1000
Длинные	1000–2000
Очень длинные	2000–4000
Чрезвычайно длинные	> 4000

По форме продольного профиля выделяют выпуклые, прямые и вогнутые склоны. Их эрозионная опасность соотносится примерно как 1,25–1,5 : 1 : 0,5–0,75. Иногда встречаются склоны сложной формы – выпукло-вогнутые, вогнуто-выпуклые и ступенчатые. Прямые и выпуклые склоны чаще бывают сложены легко размываемыми породами. Вогнутые – трудно размываемыми.

По форме поперечного профиля также различают склоны прямые, выпуклые и вогнутые. При выпуклой форме поперечного профиля склона сток

происходит по расходящимся направлениям, и склон называют рассеивающим. Вогнутая форма склона обуславливает сток по сходящимся направлениям (собирающий склон).



На что оказывает влияние экспозиция склона?



Экспозиция склона оказывает значительное влияние на микроклиматические условия и развитие эрозионных процессов.

В период весеннего снеготаяния основной причиной различий в смыве является неравномерность распределения снега в разных частях склонов разных экспозиций и разная скорость снеготаяния, зависящая от угла падения солнечных лучей, определяемых на данной широте экспозицией склона.

Снегозапас на склонах разных экспозиций одного водораздела может отличаться в 2 и даже 4 раза. Например, для лесостепной зоны европейской территории России («Агроэкологическая оценка земель...», 2005), соотношение снежности на южных, юго-восточных, восточных склонах к снежности на водоразделе, на северо-восточных и на северо-западных склонах составляет: 0,5 : 1 : 1 : 2.

По среднесуточной сумме прямой солнечной радиации южные склоны отличаются от водоразделов, в среднем за вегетацию, на +4–6 % для склонов 5°; на +5–10 % для склонов 10°; на +9–23 % для склонов 20°; северные склоны – на –4–7 %, –10–16 % и –20–40 % соответственно.



Как рассчитывают коэффициенты расчлененности территории?

Коэффициент расчлененности территории K характеризует горизонтальное расчленение рельефа:

$$K = L / S,$$

где L – длина долинной и балочной сети (км), S – площадь территории (км²).

Ширина водосборного бассейна a (среднее расстояние между соседними тальвегами) эрозионной сети определяется по обратной формуле:

$$a = S / L$$

Для районов с преобладанием нелинейного расчленения (озерного, холмистого, бугристого, западинного и др.) используют формулу:

$$a = S / k,$$

где k – общее число понижений (озер, западин и др.).

С коэффициентом расчлененности территории и шириной водосборного бассейна связана средняя длина склонов l :


$$l = 2 K = 0,5a$$

! □ Степень повреждения территории современными формами линейной эрозии характеризуется коэффициентами расчлененности территории оврагами, овражности и плотностью оврагов.

Коэффициент расчлененности территории оврагами – суммарная протяженность оврагов на 1 км² площади. По этому показателю различаются слабая (менее 0,25 км/км²), средняя (0,25–0,50), сильная (0,50–0,75) и очень сильная (> 0,75) степени развития эрозии.


Расчлененность овражной сетью определяется также по среднему расстоянию между соседними оврагами (по средней ширине водосборного овражного бассейна): более 1000 м – слабая, 1000–500 м – средняя, 500–250 м – сильная, менее 250 м – очень сильная.

Коэффициенты овражности – отношение площади оврагов к общей площади территории (га/км²). Плотность оврагов – число оврагов на 1 км². Плотность оврагов менее 0,25 шт./км² соответствует слабой степени развития линейной эрозии, 0,25–0,5 – средней, 0,5–0,75 – сильной, более 0,75 – очень сильной.

 Глубина расчленения и стадии развития процессов линейной эрозии (реликтовые и/или современные формы) характеризует тип линейного расчленения.


По глубине расчленения различают слабоврезанные (5–10 м), средневрезанные (10–25 м) и глубоковрезанные (25–50 м) эрозионные системы; по составу элементов – ложбинно-лощинные, ложбинно-лощинно-балочные, лощинно-балочные и овражно-лощинно-балочные.


4.2. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗНЫХ ПОРОД

 **Какие характеристики пород рассматривают при их агроэкологической оценке?**

При анализе агроэкологических особенностей литологических условий исследуемых земель основное внимание обращается на их следующие характеристики:

- мощность различных литологических отложений;
- гранулометрический состав пород, их скелетность и каменистость;
- гранулометрический состав мелкозема и его преобладающие фракции;
- химические свойства пород (карбонатность, гипсоносность, засоленность);
- физические свойства пород (плотность, пористость, водопроницаемость, влагоемкость, водоудерживающая способность, водоподъемная способность);
- физико-химические свойства пород (емкость и состав их поглощающего комплекса, степень насыщенности, рН, окислительно-восстановительный потенциал и выраженность оглеение).


 **Какие генетические типы пород чаще всего встречаются среди почвообразующих пород?**

 Среди широкого разнообразия почвообразующих пород в условиях европейской части России, как правило, преобладают ледниковые (моренные), флювиогляциальные (водно-ледниковые), аллювиальные, пролювиальные и морские отложения, лессы, лессовидные и покровные суглинки. Наряду с ними, локально могут доминировать озерные отложения, элювий и делювий.

В азиатской части страны более широко представлены элювиально-делювиальные отложения, трапповые плато, крипповые, солифлюкционные и конжелифлюкционные отложения.



Что такое моренные отложения и флювиогляциал?

 Ледниковые (моренные) отложения – продукты выветривания различных пород, перемещенные и отложенные ледником.

Моренные отложения несортированы, имеют неоднородный гранулометрический состав, включают валуны, обогащены песком, чаще всего являются валунными песчанистыми суглинками. Обычно залегают на возвышенных водоразделах и формируют конечно-моренные гряды. По химическому составу выделяют карбонатные и бескарбонатные морены. Сильная каменистость пород значительно ухудшает агроэкологическое качество земель и препятствует сельскохозяйственным работам.

Флювиогляциальные (водно-ледниковые) отложения образованы деятельностью мощных потоков с тающих ледников. Характеризуются значительной сортированностью, бескарбонатностью, легким гранулометрическим составом (преимущественно песчаным или супесчаным), не содержат валунов. Формирующиеся на них почвы бедны гумусом, питательными веществами, обладают малой влагоемкостью и высокой водопроницаемостью.

Часто флювиогляциальные наносы на небольшой глубине подстилаются моренными суглинками и глинами (так называемые двучлены), что приводит к застою влаги на контакте пород и контактному оглеению, которое оказывает значительное влияние на агроэкологическое состояние земель.



Чем отличаются покровные и лессовидные суглинки?

Очень широко распространены покровные суглинки и глины, которые имеют проблематичный генезис и чаще рассматриваются как отложения мелководных приледниковых разливов талых вод. Хорошо сортированы, содержат большое количество пылеватых фракций и ила, не содержат валунов, преимущественно бескарбонатны. Во влажном состоянии сильно набухают, при подсыхании растрескиваются, отличаются плотным сложением, слабой водопроницаемостью, но высокой капиллярностью.



▣ Агроэкологические свойства покровных суглинков, как правило, значительно лучше, чем у морены или флювиогляциальных отложений.

Лессы и лессовидные суглинки также имеют проблематичное происхождение. Для лессов характерна умеренная карбонатность, крупнопылевато-суглинистый гранулометрический состав, хорошая микроагрегированность, пористость и рыхлое сложение, хорошее сочетание водопроницаемости и влагоемкости.



▣ По своим физическим, химическим и водно-физическим свойствам лессы наиболее благоприятны для развития растений и интенсивного сельскохозяйственного использования.

Лессовидные суглинки менее карбонатны (встречаются бескарбонатные), более грубозернистые, в них слабее выражена микроагрегированность и пористость, отмечается слоистость.



Что характерно для элювия, делювия и пролювия?



Элювиальные отложения (элювий) – продукты выветривания коренных пород, оставшиеся на месте образования. Отличаются большим разнообразием по составу и мощности в зависимости от свойств исходной породы и условий выветривания.

Различают следующие виды элювия плотных пород:

- элювий карбонатных пород – известняков, доломитов, мрамора, мела, мергелей, карбонатных глинистых сланцев, карбонатных опок;
- элювий бескарбонатных пород – песчаных и глинистых сланцев, аргиллитов, песчаников, опок, конгломератов и т.п.;
- элювий кристаллических магматических и метаморфических пород (кислых и основных) – гранитов, сиенитов, диабазов и т.д.



Делювиальные отложения (делювий) – отложения дождевых и талых вод. Откладываются в виде пологого шлейфа с наибольшей мощностью у основания склона. Для делювия характерны сортированность и слоистость. Состав и агроэкологическое качество делювия обусловлены составом смываемых с вышележащих склонов пород.

Элювиально-делювиальные отложения выделяются при тесном совмещении и трудном разграничении вышеописанных отложений, что часто наблюдается в условиях пересеченного рельефа.



Пролювиальные отложения (пролювий) – отложения конусов выноса временных водных и селевых потоков значительной мощности. Часто плохо сортирован и включает крупнообломочный материал.



Агроэкологические особенности аллювия и озерных отложений?



□ Аллювий – отложения постоянных водных потоков. Различают:

- русловой аллювий (донные отложения рек), сложенный преимущественно песками и галькой;
- пойменный аллювий (отложения разливов), преимущественно суглинистый и глинистый;
- старичный аллювий, обогащенный органическим веществом и илом.

Аллювиальные отложения характеризуются горизонтальной или косой слоистостью, хорошей окатанностью минеральных зерен, включением значительного количества органических остатков. Пойменные аллювиальные отложения суглинистого и глинистого состава имеют хорошие агроэкологические свойства и, в свое время, стали основой развития древних цивилизаций.



□ Озерные отложения заполняют понижения древнего рельефа, отличаются глинистым составом и слоистостью, часто содержат органические прослойки.

Они могут содержать известь, в сухих областях – гипс и легкорастворимые соли. При достаточном и избыточном увлажнении тяжелый гранулометрический состав обуславливает застой поверхностных вод.

В зоне недостаточного увлажнения озерные отложения часто бывают засолены, пересыхающие соленые озера образуют соровые солончаки – которые представляют серьезную агроэкологическую проблему для сельскохозяйственного освоения территории.

Морские отложения отличаются ясной горизонтальной слоистостью и хорошей послойной сортированностью осадков. Гранулометрический состав может быть довольно разнообразным. Морские отложения тяжелого гранулометрического состава, как правило, отличаются сильным засолением, что очень осложняет условия их интенсивного сельскохозяйственного использования.

4.3. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ



Как оценивают уровень грунтовых вод?



□ Ключевым показателем гидрологических условий является уровень (глубина залегания) грунтовых вод (УГВ), который оказывает определяющее влияние на почвообразование, водный режим и влагообеспеченность почв: более 6 м – автоморфные условия, 3–6 м – полугидроморфные условия, менее 3 м – гидроморфные условия, в т. ч. менее 1,5 м – сильногидроморфные условия.

При этом, залегание пресных грунтовых вод выше 80 см неблагоприятно для всех полевых культур и большинства трав, на уровне 80–100 см – благоприятно для большинства трав, некоторых плодовых кустарников (смородины, малины), овса, гороха, льна, но исключает возделывание плодовых культур; 100–120 см – оптимальна для большинства полевых культур, но неблагоприятна для плодовых насаждений; 120–140 см – оптимальна для косточковых плодовых культур, винограда; 140–200 см – оптимальна для семечковых плодовых, теплолюбивых косточковых (абрикоса, персика).

Глубина залегания минерализованных грунтовых вод оценивается исходя из относительного снижения урожайности многолетних насаждений (табл. 4.3.1).

При высоком уровне грунтовых вод необходим учет их динамики в течение вегетационного периода (отмечается период, в течение которого грунтовые воды хотя бы частично перекрывают корнеобитаемый слой, и глубина УГВ в этот период).

Проточность грунтовых вод оказывает благоприятное действие на растения, т. к. в этих условиях они не испытывают экологического переувлажнения.

ния при расположении корней в зоне капиллярной каймы благодаря достаточной обеспеченности кислородом и отсутствию условий накопления токсичных продуктов анаэробного разложения в почве.

! В застойных грунтовых водах происходит накопление токсичных продуктов анаэробного разложения, что особенно неблагоприятно для многолетних насаждений.

К наиболее важным агроэкологическим характеристикам грунтовых вод относятся: pH, содержание Fe^{2+} ; общее содержание легко растворимых солей, соды, Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , CO_3^{2-} и HCO_3^- (табл. 4.3.2).

Таблица 4.3.1. Оценка глубины залегания минерализованных грунтовых вод (по Валькову, 1986).

УГВ, м	Состояние культур
>3,5	Нормальное
3,5–2,75	Очень слабое угнетение семечковых, абрикоса, черешни (снижение урожайности до 10 %)
2,75–2,25	Среднее угнетение семечковых, абрикоса, черешни (снижение урожайности на 10–30 %); слабое угнетение сливы, вишни (снижение до 10 %), очень слабое угнетение виноградной лозы
2,25–2,00	Сильное угнетение семечковых, абрикоса, черешни (снижение урожайности на 30...50 %); среднее угнетение сливы, вишни (снижение урожайности на 10–20 %); слабое угнетение виноградной лозы (снижение урожайности до 10 %)
2,00–1,40	Очень сильное угнетение семечковых, абрикоса, черешни (снижение урожайности на 50–85 %); сильное угнетение сливы, вишни (снижение урожайности на 20–50 %); среднее угнетение виноградной лозы (снижение на 10–25 %)
1,40–1,00	Крайне сильное угнетение семечковых, абрикоса, черешни (снижение урожайности более 85 %); очень сильное угнетение сливы, вишни (снижение урожайности на 50–90 %); среднее угнетение виноградной лозы (снижение на 25–30 %)
1,00–0,50	Полная гибель семечковых, абрикоса, черешни, сливы, вишни; очень сильное угнетение виноградной лозы (снижение урожайности на 50–90 %)
< 0,50	Полная гибель всех плодовых культур

Оценка воздействия Na^+ оросительных вод на почву проводится по величине коэффициента относительной потенциальной адсорбции **SAR** (Sodium adsorption ratio) (концентрация катионов выражается в мг-экв/л):

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}}$$

Поемность оценивается по периодичности затопления, срокам и длительности затопления, температуре поемных вод (сумма температур полой воды).

Таблица 4.3.2. Оценка качества оросительных вод по величине SAR

Содержание натрия в воде	Общая минерализация воды, г/л	
	<0,1	0,1–0,5
Низкое	< 10	< 6
Среднее	10–18	6–10
Высокое	18–26	10–18
Очень высокое	> 26	> 18

Для оценки поемности В.И. Шрагом (1966) предложена следующая градация:

- короткая поемность – срок стояния полых вод до 7 дней – позволяет возделывать большинство культур, принятых для данной зоны;
- средняя поемность – срок стояния полых вод 7–15 дней – исключает возделывание озимых культур, благоприятна для естественных и сеяных трав и большинства плодовых насаждений;
- продолжительная поемность – 15–30 дней – исключает полевые культуры и плодовые, благоприятна не для всех трав;

- очень продолжительная поемность со стоянием полых вод более 30 дней способствует заболачиванию территории и развитию болотных травянистых группировок.



Выживание растений в условиях затопления сильно зависит от температуры воды. Если в весенний период допустимая продолжительность затопления некоторых видов трав достигает 20–25 суток, то в летний период она не должна быть более 20–26 часов.

4.4. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ



Какие параметры учитываются при агроэкологической оценке микроклиматических условий?



В систему базовых показателей оценки агроклиматических особенностей земель входят показатели освещенности, термических условий, влагообеспеченности, ветрового режима и условий перезимовки.

К основным термическим показателям относятся (Добровольский, Урусевская, 2004; «Агроэкологическая оценка земель...», 2005):

- среднегодовая температура;
- среднемесячные температуры самого холодного и самого теплого месяцев;
- среднемноголетние минимальная и максимальная температуры самого холодного и самого теплого месяцев;
- сумма температур выше 10°C за вегетацию;
- длительность периодов со среднесуточными температурами выше 10°C;
- длительность безморозного периода.

В число основных показателей влагообеспеченности входят:

- сумма осадков за год;
- сумма осадков за период вегетации;
- коэффициент увлажнения (по Высоцкому-Иванову);
- число дней в году с ливнями и сильными дождями;
- число дней в году с засухой;
- запасы продуктивной влаги в слоях почвы 0–20 и 0–100 см весной.

Ветровой режима характеризуется показателями:

- годовая роза ветров;
- число дней в году со скоростью ветра выше 5 м/с;
- число дней в году с суховеями;
- длительность суховеев.

Условия перезимовки оцениваются по показателям:

- даты установления и схода снежного покрова;
- средняя высота снежного покрова;
- влажность почвы перед промерзанием и установлением устойчивого снежного покрова;
- число дней в году с оттепелями;
- продолжительность оттепелей.



Что такое ФАР?



▣ *Фотосинтетически активная радиация **ФАР*** (световые лучи с длиной волны 0,38...0,71 мкм) – усваиваемая растениями часть солнечной энергии:

$$\mathbf{ФАР = 0,43 S + 0,57 D,}$$

где **S** – прямая радиация, поступающая на горизонтальную поверхность; **D** – рассеянная радиация.

Коэффициент использования ФАР (КПД ФАР) – часть ФАР, используемая для фотосинтеза. По А.А. Ничипоровичу, посевы культур по использованию ФАР можно разделить на группы: обычные – 0,5...1,5 %, хорошие – 1,5...3,0, рекордные – 3,5...5,0 %, теоретически возможные – 6...8 %.

По теплообеспеченности в природно-сельскохозяйственном районировании России выделяют три пояса: холодный (менее 1600 °С), умеренный (1600...4000 °С) и теплый субтропический (более 4000 °С).

В зависимости от длительности промерзания почвы и ее среднегодовой температуры выделяются (Добровольский, Урусевская, 2004; «Агроэкологическая оценка земель...», 2005) четыре типа температурного режима почв: мерзлотный характерен для районов вечной мерзлоты (среднегодовая температура почвы отрицательная); длительно сезонно промерзающий с длительностью промерзания не менее 5 месяцев (среднегодовая температура почвы положительная, глубина проникновения отрицательных температур более 2 м); сезонно промерзающий с длительностью промерзания от нескольких дней до 5 месяцев (глубина проникновения отрицательных температур не более 2 м); непромерзающий (отрицательные температуры почвы отсутствуют или держатся от одного до нескольких дней).

Распределение температуры почвы в пределах одного хозяйства зависит от гранулометрического состава, содержания гумуса, местоположения по рельефу. Различия в средней месячной температуре песчаной и глинистой почв достигают 3-4 °С, осушенной и неосушенной торфяной почв – свыше 5 °С.



Что определяет условия перезимовки растений?



□ Перезимовка растений зависит от состояния их осенью, температурных условий и высоты снежного покрова зимой. На состоянии озимых зерновых неблагоприятно сказываются резкие колебания температуры, частые продолжительные оттепели и гололед.

Влиянию низких температур на почву зимой противостоит снежный покров, который оказывает решающее влияние на глубину промерзания. При высоте снежного покрова до 20 см зимы относят к малоснежным, 20-30 см – среднеснежным, выше 30 см – многоснежным.

На глубину промерзания сильно влияет влажность почвы. Чем она выше, тем меньше глубина промерзания. Глубина промерзания уменьшается и с увеличением содержания в почве глинистых частиц. В суровые зимы она различается между песчаными и суглинистыми почвами в среднем на 50 см, между песчаными и глинистыми – на 80 см.



Как оценивается влагообеспеченность территории?

Для оценки влагообеспеченности чаще всего используют коэффициент увлажнения, рассчитываемый по Высоцкому-Иванову (КУ):

$$КУ = P / E,$$

где **P** – осадки за год, мм; **E** – потенциальная эвапотранспирация за год (определяемая по испарению с поверхности водоемов), мм;

В соответствии с этим коэффициентом выделяются (Добровольский, Урусевская, 2004) зоны увлажнения:

- *избыточно влажная* (КУ более 1,33) – зона распространения тундрового, болотного, глееподзолистого почвообразования; осадки превышают испаряемость и за год, и за теплый период;
- *влажная* (КУ 1,33-1,00) зона охватывает тайгу и лиственные леса на подзолистых и бурых лесных почвах; годовая сумма осадков превышает испаряемость, но в основной период вегетации испаряемость выше осадков;
- *полувлажная* (КУ 1,00-0,77) – лесостепная зона на серых лесных почвах и лесостепных черноземах; КУ 1,00 свидетельствует о сбалансированности годовых осадков и испаряемости;
- *полузасушливая* (КУ 0,77-0,55) зона охватывает типичную степь на обыкновенных черноземах;

- *засушливая* (КУ 0,55-0,44) – засушливую степь на южных черноземах;
- *очень засушливая* (КУ 0,44-0,33) – сухую степь на темно-каштановых и каштановых почвах;
- *полусухая* (КУ 0,33-0,22) – полупустыня на светло-каштановых почвах;
- *сухая* (КУ 0,22-0,12) – полупустыня на бурых почвах;
- *очень сухая* (КУ менее 0,12) – полупустыня на серо-бурых почвах.

Влагообеспеченность конкретных местообитаний связана с неодинаковым расходом влаги на испарение на склонах разной крутизны и экспозиции, перераспределением зимних и летних осадков. Зимой снега накапливается больше на пониженных элементах рельефа. Наветренные склоны удерживают меньше снега, чем подветренные. На наветренных склонах мощность снега убывает от подножия к вершине, а на подветренных большие массы снега скапливаются в верхней части склона. На южных склонах снеготаяние проходит более интенсивно, в результате чего увеличивается сток.

Влажность почв вогнутых склонов книзу возрастает, а выпуклых, наоборот, снижается. На отдельных крутых отрезках любых склонов влажность почв уменьшается. Относительное количество осадков весной и осенью в зонах избыточного и достаточного увлажнения составляет у подножия склонов 1,00; на южных склонах 0,25-0,30; на северных склонах 0,3-0,4; в слабозасушливых условиях соответственно: 1,00; 0,15-0,25 и 0,25-0,30. В сравнимых условиях ряд экспозиций по увлажнению выглядит следующим образом: С > СВ > ЮВ > В > З > ЮВ > ЮЗ > Ю.



Что такое суховеи?

Суховеи – горизонтальные потоки воздуха с повышенной температурой и низкой относительной влажностью. Относятся к числу опасных метеорологических явлений и возникают на периферии антициклона («Агроэкологиче-

ская оценка земель...», 2005). Вредное действие суховея на растения существенно при скорости ветра более 5 м/с, температуре выше 25 °С и относительной влажности воздуха менее 30 %.

Режим суховеев (частота, число дней в году, длительность и интенсивность) является хорошим показателем засушливости климата. В лесной зоне число дней с суховеями за теплый сезон (апрель – октябрь) – 1-2, в лесостепной – 15-20, в степной – 30-60, в полупустынной – 70-100. Для лесной зоны характерны максимум суховейности в мае и минимум – в летний период; для лесостепной зоны – два максимума: весной и значительно меньший – в середине или в конце лета; для степной зоны – два равных максимума (или второй несколько больше первого).



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

- 1. Что такое макрорельеф и как он учитывается при оценке земель?**
- 2. Что такое микрорельеф и как он учитывается при оценке земель?**
- 3. Какие формы рельефа являются результатом развития современной эрозии?**
- 4. Какие характеристики рельефа используются для агроэкологической оценки земель?**
- 5. Как рассчитывают коэффициенты расчлененности территории?**
- 6. Какие характеристики пород рассматривают при их агроэкологической оценке?**
- 7. Что такое моренные отложения и флювиогляциал?**
- 8. Чем отличаются покровные и лессовидные суглинки?**

9. **Что характерно для элювия, делювия и пролювия?**
10. **Агроэкологические особенности аллювия и озерных отложений?**
11. **Как оценивают уровень грунтовых вод?**
12. **Какие параметры учитываются при агроэкологической оценке микроклиматических условий?**
13. **Что такое ФАР?**
14. **Что определяет условия перезимовки растений?**
15. **Как оценивается влагообеспеченность территории?**
16. **Что такое суховеи?**
17. **Какой зоне увлажнения соответствует $KУ=0,7$?**



Модуль 5. Основные диагностические параметры агроэкологической оценки почв

Вы будете изучать:

- Систему оценки параметров агрофизического и гидрофизического состояния почв.
- Основные диагностические параметры физико-химического состояния почв.
- Интегральные показатели биологического состояния и уровня окультуривания почв.
- Агроэкологическую оценку эродированности почв.

Цель модуля:

- Дать представление о современной системе оценки параметров агрофизического и гидрофизического состояния почв.
- Рассмотреть основные диагностические параметры физико-химического состояния почв.
- Обсудить интегральные показатели биологического состояния и уровня окультуривания почв.
- Дать агроэкологическую оценку эродированности почв.

После изучения модуля вы сможете:

- Дать агроэкологическую оценку основных параметров агрофизического и гидрофизического состояния почв.
- Проанализировать основные диагностические параметры физико-химического состояния почв.
- Использовать интегральные показатели биологического состояния и

уровня окультуривания почв.

- Владеть методами агроэкологической оценки эродированности почв.



Основная литература

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий (под ред. В.И. Кирюшина и А.Л. Иванова). – М.: Росинформагротех, 2005. - 783 с.
2. Методика агроэкологической типизации земель в агроландшафте (информационно-справочные системы оценки их ресурсного потенциала и оптимизации базовых элементов систем земледелия) (под ред. И.И. Васенёва). М.: Россельхозакадемия, 2004. 80 с.



Дополнительная литература

1. Булгаков Д.С. Агроэкологическая оценка пахотных почв. М. 2002. 252 с.
2. Методика и технология почвенно-экологической оценки и бонитировки почв для сельскохозяйственных культур (Карманов И.И.). М.: ВАСХНИЛ.1990.114 с.
3. Методология составления крупномасштабных агроэкологически ориентированных почвенных карт (составитель Н.П. Сорокина). М.2006. 159 с.



Ключевые слова.

Агроэкологическая оценка,
Агрофизическое и гидрофизическое состояние почв,
Физико-химические параметры почв,
Биологическое состояние почв,
Окультуривание почв.

ВВЕДЕНИЕ

Оценка агроэкологического качества почв обычно начинается с анализа морфогенетического строения почвенного профиля. При его оценке принимаются во внимание мощность мелкоземистой толщи, гумусово-аккумулятивной части профиля, пахотных и нижележащих горизонтов; расположение и свойства литологических слоев и границ, наличие проблемных агроэкологических ситуаций – с переуплотненными, переувлажненными, оглееными, солонцеватыми, засоленными, каменистыми горизонтами и т.д..

5.1. ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ АГРОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ

Базовым параметром агрофизического состояния почв является их гранулометрический состав. Классификация почв России по гранулометрическому составу основана на соотношении фракций физического песка и физической глины с поправкой на свойства почв различного генезиса (табл. 5.1.1).

Таблица 5.1.1. Классификационная шкала почв по гранулометрическому составу (по «Агроэкологической оценке земель...», 2005).

Содержание физ.глины, %	Название разновидности почв		Число разновидностей
	Основное	Дополнительное	
0-5	Рыхлопесчаная	Песчаные, крупнопылеватые	2
5-10	Связнопесчаная		2
10-20	Супесчаная		2
20-30	Легкосуглинистая	Песчаные, крупнопылеватые, пылеватые, иловатые	4
30-40	Среднесуглинистая		4
40-50	Тяжелосуглинистая		4
50-65	Легкоглинистая		4
65-80	Среднеглинистая		4
80-100	Тяжелоглинистая	Пылеватые, иловатые	2

Агроэкологическая оценка гранулометрического состава почв зависит от их генетических особенностей (табл. 5.1.2).

Таблица 5.1.2. Агроэкологическая оценка гранулометрического состава почв для зерновых культур (по «Агроэкологической оценке земель...», 2005).

Почвы	Оценка по гранулометрическому составу почв, баллы						
	Глинистые	Тяжелосугл.	Среднесугл.	Легкосугл.	Супесчаные	Песчаные	
						связные	рыхлые
Глееподзолистые	4	6	8	10	8	5	3
Подзолистые	5	6	8	10	8	5	3
Дерново-подзолистые	6	7	10	8	6	4	2
Серые лесные	8	10	9	7	6	4	2
Черноземы типичные	10	9	8	6	4	3	1
Черноземы южные	9	10	8	7	5	3	1
Темно-каштановые	8	10	9	7	6	3	1
Каштановые	7	9	10	8	6	3	1
Бурые	7	8	10	7	5	2	1
Сероземы	8	10	9	7	5	3	2
Красноземы и желтоземы	10	9	7	6	4	–	–
Желтоземно-подзолистые	8	9	10	9	6	4	2



Что такое скелетность?



□ Скелетность определяется механическими элементами крупнее 1 мм: гравием (1-3 мм) и камнями (более 3 мм). Скелетность оказы-

вает существенное влияние на свойства почв и условия их использования. Наряду с негативным ее влиянием (помехи обработки почвы, абразивное воздействие на рабочие органы орудий и др.) скелетность способствует ускоренному прогреванию почв в северных районах.

По характеру скелетной части устанавливают тип каменистости почв: валунные, галечниковые, щебнистые.

По содержанию хряща выделяют следующие группы почв:

- мелкоземистые с количеством скелета менее 10 %;
- слабохрящеватые (10-30 %);
- среднехрящеватые (30-50 %);
- сильнохрящеватые (более 50 % скелетных частиц).

По каменистости выделяются группы почв:

- некаменистые с содержанием камней менее 0,5 %;
- слабокаменистые (0,5-5 %);
- среднекаменистые (5-10 %);
- сильнокаменистые (более 10 % камней).



Что является основным динамическим показателем физического состояния почв?



Основным количественным динамическим показателем физического состояния почв является плотность – определяемая характером упаковки физических частиц почв и определяющая их пористость и условия водного и воздушного режима.

Наилучшие водно-воздушные свойства почв степной зоны складываются при размере агрегатов 0,25-3 мм, дерново-подзолистых 0,5-5 мм. При оценке противодефляционной устойчивости почв учитывают содержание агрегатов более 1 мм в слое 0 – 5 см.

Важнейшими условиями агрономической ценности структуры являются ее водопрочность и пористость (табл. 5.1.3). Верхним пределом оптимального содержания водопрочных агрегатов ориентировочно можно считать 75 (80) %, поскольку при более высоком содержании водопрочных агрегатов значительно возрастает пористость аэрации и непроизводительный расход влаги на физическое испарение.

Таблица 5.1.3. Агроэкологическая оценка структуры и сложения пахотного горизонта почв (по Кузнецовой, 1979 и «Агроэкологической оценке земель...», 2005).

Содержание водопрочных агрегатов более 0,25 мм, %	Оценка		Равновесная плотность сложения, г/см ³	Оценка плотности сложения
	Водопрочности структуры	Устойчивости сложения		
< 10	Неводопрочная	Неустойчивое	> 1,5	Очень плотное
10-20	Неудовлетворительная		1,5...1,4	
20-30	Недостаточно удовлетворительная	Недостаточно устойчивое	1,4...1,3	Плотное
30-40	Удовлетворительная	Устойчивое	1,3...1,2	Уплотненное
40-60	Хорошая		1,2...1,1	Оптимальное для большинства культур
60-75(80)	Отличная	Высокоустойчивое	1,1...1,0	
> 75(80)	Избыточно высокая		< 1,0	Рыхлое (пашня впусшена)

Поскольку при расчете пористости используется плотность твердой фазы почвы, величина которой слабо изменяется для минеральных почв (от 2,50-2,60 в гумусовых горизонтах до 2,65-2,75 в переходных горизонтах), то

оценку физического состояния почв возможно проводить по одному из показателей – плотности или общей пористости.

Важная характеристика сложения почвы – содержание в ней воздуха. При оптимальном сложении почвы пористость аэрации (некапиллярная) минеральных почв должна быть не ниже 15 %, торфяных – 30-40 %. При меньшем содержании воздуха условия роста культурных растений ухудшаются. Самые благоприятные условия увлажнения и воздухообеспеченности складываются в почве при соотношении капиллярной и некапиллярной пористости 1 : 1, т.е. если пористость аэрации составляет половину общей.

Таблица 5.1.4. Агроэкологическая оценка плотности и пористости суглинистых и глинистых почв в вегетационный период (по Н.А. Качинскому, 1965; «Агроэкологической оценке земель...», 2005).

Плотность, г/см³	Общая пористость, %	Оценка плотности	Оценка пористости
<1,0	> 70	Почва вспушена или богата органическим веществом	Избыточно пористая – почва вспушена
1,0-1,1	65-55	Типичные величины для культурной или свежевспаханной почвы	Отличная – культурный пахотный горизонт
1,1-1,2	55-50	Пашня слабо уплотнена	Хорошая – в окультуренных почвах
1,2-1,3	50-45	Пашня уплотнена	Удовлетворительная – в освоенных почв
1,3-1,4	45-40	Пашня сильно уплотнена	Неудовлетворительная – в пахотном горизонте
1,4-1,6	40-35	Типичные величины для подпахотных горизонтов (кроме черноземов)	Чрезмерно низкая – в уплотненных подпахотных и иллювиальных горизонтах
1,6-1,8		Сильно уплотненные иллювиальные горизонты	



Какие параметры почв определяют их физико-механические свойства?



К физико-механическим (агротехнологическим) свойствам почв относятся пластичность, липкость, набухание, усадка, связность, твердость и сопротивление при обработке. Помимо стабильных во времени гранулометрического и минералогического состава, содержания гумуса, состава обменных оснований, эти свойства сильно зависят от очень динамичной характеристики – влажности (Шеин, 2004).



Как оценивается пластичность почв?



Пластичность оценивается по числу пластичности – разнице между нижним и верхним пределами пластичности (пределом текучести и пределом раскатывания).

Глинистые почвы имеют число пластичности более 17, суглинистые – 7-17, супеси – менее 7, пески непластичны (число пластичности приближается к 0). Пластичность сильно возрастает с повышением содержания набухающих минералов в почвах, особенно солонцовых. Наибольшей пластичностью отличаются глинистые солонцы, содержащие 25-30 % и более обменного натрия от емкости поглощения. Пластичность уменьшается при высоком содержании гумуса.



Что определяет повышенную липкость почв?

Липкость проявляется при влажности почвы, близкой к верхнему пределу пластичности. Увеличение степени насыщенности почв кальцием сни-

жает липкость, натрием – резко увеличивает. Наименьшей липкостью обладают песчаные почвы, наибольшей – глинистые. Высокогумусированные почвы даже при высоком увлажнении (30-40 %) не проявляют липкости. По липкости почвы подразделяются на предельно вязкие (более 15 г/см²), сильно-вязкие (5-15 г/см²), средние по вязкости (2-5 г/см²), слабовязкие (менее 2 г/см²). Состояние влажности, при котором почва утрачивает липкость, отвечает физической спелости почв – наилучшим условиям для их обработки.



Что такое физическая спелость почв?




Физическая спелость почв – состояние увлажнения почвы, обеспечивающее наилучшие условия для обработки, при минимальном удельном сопротивлении и хорошей делимости, без распыления.

Способность к набуханию и усадке различных почв изменяются пропорционально содержанию глинистых и особенно коллоидных частиц, минералов монтмориллонитовой группы, органических коллоидов, и сильно возрастает с повышением содержания обменного натрия. Сильное набухание при высокой влажности вызывает разрушение почвенной структуры. Усадка при высыхании приводит к трещиноватости почв, разрыву корней растений, усилению физического испарения.

Важнейшие технологические показатели затрат на обработку почвы обусловлены ее связностью и твердостью. Наибольшей связностью характеризуются сухие глинистые бесструктурные почвы с небольшим содержанием гумуса и большой долей натрия в ППК, наименьшей – песчаные.



От чего зависит удельное сопротивление почв?

 Удельное сопротивление почв в зависимости от механического состава, физико-химических свойств, влажности, плотности и структурного состояния изменяется в пределах 0,2-1,2 кг/см².

Наименьшим удельным сопротивлением характеризуются почвы легкого гранулометрического состава, наибольшим – тяжелосуглинистые и глинистые почвы, особенно солонцы, содержащие более 20 % обменного натрия от емкости поглощения.

Максимальное удельное сопротивление обработке наблюдается при влажности, близкой к влажности устойчивого завядания, минимальное – при влажности почвы, соответствующей физической спелости. Удельное сопротивление почв под пропашными культурами значительно меньше, чем под зерновыми и многолетними травами, на целинных и залежных почвах оно выше на 45-50 %, чем на старопахотных.

5.2. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ГИДРОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ

К основным водно-физическим свойствам относятся влагоемкость и водопроницаемость почв. Влагоемкость почв оценивается с учетом их гранулометрического состава (табл. 5.2.1).

Таблица 5.2.1. Агроэкологическая оценка предельной полевой влагоемкости (по Н.А. Качинскому, 1965; «Агроэкологической оценке земель...», 2005).

Влагоемкость, % сухой массы почвы	Оценка
Тяжелые почвы	
40-50	Наилучшая
30-40	Хорошая
25-30	Удовлетворительная

< 25	Неудовлетворительная
Легкие почвы	
20-25	Отличная для песчаных почв
10-25	Удовлетворительная для полевых культур
3-10	Удовлетворительная для лесных культур
< 3	Неудовлетворительная для любых культур

Оценка влагообеспеченности проводится по запасам продуктивной влаги в слое 0-20 и 0-100 см весной и перед посевом озимых (таблица 5.2.2).

Таблица 5.2.2. Агроэкологическая оценка запасов продуктивной влаги (по Вадюниной, Корчагиной, 1976; «Агроэкологической оценке земель...», 2005).

Мощность слоя почвы, см	Запасы воды, мм	Качественная оценка запасов воды
0...20	> 40	Хорошие
	40-20	Удовлетворительные
	< 20	Неудовлетворительные
0...100	> 160	Очень хорошие
	160-130	Хорошие
	130-90	Удовлетворительные
	90-60	Плохие
	< 60	Очень плохие



Как оценивается водопроницаемость почв?

Оценка водопроницаемости почвы проводится с учетом природных и производственных условий.

Орошаемые почвы по скорости впитывания воды за первый час фильтрации подразделяются на три группы:

- значительной водопроницаемости (более 150 мм);
- средней водопроницаемости (150-50 мм);
- слабой водопроницаемости (менее 50 мм).

Более подробная агроэкологическая оценка водопроницаемости суглинистых и глинистых почв (по просачиванию воды в первый час фильтрации при напоре 5 см и температуре 10 °С) была предложена Н.А. Качинским (1965) и включает шесть рангов оценки:

- провальная (более 1000 мм);
- излишне высокая (1000-500 мм);
- наилучшая (500-100 мм);
- хорошая (100-70 мм);
- удовлетворительная (70-30 мм);
- неудовлетворительная (менее 30 мм).

Оценка водопроницаемости в условиях впитывания дождевых вод имеет большое значение для прогнозирования эрозии (таблица 5.2.3).

Таблица 5.2.3. Агроэкологическая оценка дождей и водопроницаемости почвы (по «Агроэкологической оценке земель...», 2005).

Интенсивность дождя (Коэффициент впитывания воды), мм/мин	Оценка	
	дождей	водопроницаемости
> 2,0	Сильные ливни	Очень высокая
2,0...0,5	Ливни	Высокая
0,5...0,1	Сильные дожди	Повышенная
0,1...0,02	Умеренные дожди	Средняя
0,02...0,005	Легкие дожди	Пониженная
0,005...0,001	Морозящие дожди	Низкая
< 0,001	Морозящие дожди	Очень низкая

При оценке переувлажненных почв большое значение имеет высота капиллярного поднятия, характеризующая водоподъемную способность почв. Высота капиллярного подъема воды в песках составляет 0,2-1,0 м, в супесях она возрастает до 1,0-1,5 м, в суглинках – до 3-4 м.

5.3. ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ



Чем определяется химический состав почв?



Химический состав почв определяется химическим составом почвообразующих пород, почвообразовательными процессами и антропогенными факторами. Агрономические значимые особенности химического состава проявляются не только в валовом содержании элементов, но и в их формах. Наиболее важные особенности химического состава: карбонатность, засоленность, содержание элементов минерального питания и загрязнителей.

В карбонатных почвах содержится повышенное количество Ca^{2+} и HCO_3^- в почвенном растворе, что определяет их слабощелочную реакцию. В этих почвах быстрее осуществляется минерализация органического вещества и высвобождается азот в минеральных формах.

Фосфаты, железо, марганец, тяжелые металлы менее доступны, чем в кислых почвах. Присутствие в почвенных растворах большого количества кальция вследствие антагонизма катионов может затруднить усвоение некоторых элементов питания, создавая их недостаток для растений. Недостаток усвояемого железа в карбонатных почвах может вызвать хлороз растений.



Как оценивается засоленность почв?



Засоленность почв оценивается по глубине, химизму и степени.

По глубине залегания верхней границы солевого горизонта засоленные почвы разделяются на солончаковые (соли в слое 0-30 см), солончаковатые (30-80 см), глубокосолончаковатые (80-150 см), глубокозасоленные (глубже 150 см). Химизм и степень засоления определяются согласно принятым методикам по соотношению анионов (табл. 5.3.1).

Оценка степени засоления проводится на основе обобщения данных урожайности среднесолеустойчивых сельскохозяйственных культур при различном содержании солей (табл. 5.3.2).

Таблица 5.3.1. Классификация почв по типу и степени засоления (по «Классификации и диагностике почв...», 1977; 2004).

Химизм засоления (по соотношению %-го содержания анионов)	Степень засоления (по сумме солей, %)				
	Нет	Слабая	Средняя	Сильная	Очень сильная
Хлоридный: $\text{Cl}^- \geq 2,5 \text{ SO}_4^{2-}$	< 0,03	0,03-0,10	0,10-0,30	0,30-0,60	> 0,6
Сульфатно-хлоридный: $\text{Cl}^- = (2,5 \dots 1,0) \text{ SO}_4^{2-}$	< 0,05	0,05-0,12	0,12-0,35	0,35-0,70	> 0,7
Хлоридно-сульфатный: $\text{Cl}^- = (1,0 \dots 0,3) \text{ SO}_4^{2-}$	< 0,10	0,10-0,25	0,25-0,50	0,50-0,90	> 0,9
Сульфатный: $\text{Cl}^- \leq 0,3 \text{ SO}_4^{2-}$	< 0,15	0,15-0,30	0,30-0,60	0,60-1,40	> 1,4
Содово-хлоридный, хлоридно-содовый: $\text{HCO}_3^- > \text{Ca} + \text{Mg}$ (экв), $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$	< 0,10	0,10-0,15	0,15-0,30	0,30-0,50	> 0,5
Содово-сульфатный, сульфатно-содовый: $\text{HCO}_3^- > \text{Ca} + \text{Mg}$ (экв), $\text{Cl}^- \leq \text{SO}_4^{2-}$	< 0,15	0,15-0,25	0,25-0,35	0,35-0,60	> 0,6

Сульфатно- (хлоридно-) гидрокарбонатный щелочноземельный: $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ (Cl ⁻)	< 0,15	0,15-0,30	0,30-0,50	Не встречаются
--	--------	-----------	-----------	----------------

Таблица 5.3.2. Агроэкологическая оценка почв по степени засоления (по Базилевич, Панковой, 1968; «Агроэкологической оценке ...», 2005).

Степень засоления почв	Состояние растений	Урожай, %
Незасоленные	Хорошее	100
Слабозасоленные	Слабоугнетенное	80
Среднезасоленные	Среднеугнетенное	50
Сильнозасоленные	Сильноугнетенное	30
Очень сильно засоленные	Очень сильно угнетенное или полная гибель	0-10



Что собой представляют физико-химические свойства почв?

Физико-химические свойства почв – емкость катионного обмена, состав обменных катионов, рН водной и солевой вытяжек, гидролитическая кислотность, степень насыщенности почвы основаниями, доля обменного натрия от ЕКО – оцениваются и сопоставляются с требованиями культур для определения потребности в химических мелиорациях и доз мелиорантов, буферности, устойчивости к антропогенным воздействиям.

В оценке состава обменных катионов наибольшее значение имеют ионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , H^+ , Al^{3+} . Первые три относят к обменным основаниям. Водород и алюминий обуславливают гидролитическую кислотность, поглощенный натрий и повышенное количество магния – солонцеватость почв.

Состав обменных катионов во многом определяет и физические свойства почв. С емкостью катионного обмена связывается устойчивость почв к антропогенным воздействиям, в частности, к химическому загрязнению. По возрастающей степени устойчивости к антропогенному воздействию почвы

разделяются на пять групп: 1) с ЕКО менее 10 мг-экв/100 г почвы; 2) 10-20; 3) 21-30; 4) 31-40; 5) более 41 мг-экв/100 г почвы.

Кислотно-основное состояние обуславливает многие особенности поведения элементов в почве, с ней связаны режимы органического вещества и элементов минерального питания, подвижность соединений (в том числе токсичных для растений). Реакция почвенного раствора оказывает и прямое действие на культуры («Агроэкологическая оценка земель...», 2005).



В чем проявляется негативное влияние повышенной кислотности на растения?



Негативное влияние повышенной кислотности на растения проявляется через недостаток кальция, повышенную концентрацию токсичных для растений ионов Al^{3+} , Mn^{2+} , H^+ , изменение доступности для растений элементов питания, ухудшение физических свойств почвы, снижение ее биологической активности. В кислых почвах повышается растворимость соединений Fe, Mn, Al, B, Cu, Zn, избыток которых снижает продуктивность растений.

Высокая кислотность снижает доступность молибдена. Усвояемость фосфора максимальна при pH 6,5, в более кислой и более щелочной среде она снижается. Кислая среда ухудшает азотный режим почвы, угнетая процессы аммонификации, нитрификации, азотфиксации. Для этих процессов оптимум pH лежит в интервале 6,5...8,0. Особо негативную роль в кислых почвах играет алюминий. При pH 4 содержание растворенного алюминия достигает токсичных концентраций для большинства растений, в то время как питательные растворы с pH 4 не имеют такого действия. Близкие эффекты при низких pH оказывает марганец.



В чем проявляется негативное влияние щелочной реакции среды?



На щелочных почвах также ухудшается фосфатный режим, возникает дефицит некоторых микроэлементов (Zn, Fe, Mn, Cu). При высокой щелочности ухудшаются физические свойства почв. Сильнощелочная реакция неблагоприятна для большинства растений.



Как определяется реакция почвенного раствора?



Реакция почвенного раствора определяется потенциометрически в водной или солевой вытяжке. Различают почвы: очень сильнокислые ($\text{pH}_{\text{сол}}$ менее 4,0); сильнокислые (4,1...4,5); среднекислые (4,6...5,0); слабокислые (5,1...5,5); нейтральные (5,6...7,4); слабощелочные ($\text{pH}_{\text{вод}}$ 7,5...8,5); сильнощелочные (8,6...10,0); резкощелочные (10,1...12,0).

Оптимальные значения pH для разных культур зависят от содержания гумуса, гранулометрического состава, обеспеченности растений элементами минерального питания. Потенциальная кислотность обусловлена ионами водорода и алюминия, находящимися в обменно-поглощенном состоянии в ППК. В зависимости от способа определения подразделяется на обменную (вытеснение H^+ и Al^{3+} нейтральными солями) и гидролитическую кислотность (вытеснение гидролитически щелочными солями).

Значение гидролитической кислотности используется при расчете доз мелиорантов:

$$C = 0,05 * N_{\Gamma} * d_{\nu} * h * K_{\text{M}} \text{ (т/га)},$$

где: N_{Γ} – гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы;

d_{ν} – плотность мелиорируемого слоя, г/см³;

h – мощность мелиорируемого слоя, см;

K_M – поправочный коэффициент на долю $CaCO_3$ в мелиоранте.

$K_M = 100 / C_M$, где

C_M – процент $CaCO_3$ в мелиоранте.

Степень насыщенности почвы основаниями (процент обменных катионов от ЕКО) используется при оценке потребности в известковании.

Актуальная щелочность обусловлена наличием в почвенном растворе гидролитически щелочных солей (иона OH^-). В зависимости от источника OH^- различают щелочность от нормальных карбонатов, от бикарбонатов и общую (суммарную), которые различаются по граничным значениям рН, определяются титрованием в присутствии соответствующих индикаторов и выражаются в мг-экв/100 г почвы. Потенциальная щелочность обнаруживается у почв, содержащих обменно-поглощенный натрий, который, переходя в почвенный раствор и взаимодействуя с угольной кислотой, образует соду.

По содержанию обменного натрия (% от ЕКО) определяется степень солонцеватости почв (табл. 5.3.3).

Таблица 5.3.3. Агроэкологическая оценка почв по относительному содержанию в ППК обменного натрия (% от ЕКО) (по «Агроэкологической оценке земель...», 2005).

Почвы	Виды по относительному содержанию Na^+			
	Несолонцеватые	Слабосолонцеватые	Среднесолонцеватые	Сильносолонцеватые
Высокогумусные: черноземы, лугово-черноземные, черноземно-луговые, др.	<5	5-10	10-15	15-20
Малогумусные: бурые, каштановые, южные черноземы	<3	3-5	5-10	10-15
Солонцы	Остаточные	Малонатриевые	Средненатриевые	Многонатриевые
	<10	10-20	20-40	>40



Как оценивается окислительно-восстановительный режим почв?

Окислительно-восстановительный режим оценивается на основе величин и динамики ОВП и rH_2 . Диапазон приемлемых для жизнедеятельности растений Eh находится в пределах 550-750 мВ для дерново-подзолистых почв, 400-600 для черноземов, 350-400 мВ для сероземов (табл. 5.3.4).

Диапазон восстановительных условий делят на интенсивно-восстановительные (ОВП менее 200 мВ), умеренно-восстановительные (200-300 мВ), слабо-восстановительные (300-400 мВ).

Показатель rH_2 (отрицательный логарифм давления молекулярного водорода) характеризует напряженность ОВ процессов в почвах с разным рН: при rH_2 более 27 наблюдается преобладание окислительных процессов, менее 27 – преобладание восстановительных процессов, при rH_2 менее 20 – интенсивные восстановительные процессы.

Таблица 5.3.4. Агроэкологическая оценка окислительно-восстановительных условий (по «Агроэкологической оценке земель...», 2005).

Параметры	Оценка		
	благоприятная	неблагоприятная	очень неблагоприятная
Возможное падение Eh ранней весной, мВ	до 450	350-200	< 200
Время развития весеннего анаэробнобиозиса (Eh < 320 мВ), дни	не более 5	5-10	> 10
Возможное падение Eh в течение 5 дней при орошении, мВ	до 450	350-200	< 200

Система оценки ОВ условий должна включать определение типа ОВ режима; минимальные показатели Eh и rH_2 в корнеобитаемом слое почвы; глубина проявления восстановительных условий; время и длительность периода

проявления восстановительных условий; характеристику процессов образования восстановленных форм элементов.

5.4. ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ



Как оценивается биологическое состояние почв?



Биологическое состояние почв оцениваются по их биогенности и биологической активности, которые характеризуют общую деятельность всей микрофлоры, микро- и мезофауны, независимо от ее таксономического положения и экологических функций. Они играют ключевую роль в процессах почвообразования, круговорота веществ и самоочищении почвы.

Биогенность почвы определяется путем прямого подсчета численности микроорганизмов, микроводорослей, микро- и мезофауны. Различные физиологические и таксономические группы бактерий, грибов и актиномицетов учитываются путем посева почвенных образцов на селективные питательные среды. Для определения биомассы микроорганизмов в почве широко используют фумигационный, физиологический (субстрат-индуцированный) и регидратационный методы.

Оценка биологической активности проводится по интегральным показателям, среди которых наибольшее распространение получили методы определения «дыхания почвы» по интенсивности выделения CO_2 , нитрификационной способности, азотфиксирующей, целлюлозолитической активности.

Для характеристики биохимических процессов трансформации органического вещества определяют активность ферментов в почве (табл. 5.4.1). Они включают, главным образом, оксидоредуктазы (дегидрогеназа, полифенолоксидаза, пероксидаза, каталаза, нитратредуктаза) и гидролазы (инвертаза, амилаза, целлюлаза, уреаза, протеаза, фосфатаза).

Таблица 5.4.1. Агроэкологическая оценка ферментативного состояния почв (по Звягинцеву, 1978; «Агроэкологической оценке земель...», 2005).

Показатель	Очень бедная	Бедная	Средняя	Богатая	Очень богатая
Каталаза, O ₂ , см ³ /г /1 мин	< 1	1 – 3	3 – 10	10 – 30	> 30
Дегидрогеназа, мг ТФФ на 10 г/ 24 ч	< 1	1 – 3	3 – 10	10 – 30	> 30
Инвертаза, мг глюкозы на 1 г/24 ч	< 5	5 -15	15 – 50	50 -150	>150
Уреаза, мг NH ₃ на 10 г / 24 ч	< 3	3 -10	10 – 30	30 -100	>100
Фосфатаза, мг P ₂ O ₅ , на 10 г/ч	< 0,5	0,5-1,5	1,5- 5	5 - 15	> 15

Важно отметить, что биологические показатели почв крайне вариabельны и существенно изменяются в течение вегетационного периода в зависимости от поступления в почву органических веществ, количества и качества питательных веществ, температуры, водно-воздушного режима, растительного покрова, удобрений, химических мелиорантов, пестицидов и т.д.

5.5. ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОКУЛЬТУРИВАНИЯ ПОЧВ



Что такое окультуривание почв?



Под окультуриванием почвы следует понимать преобразование их свойств в соответствии с агроэкологическими требованиями конкретной культуры или группы культур. Окультуривание связано с созданием качественно нового типа биологического круговорота веществ с более высокой емкостью и интенсивностью.

По степени окультуренности почвы делятся на три категории: освоенные, окультуренные и культурные («Агроэкологическая оценка ...», 2005).

К освоенным относятся почвы, вовлеченные в активный сельскохозяйственный оборот и используемые при низком уровне агротехники, малых дозах органических и минеральных удобрений, недостаточном известковании или без него. Подпахотные горизонты сохраняют свойства целинных почв.

Окультуренные почвы формируются в условиях высокой агротехники (соблюдение севооборотов, регулярное внесение органических и минеральных удобрений, известкование, хотя и не всегда достаточное). Довольно отчетливо сохраняются признаки зонального типа почвообразования, при доминировании современных гумусово-аккумулятивных процессов.

Культурные почвы формируются в условиях длительного и интенсивного окультуривания, при регулярном внесении больших количеств навоза и систематическом известковании почвы.



Как оценивается уровень окультуривания почв?

Для количественной оценки уровня окультуренности используют интегральные по смыслу показатели мощности гумусово-аккумулятивных горизонтов, содержания, запасов и качества гумуса, содержания и водопрочности агрономически ценных агрегатов, значения рН и запасы доступных форм элементов питания – со шкалами оценки, адаптированными к условиям конкретного региона.

О потенциальной обеспеченности растений азотом судят по содержанию его легкогидролизуемых форм (табл. 5.5.1), нитрификационной способности почвы. Фактическую обеспеченность устанавливают по запасам в почве нитратного, нитритного и аммонийного азота. На их основе, а также сведений о накоплении азота за счет текущей минерализации и поступления с удобрениями рассчитывается обеспеченность посевов азотом.

Таблица 5.5.1. Агроэкологическая оценка обеспеченности почв легкогидролизуемым азотом (в мг/100 г почвы по «Агроэкологической оценке земель...», 2005).

Оценка обеспеченности	РН менее 5			рН 5-6			рН более 6		
	З*	К	О	З	К	О	З	К	О
Очень низкая	< 4	< 5	< 6	< 3	< 4	< 5	< 3	< 4	< 5
Низкая	4-5	5-7	6-10	3-4	4-6	5-8	3-4	4-5	5-7
Средняя	5-7	7-10	10-14	4-6	6-8	8-12	4-5	5-7	7-10
Высокая	> 7	> 10	> 14	> 6	> 8	> 12	> 5	> 7	> 10

* З – зерновые, К – картофель и кормовые корнеплоды, О – овощные

Оценки фосфатного питания растений дополняются оценками фактора интенсивности (по Скофилду, Карпинскому и Замятиной), для чего применяется вытяжка 0,01 М CaCl₂, имитирующая почвенные растворы (табл. 5.5.2).

Таблица 5.5.2. Агроэкологическая оценка обеспеченности почв подвижными фосфатами (в мг/100 г почвы по «Агроэкологической оценке земель...», 2005).

Оценка обеспеченности	Культуры		
	Зерновые и зернобобовые	Кормовые корнеплоды, картофель	Овощные, технические
В ы т я ж к а К и р с а н о в а			
Очень низкая	< 3	< 8	< 15
Низкая	3-8	8-15	15-20
Средняя	8-15	15-20	20-30
Высокая	> 15	> 20	> 30
В ы т я ж к а Ч и р и к о в а			
Очень низкая	< 2	< 5	< 10
Низкая	2-5	5-10	10-15
Средняя	5-10	10-15	15-20
Высокая	> 10	> 15	> 20

Вытяжка Труога			
Очень низкая	< 3	< 7	< 12
Низкая	3-7	7-12	12-18
Средняя	7-12	12-18	18-25
Высокая	> 12	> 18	> 25
Вытяжки Аррениуса и Ониани			
Очень низкая	< 8	< 15	< 30
Низкая	8-15	15-30	30-45
Средняя	15-30	30-45	45-60
Высокая	> 30	> 45	> 60
Вытяжка Мачигина			
Очень низкая	< 1	< 1,5	< 3,0
Низкая	1-1,5	1,5-3,0	3,0-4,5
Средняя	1,5-3	3,0-4,5	4,5-6,0
Высокая	> 3	> 4,5	> 6,0

Валовое содержание калия в почвах может составлять 2 % и более. Доля обменного калия чаще менее 5 % от валового, а в почвенном растворе находится только 1 % обменного калия (табл. 5.5.3).

Таблица 5.5.3. Агроэкологическая оценка обеспеченности почв обменным калием (в мг/100 г почвы по «Агроэкологической оценке земель...», 2005).

Оценка обеспеченности	По Кирсанову	По Масловой	По Чирикову	По Эгнеру-Риму	По Ониани	По Мачигину
Очень низкая	< 4	< 5	< 2	–	< 20	< 5
Низкая	4-8	5-10	2-4	< 7	20-30	5-10
Средняя	8-12	10-15	4-8	7-14	30-40	10-20
Повышенная	12-17	15-20	8-12	> 14	–	20-30

Высокая	17-20	20-30	12-18	–	> 40	30-40
Очень высокая	> 20	> 30	> 18	–	–	> 40

5.6. ОЦЕНКА ЭРОДИРОВАННОСТИ ПОЧВ



Как оценивается степень эродированности почв?

Диагностика почв по степени эродированности (как смывости, так и дефлированности) осуществляется по уровню потери гумуса, отчуждения верхнего гумусового горизонта в соответствии с методиками, разработанными для различных типов и подтипов почв.

При оценке эродированности почв определяются:

- факторы, обуславливающие эрозию (климатические, геоморфологические, почвенные условия, растительный покров и использование);
- тип эрозии (водная, ветровая, смешанная);
- форма проявления (плоскостные или линейные формы);
- степень фактической эродированности (слабая, средняя, сильная);
- фактическая интенсивность эрозии (по величине твердого стока).

С увеличением степени эродированности ухудшаются агрономические свойства почв: снижается содержание гумуса, повышается плотность почвы, снижается пористость, влагоемкость, водопроницаемость, запасы продуктивной влаги, уменьшается биологическая активность (табл. 5.6.1).

Таблица 5.6.1. Агроэкологическая оценка эродированных почв (в относительных единицах - по «Агроэкологической оценке земель...», 2005).

Свойства и показатели	Почвы		
	слабосмытые	среднесмытые	сильносмытые
Мощность гориз. А (А+В)	0,5 (1,0)	0,5-0,0 (1,0)	0,0 (0,9-0,0)

Содержание гумуса	0,95-0,75	0,75-0,50	0,50-0,30
Плотность сложения	1,03-1,06	1,05-1,12	1,10-1,23
Влажность завядания	0,98-0,96	0,90-0,85	0,75-0,65
Пористость	1,00-0,95	0,96-0,90	0,80-0,75
Полная влагоемкость	0,98-0,95	0,95-0,80	0,80-0,70
Водопроницаемость	–	0,72-0,64	0,49-0,43
Средняя урожайность зерна	1,0-0,8	0,8-0,6	0,6-0,3



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что такое скелетность почв?
2. Что является основным динамическим показателем физического состояния почв?
3. Какие параметры почв определяют их физико-механические свойства?
4. Как оценивается пластичность почв?
5. Что определяет повышенную липкость почв?
6. Что такое физическая спелость почв?
7. От чего зависит удельное сопротивление почв?
8. Как оценивается водопроницаемость почв?
9. Чем определяется химический состав почв?
10. Как оценивается засоленность почв?
11. Что собой представляют физико-химические свойства почв?

- 12. В чем проявляется негативное влияние повышенной кислотности на растения?**
- 13. В чем проявляется негативное влияние щелочной реакции среды?**
- 14. Как определяется реакция почвенного раствора?**
- 15. Как оценивается окислительно-восстановительный режим почв?**
- 16. Как оценивается биологическое состояние почв?**
- 17. Что такое окультуривание почв?**
- 18. Как оценивается уровень окультуривания почв?**
- 19. Как оценивается обеспеченности почв легкогидролизуемым азотом?**
- 20. Как оценивается степень эродированности почв?**



Модуль 6. Агроэкологическая оценка загрязненных и деградированных земель

Вы будете изучать

- Основные виды загрязнения почв и агроландшафтов
- Диагностические показатели и шкалы оценки загрязнения почв тяжелыми металлами и радионуклидами
- Наиболее распространенные виды деградации почв и ландшафтов
- Основные диагностические показатели деградации почв

Цели модуля

- Познакомить с основными видами загрязнения почв и агроландшафтов
- Дать представление о диагностических показателях и шкалах оценки загрязнения почв тяжелыми металлами и радионуклидами
- Объяснить наиболее распространенные виды деградации почв и ландшафтов
- Показать основные диагностические показатели деградации почв

После изучения модуля Вы сможете

- Диагностировать и оценивать основные виды загрязнения почв и агроландшафтов
- Формировать региональные наборы диагностических показателей и шкал оценки загрязнения почв тяжелыми металлами и радионуклидами
- Давать комплексную оценку наиболее распространенных видов деградации почв и ландшафтов



Основная литература

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий (под ред. В.И. Кирюшина и А.Л. Иванова). – М.: Росинформагротех, 2005. - 783 с.
2. Методика агроэкологической типизации земель в агроландшафте (информационно-справочные системы оценки их ресурсного потенциала и оптимизации базовых элементов систем земледелия) (под ред. И.И. Васенёва). М.: Россельхозакадемия, 2004. 80 с.



Дополнительная литература

1. Агроэкология (под ред. В.А. Черникова и А.И. Чекереса). М.: Колос. 2000. 535 с.
2. Кирюшин В.И. Агрочвоведение. – М.: КолосС, 2009.



Ключевые слова

Почва,
Деградация,
Загрязнение,
Агроландшафт,
Радионуклиды,
Тяжелые металлы,
Экологическая оценка почв,
Агроэкологическая оценка почв.

ВВЕДЕНИЕ

В зависимости от пути миграции химических веществ из почвы в сопредельные среды, различают четыре разновидности ПДК: (а) транслокационный показатель, характеризующий переход вещества через корневую систему растений в зеленую массу и плоды; (б) миграционный воздушный показатель, характеризующий переход в атмосферу; (в) миграционный водный показатель, характеризующий переход вещества в водную среду; (г) общесанитарный показатель, характеризующий влияние вещества на самоочищающую способность почвы и микробоценоз.

6.1. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ



Как оценивается экологическая опасность, возникающая вследствие устойчивых техногенных нагрузок?

Оценка экологической опасности, возникающей вследствие устойчивых техногенных нагрузок, рассчитывают двумя способами.

1. Педохимическая индикация степени загрязнения почв химическим веществом (Глазовская, 1997) основана на коэффициенте концентрации K_C (6.1.1):

$$K_C = C / C_{\Phi}, \quad (6.1.1)$$

где C – концентрация вещества в загрязненной пробе, C_{Φ} – фоновое содержание элемента в почве.

Коэффициент концентрации отражает интенсивность загрязнения: минимальный (K_C 1-2), слабый (2-4), средний (4-8), сильный (8-16), очень сильный (16-32), максимальный (K_C более 32).

2. Для оценки полиэлементных аномалий используют суммарный показатель загрязнения Z , который отражает совокупную техногенную нагрузку на ландшафт, обусловленную влиянием всех элементов с аномально высокими

концентрациями (6.1.2):

$$Z = \sum K_C - (n - 1), \quad (6.1.2)$$

где K_C – коэффициенты концентрации веществ > 1 ;

n – число химических элементов с $K_C > 1$.

Уровни загрязнения почв по величинам суммарного показателя: минимальный (менее 8), слабый (8-16), средний (16-32), сильный (32-64), очень сильный (64-128), максимальный (более 128).

Экологическая оценка почв, загрязненных тяжелыми металлами, проводится, исходя из суммарного загрязнения, класса опасности токсикантов (табл. 6.1.1), их ПДК (таблица 6.1.2) и фактического содержания в почве (табл. 6.1.3) («Агроэкологическая оценка...», 2005).

Таблица 6.1.1. Показатели классов опасности химических веществ (по ГОСТ 17.4.1.02–83) и вещества соответствующих классов опасности.

Показатели	Нормы для классов опасности		
	I	II	III
Токсичность, ЛД ₅₀ *, мг/кг	Менее 200	200...1000	Более 1000
Персистентность в почве, мес.	Более 12	6...12	Менее 6
ПДК в почве, мг/кг	Менее 0,2	0,2...0,5	Более 0,5
Миграционная способность	Есть	Слабая	Нет
Персистентность ** в растениях, мес.	Более 3	1...3	Менее 1
Влияние на пищевую ценность сельхозпродукции	Сильное	Умеренное	Нет
Вещества	As, Cd, Hg, Se, Pb, F, бензопирен	B, Co, Ni, Mo, Sb, Cr	Ba, V, W, Mn, Sr, ацетофенол

* ЛД₅₀ – летальная доза вещества, вызывающая при введении в организм гибель 50 % животных; ** персистентность – продолжительность сохранения биологической активности, обусловленная устойчивостью к разложению.

Таблица 6.1.2. ПДК веществ в почвах и допустимые уровни их содержания по показателям вредности, мг/кг почвы с учетом фона («Агроэкологическая оценка...», 2005).

Элемент	ПДК	Показатели вредности		
		транслокационный	водный	общесанитарный
Подвижные формы				
Cu	3,0	3,5	72,0	3,0
Ni	4,0	6,7	14,0	4,0
Zn	23,0	23,0	200,0	37,0
Co	5,0	25,0	1000	5,0
F	2,8	2,8	–	–
Cr	6,0	–	–	6,0
Pb	6,0	–	–	–
Валовое содержание				
Sb	4,5	4,5	4,5	50,0
Mn	1500	3500	1500	1500
V	150	170	350	150
Pb	30	35	260	30
As	2	2	15	10
Hg	2,1	2,1	33,3	5,0
Pb + Hg	20 + 1	20 + 1	30 + 2	30 + 2
Cu	55	–	–	–
Ni	85	–	–	–
Zn	100	–	–	–

Таблица 6.1.3. Схема оценки почв сельхозугодий по степени загрязнения химическими веществами («Агроэкологическая оценка...», 2005).

Категория	Z	Загрязненность относительно ПДК	Изменение показателей здоровья	Возможное использование почв	Необходимые мероприятия
I. Допустимая	<16	Выше фонового, но ниже ПДК	Низкие уровни заболеваемости детей и частота функциональных отклонений	Под любые культуры	Снижение уровня воздействия источников загрязнения почв и доступности токсикантов для растений
II. Умеренно опасная	16,1-32,0	Выше ПДК при лимитирующих общесанитарном и водном показателях, ниже транслокационного ПДК	Увеличение общей заболеваемости	Под любые культуры при контроле качества продукции растениеводства	Аналогично I категории. Контроль за содержанием веществ с лимитирующим водным миграционным показателем
III. Высоко опасная	32,1-128,0	Превышает ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности	Увеличение общей заболеваемости, хронически больных детей, нарушений сердечно-сосудистой системы	Под технические культуры без получения продуктов питания и кормов	Аналогично I категории. Обязательный контроль за содержанием токсикантов в растениях. Ограничение использования зеленой массы на корм.
IV. Чрезвычайно опасная	> 128	Превышает ПДК по всем показателям	Увеличение заболеваемости детей, нарушение репродуктивной функции женщин	Исключение из сельскохозяйственного использования	Снижение уровней загрязнения и связывания токсикантов в почвах. Контроль за содержанием токсикантов во всех средах

6.2. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ



Чем обусловлено основное радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных земель?



Радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных земель РФ, главным образом обусловлено долгоживущими радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr , которые поступили в окружающую среду в результате крупных радиационных аварий на химкомбинате "Маяк" (Южный Урал) и на Чернобыльской АЭС, а также испытаний ядерного оружия. Являясь химическими аналогами К и Са, они характеризуются высокой миграционной подвижностью, в значительных количествах накапливаются в сельскохозяйственной продукции и, как следствие, в организме человека (Фокин и др., 2005).

Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных земель, загрязненных радионуклидами, включает два аспекта:

- оценку влияния ландшафтных и биогеохимических характеристик сельскохозяйственных угодий на перераспределение и концентрирование радионуклидов в компонентах агроэкосистем, что в значительной степени определяет степень опасности загрязнения;
- оценку загрязненных сельскохозяйственных угодий с точки зрения возможности получения продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам.

Таким образом, при оценке последствий радиоактивного загрязнения должны учитываться два методологических подхода – санитарно-гигиенический и экологический.

В рамках санитарно-гигиенического подхода к экологической оценке сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами, решается задача возможности использования данных земель для получения продукции, соответствующей установленным нормативам. В основе санитарно-гигиенического подхода лежит соблюдение нормативов и принципов радиационной безопасности населения, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях.

На базе количественных показателей миграции радионуклидов в агроэкосистемах разрабатывается радиационно-гигиеническое обоснование пределов загрязнения почв сельскохозяйственных угодий с учетом ландшафтных и биогеохимических характеристик территории и особенностей ведения сельского хозяйства.

Действие радиоактивных веществ на агроэкосистемы зависит от характера загрязнения, концентрации загрязнителей, длительности воздействия, относительной восприимчивости или устойчивости агроценозов или их отдельных компонентов к загрязнению. Существует система показателей, которые характеризуют миграционную подвижность радионуклидов в агроэкосистемах:

- показатели биологической подвижности радионуклидов в почвах (формы; коэффициенты распределения между твердой и жидкой фазами почв; показатели селективной сорбции);
- показатели подвижности радионуклидов в системе почва – растение (коэффициенты накопления или коэффициенты перехода);
- параметры переноса радионуклидов по животноводческим цепочкам (коэффициенты перехода, всасывания, выведения).

Для оценки и предотвращения негативного воздействия радиоактивно загрязненных продуктов питания на человека, а кормов – на сельскохозяйствен-

ных животных на основании СанПиН 2.3.2.1078-01 используются такие критерии как временно-допустимые уровни (ВДУ), допустимые уровни (ДУ) и максимально допустимые уровни (МДУ) содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции.

Как определяются допустимые пределы загрязнения почв радионуклидами?

С учетом показателей миграционной подвижности радионуклидов определяются пределы загрязнения почв радионуклидами, обеспечивающие получение нормативной продукции, которые являются контрольными уровнями содержания радионуклидов в почвах сельскохозяйственных угодий.

Контрольные уровни загрязнения почв определяются на основании коэффициентов перехода радионуклидов из почв различных типов в основные культуры и далее в сельскохозяйственную продукцию, т. е. при определении контрольных уровней учитывается как тип почвы, так и вид агроценоза.

Экологическая оценка сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами, включает:

- определение содержания радионуклидов в почвах;
- оценку количественных параметров перехода радионуклидов по сельскохозяйственным цепочкам;
- биогеохимическую оценку миграции и концентрации радионуклидов в компонентах агроэкосистем и переноса по трофическим цепочкам;
- определение уровней загрязнения производимой сельскохозяйственной продукции и ее радиационно-гигиеническая оценка;
- обоснование пределов загрязнения почв радионуклидами (контрольных уровней), обеспечивающих получение нормативной продукции.

При проведении обследования почв сельскохозяйственных угодий на содержание радионуклидов руководствуются «Методическими указаниями по

обследованию почв сельскохозяйственных угодий, продукции растениеводства на содержание тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов и радионуклидов» (1995).

Плотность загрязнения почв радионуклидами – запас радионуклидов в слое почвы на единицу площади, определяется по формуле (6.2.1):

$$\sigma = (C \cdot h \cdot S \cdot d) \cdot 10^{-3}, \quad (6.2.1)$$

где: σ – плотность загрязнения, кБк/м;

C – концентрация радионуклида, Бк/кг;

h – глубина отбора, см;

S = 1 м² – площадь, на которую рассчитывается плотность загрязнения;

d – удельная масса почвы, г/см³;

10⁻³ – коэффициент пересчета от Бк/м² на кБк/м².

Градации почв по содержанию ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr включает 5 групп (табл. 6.2.1).

Таблица 6.2.1. Группировка почв для эколого-токсикологической оценки радиоактивного загрязнения (Фокин и др., 2005; «Агроэкологическая оценка...», 2005).

Группа	Гамма-фон		Плотность загрязнения, кБк/м ²	
	Мощность экспозиционной дозы, мкР/ч	Интенсивность потока гамма-излучения, с ⁻¹	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
1	<30	<225	<37	<3,7
2	31-50	226-375	37-185	3,7-11,1
3	51-100	376-750	186-555	11,2-37
4	101-180	751-1350	556-1480	38-111
5	>180	>1350	>1480	>111

Для оценки перехода радионуклидов из почвы в растения используют:

- коэффициент накопления (КН) как отношение концентрации радионуклидов в растениях (Бк/кг) к концентрации радионуклидов в почве (Бк/кг);

- коэффициент перехода (или коэффициент пропорциональности (КП) – отношение концентрации радионуклидов в растениях (Бк/кг) к плотности загрязнения почвы на единицу площади (кБк/м²).

Коэффициент перехода используют в качестве интегрального показателя при классификации агроэкосистем по миграционной подвижности радионуклидов (табл. 6.2.2).

Таблица 6.2.2. Классификация агроэкосистем по миграционной подвижности радионуклидов (Фокин и др., 2005; «Агроэкологическая оценка...», 2005).

Культуры	Группы почв	Коэффициент перехода, (Бк/кг)/(кБк/м ²)					
		⁹⁰ Sr			¹³⁷ Cs		
		Ср.	Мин.	Макс	Ср.	Мин.	Макс.
Многолетние травы (злаковые)	Песчаные	2,5	2,3	2,7	2,3	1,8	2,6
	Суглинистые	1,6	0,9	2,7	0,8	0,3	1,8
	Глинистые	0,6	0,3	1,1	0,2	0,1	0,4
	Органические	3,78	1,07	10,0	3,2	1,8	3,8
Многолетние травы (бобовые)	Песчаные	4,3	2,8	5,5	3,5	1,6	5,0
	Суглинистые	2,6	1,3	4,1	0,8	0,3	1,3
	Глинистые	0,6	0,4	0,8	0,4	0,2	0,6
Зерновые	Песчаные	0,9	0,7	1,1	0,3	0,2	0,4
	Суглинистые	0,3	0,07	0,6	0,12	0,06	0,22
	Глинистые	0,13	0,07	0,33	0,06	0,023	0,14
	Органические	1,7	0,5	4,1	0,61	0,17	1,2
Картофель и корнеплоды	Песчаные	0,6	0,33	0,76	0,24	0,18	0,29
	Суглинистые	0,24	0,06	0,49	0,10	0,03	0,24
	Глинистые	0,055	0,05	0,07	0,014	0,008	0,03
	Органические	1,2	0,5	3,4	0,45	0,03	3,4

В качестве критерия для группировки минеральных почв по коэффициентам перехода был выбран гранулометрический состав как интегральный показатель, связанный с минералогическим составом почв, содержанием органического вещества и емкостью катионного обмена:

I – песчаные (песчаные и супесчаные и легкосуглинистые почвы);

II – суглинистые (среднесуглинистые почвы);

III – глинистые (тяжелосуглинистые и глинистые почвы).

Органические почвы – выделяются в отдельную группу, так как характеризуются повышенной миграционной подвижностью радионуклидов.

6.3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЕГРАДАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ И ПОЧВ



Что представляет собой деградация агроландшафтов?

Деградация агроландшафта подразумевает негативные изменения, выражающихся в снижении или утрате способности выполнять функции воспроизводства ресурсов и среды и социально-экономические функции («Агроэкологическая оценка...», 2005).

Виды деградации агроландшафтов различаются в зависимости от природы процессов (физическая, гидрологическая, геохимическая, биологическая).



С чем связаны основные виды деградации почв?

Основные виды деградации почв (табл. 6.3.1) определяются локальным сочетанием неблагоприятных условий почвообразования и выделяются аналогично видам деградации агроландшафта:

- физическая (переуплотнение, эрозия, дефляция и др.);
- заболачивание;

- физико-химическая (подкисление, подщелачивание, снижение поглотительной способности и буферности, вторичное засоление, осолонцевание);
- загрязнение вредными веществами;
- биологическая (уменьшение содержания органического вещества, численности и видового состава биоты; снижение биологической активности, почвоутомление).

Таблица 6.3.1. Агроэкологическая оценка деградации агроландшафтов и почв («Агроэкология», 2000; «Агроэкологическая оценка...», 2005).

Показатели	Степень деградации				
	0	1	2	3	4
Увеличение площади эродированных почв, % в год	< 0,5	0,6-1,0	1,1-2,0	2,1-5,0	>5,0
Площадь обнаженных пород, %	0-2	3-5	6-10	11-25	> 25
Глубина размывов и водороев, см	< 20	21-40	41-100	101-200	> 200
Расчлененность оврагами, км/км ²	< 0,1	0,1-0,3	0,4-0,7	0,8-2,5	> 2,5
Площадь подвижных песков, %	0-2	3-5	6-15	16-25	> 25
Глубина пресных (<1 г/л) почвенно-грунтовых вод, м	> 1,0	1,0-0,8	0,8-0,6	0,6-0,3	< 0,3
Глубина минерализованных (>3 г/л) почвенно-грунтовых вод, м	> 7	5,1-7,0	3,1-5,0	2,0-3,0	< 2
Длительность затопления, мес.	< 3	4-6	7-12	13-18	> 18
Проективное покрытие пастбищ, % от зонального	> 90	71-90	51-70	10-50	< 10
Увеличение равновесной плотности пахотного горизонта, % исходного	< 10	11-20	21-30	31-40	> 40
Межагрегатная пористость, см ³ /г	> 0,2	0,11-0,2	0,06-0,1	0,02-0,05	< 0,02
Внутриагрегатная пористость, см ³ /г	> 0,3	0,26-0,3	0,2-0,25	0,17-0,19	< 0,17
Коэффициент фильтрации, м/сут.	> 1,0	0,3-1,0	0,1-0,3	0,01-0,1	< 0,01

Каменистость, % покрытия	< 5	6-15	16-35	36-70	> 70
Уменьшение мощности А+В, %	< 3	3-25	26-50	51-75	> 75
Уменьшение запасов гумуса, %	< 10	11-20	21-40	41-80	> 80
Сработка торфа, мм/год	< 1	1-2,5	2,6-10	11-40	> 40
Потери почвенной массы, т/га в год	< 5	6-25	26-100	101-200	> 200



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

- 1. Как оценивается экологическая опасность, возникающая вследствие устойчивых техногенных нагрузок?**
- 2. Что собой представляет коэффициент концентрации загрязняющих веществ?**
- 3. Согласно каким категориям загрязнения оцениваются почвы сельскохозяйственных угодий?**
- 4. Чем обусловлено основное радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных земель?**
- 5. Какие методологические подходы учитываются при оценке последствий радиоактивного загрязнения почв?**
- 6. Какие показатели характеризуют миграционную подвижность радионуклидов в агроэкосистемах?**
- 7. Как определяются допустимые пределы загрязнения почв радионуклидами?**
- 8. Что представляет собой деградация агроландшафтов?**
- 9. Назовите основные виды деградации агроландшафта.**
- 10. С чем связаны основные виды деградации почв?**

Модуль 7. Методология регионально адаптированной комплексной системы оценки агроэкологического качества земель



Вы будете изучать:

- Рамочные определения и понятия агроэкологического качества земель
- Методические особенности функционально-экологического анализа почв и земель
- Основные алгоритмы комплексной агроэкологической оценки почв и земель
- Агроэкологические функции почв
- Структурно-функциональную организацию региональной автоматизированной системы комплексного анализа агроэкологического состояния земель

Цели модуля:

- Познакомиться с рамочными понятиями и определениями агроэкологического качества земель
- Объяснить методические особенности функционально-экологического анализа почв и земель
- Дать представление об основных алгоритмах комплексной агроэкологической оценки почв и земель
- Обсудить структурно-функциональную организацию региональной автоматизированной системы комплексного анализа агроэкологического состояния земель

После изучения модуля Вы сможете:

- Ориентироваться в методических и технологических вопросах автоматизированной оценки агроэкологического качества почв и земель
- Понимать основные алгоритмы комплексной агроэкологической оценки почв и земель
- Пользоваться региональной автоматизированной системой комплексного анализа агроэкологического состояния земель



Основная литература:

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий (под ред. В.И. Кирюшина и А.Л. Иванова). – М.: Росинформагротех, 2005. - 783 с.
2. Методика агроэкологической типизации земель в агроландшафте (информационно-справочные системы оценки их ресурсного потенциала и оптимизации базовых элементов систем земледелия) (под ред. И.И. Васенёва). М.: Россельхозакадемия, 2004. 80 с.



Дополнительная литература:

1. Информационно-справочные системы по оптимизации землепользования в условиях ЦЧЗ (под ред. И.И. Васенёва и Г.Н. Черкасова). Курск. 2002. 110 с.



Ключевые слова:

Агроэкологическая оценка земель,
Частные и комплексные алгоритмы оценки,
Автоматизированная система,
Базы данных.

ВВЕДЕНИЕ

Активизированные в последние годы работы по созданию и внедрению в практику адаптивно-ландшафтных систем земледелия потребовали дальнейшего совершенствования теоретических основ, формализованных критериев и методических подходов для адаптированной к условиям различных типов агроландшафта комплексной автоматизированной оценки агроэкологического качества земель и совершенствования их использования в земледелии.

7.1. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОЦЕНКИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ

В условиях быстрого нарастания информатизации и глобализации общества ясно выражена общая мировая тенденция к повышению уровня методологической универсализации, технологической унификации и функциональной детализации создаваемого информационно-аналитического обеспечения – в том числе, для широкого класса почвенно-аналитических и земельно-оценочных задач.

Вследствие высокого пространственно-временного варьирования почвенного покрова, экологического качества земель и задач землепользования, она способствовала формированию современных концепций оценки почв и земель рамочного (*framework*) типа: с последовательной детализацией алгоритмов, нормативной базы и технологии оценки – при конкретизации ее задач и объектов (*FAO, 1976; 1993; «Методическое руководство...», 2004*).



Как звучит рамочное определение качества почв и земель ?



Почва является базовым структурно-функциональным компонентом общего понятия земли и землепользования, поэтому рамочные определения «качества почв» и «качества земель» очень близки друг другу. Обычно под ними понимается «комплексная характеристика

земли (*почвы*), которая определенным образом влияет на возможность (*и уровень*) выполнения ею (*землей, почвой*) конкретной функции ее (*земли, почвы*) использования».



Какие информационно-аналитические процедуры входят в систему анализа агроэкологического качества земель?

В систему анализа частично или полностью входят следующие информационно-аналитические процедуры:

- проверка на абсолютные ограничения – *возможность или невозможность применения рассматриваемого варианта землепользования в условиях конкретного участка;*
- качественная или количественная оценка прямых и косвенных, положительных и отрицательных результатов землепользования – *например, урожай и затраты на последующую реабилитацию, соответственно;*
- прогноз вероятного недобора урожая или недостаточного уровня выполнения другой анализируемой функции – *согласно применяемому набору критериев и алгоритмов оценки;*
- расчет, с различным уровнем детальности, планируемых технологических затрат – *прямых, косвенных, стабильных, варьирующих, регулируемых;*
- сравнительный анализ показателей экономической эффективности разных вариантов землепользования – *с учетом или без учета кредитной ставки.*



Какие алгоритмы применяются при оценке уровня соответствия земельного участка рассматриваемому варианту землепользования?



При оценке уровня соответствия земельного участка рассматриваемому варианту землепользования применяются алгоритмы дерева решений, мультипликативной оценки или жесткого ограничения.

Поэтапный количественный анализ завершается ранговым отнесением земельного участка к одному из трех-пяти классов соответствия данному варианту землепользования или сравнительным анализом эффективности использования одного (*нескольких*) участков под несколько (*один*) вариантов использования.

При агроэкологической типизации структур почвенного покрова и функционально-целевом зонировании землепользования особое внимание уделяется степени внутривидового варьирования почвенного плодородия, тепловому и влажностному режимам почв – в зависимости от экспозиции и крутизны склона, преобладающих форм микрорельефа.



Какие модели могут использоваться для количественной оценки экологических и экономических рисков сельскохозяйственного землепользования?

Для количественной оценки экологических и экономических рисков сельскохозяйственного землепользования могут использоваться адаптированные к условиям конкретного агроландшафта компьютерные модели продукционного процесса. Количественная оценка экологических рисков загрязнения получается с помощью адаптированных педодинамических моделей.

Применение динамических моделей позволяет имитировать дискретно-непрерывный характер природных явлений, с выявлением «критических точек» нарушения непрерывности (*например, иссушение почвы до уровня неподвижной влаги*). С их помощью проводятся оценочные расчеты основных составляющих баланса - учитывая процессы перемещения-трансформации веществ в почве и экосистеме (*вода, углерод, азот, соли, пестициды и т.п.*).

Различного рода модели и автоматизированные системы оценки качества почв и земель, динамического моделирования их основных экологических, гидрофизических и геохимических функций находят все более широкое распространение и применение в мире.

В последние годы их число удваивается примерно каждые пять лет, и очень остро стоят вопросы пространственно-временной и функционально-целевой верификации различных моделей – для их адаптации и использования в новых условиях и объектах.

Для лучшей ориентации во всем множестве разрабатываемых моделей агроэкологической оценки почв и земель Д. Росситером [Rossiter, 1996] была предложена их рабочая систематика – с координацией по 11 основным диагностическим признакам (табл. 7.1.1).



В каком направлении сейчас развиваются автоматизированные системы агроэкологической оценки земель?

Среди наблюдаемых положительных тенденций в развитии современных систем агроэкологической оценки земель следует отметить постепенный рост внимания исследователей к базовым почвенным характеристикам и морфогенетическим свойствам почв, провинциально-генетической и структурно-функциональной дифференциации почвенного покрова и агроландшафта, основным процессам и последствиям многолетней антропогенной динамики почв, дифференцированным агроэкологическим требованиям основных сельскохозяйственных культур (сортов) и агротехнологий.

Развитие адаптивно-ландшафтных систем земледелия подразумевает оперативный функционально-целевой анализ больших массивов разноплановой информации, стимулируя разработку и адаптацию специализированных моделей. Необходимым элементом информационного обеспечения задач по принятию оптимальных управляющих решений при проектировании, корректировке и ведении систем земледелия являются районированные автоматизированные системы комплексной оценки экологического состояния земель, региональные базы данных и агрогеоинформационные системы, локальные информационно-справочные системы для оптимизации базовых элементов земледелия.

Таблица 7.1.1. Рабочая систематика агроэкологических моделей оценки земель и землепользования (согласно Hoosbeek, Bryant, 1992 и Ros-siter, 1996)

Критерии (оси координации)	Характер ранжирования	Число рангов
1. Пространственное варьирование объектов анализа (оценки)	существенно – не существенно (для данной оценки)	2
2. Основная концепция временной организации базы данных исходных характеристик почв	статическая – динамическая (база данных)	2
3. Базовая временная концепция оценки пригодности земель	статическая – динамическая (оценка)	2
4. Принципиальный алгоритм оценки (использование частных оценок функционального качества земель)	использование – не использование (частных оценок функционального качества земель)	2
5. Определение пригодности земель варианту использования	классы пригодности (согласно физическим и экономическим критериям оценки)	до 6
6. Степень однородности объекта анализа (земельного участка)	однородный – сложный (земельный участок)	2
7. Масштаб объекта оценки	крупный – мелкий (масштаб)	непр.*
8. Число объектов оценки	один – несколько (объектов оценки)	2
9. Детальность расчетов	качественные – количественные (оценки)	непр.*
10. Детальность описания	механистические – функциональные (модели анализа)	непр.*
11. Структурно-функциональная иерархия объекта оценки	педон - регион	непр.*

* - непрерывный (континуальный) ряд параметров координации по данной оси.

7.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ



Что является отличительной особенностью функционально-экологического анализа почв и земель?



Отличительной особенностью функционально-экологического анализа почв и земель является сопряженная оценка их функционального качества и экологического состояния. В идеале, это достигается определением текущего фазового состояния объекта исследования на кривой или поверхности отклика включенной в анализ агроэкологической функции (*настроенной на особенности конкретного провинциально-генетического подтипа почв и/или агроэкологической группы земель*) от ее основных диагностических параметров [Васенёв, Букреев, 1993; 1998].

Характерные для последних десятилетий периодическая смена землепользователей, высокая динамика рыночного спроса и ускоренное обновление ассортимента материально-технического обеспечения сельскохозяйственного производства повышают актуальность мультипликативной оценки функционального качества и экологического состояния почв и земель, поливариантного прогнозирования их использования – в быстро меняющихся экономических и экологических условиях.

Для минимизации экологических и экономических рисков землепользования создаются комплексные системы оценки агроэкологического состояния земель, позволяющие учитывать местные особенности почвенного покрова и агроландшафта. Среди большого числа других моделей и оценок они выгодно отличаются полифункциональностью, комплексным подходом к решению прогнозно-оценочных задач и способностью адаптироваться-настраиваться на их решение в условиях конкретного агроландшафта и землепользования.

В российском (советском) почвоведении накоплен большой багаж результатов теоретических и методических исследований по комплексному анализу плодородия и экологического состояния почв и земель [Благовидов, 1960; Тюменцев, 1975; Карманов, 1980; Розов и др., 1985; Козловский, 1987; «Теоретические основы...», 1991; Кирюшин, 1996; 2009; Булгаков, 2002]. Он включает в себя базовый нормативный материал оценки, районированный по основным природно-сельскохозяйственным зонам и регионам России. В последние годы повышенное внимание уделяется анализу современного экологического состояния земель, агроэкологических требований культур, лимитирующих факторов плодородия, местных особенностей рельефа и почвенного покрова.

Что определяет качество работы систем агроэкологической оценки почв и земель?

Проведенный анализ различных систем функционально-экологической оценки почв и земель показал первоочередное влияние на эффективность их работы пяти следующих принципиальных элементов оценки:

- целевого определения набора анализируемых функциональных (в т.ч., технологических) и экологических качеств почв и земель – *ограниченного рамками поставленной задачи и особенностями объекта оценки;*
- использования обоснованно достаточного, но не избыточного набора реально доступных основных диагностических показателей (ОДП) почв и земель – *для характеристики каждого из их анализируемых качеств;*
- выбора рациональных (достаточно, но не избыточно информативных) шкал квантификации-ранжирования используемых ОДП;
- разработки эффективного алгоритма анализа модели – *с установлением обоснованных зависимостей анализируемых качественных свойств почвы от отдельных почвенных характеристик, оптимального метода интегрирования и интерпретации получаемых частных и общих результатов;*

- принятия во внимание известных закономерностей провинциально-генетического разнообразия почв, пространственного варьирования почвенных характеристик и местных особенностей структуры почвенного покрова – *соответствующих масштабу и объектам анализа.*

? **Что входит в сводный алгоритм комплексной оценки агроэкологического качества почв и земель?**

Сводный алгоритм комплексной оценки агроэкологического качества почв и земель включает в себя базовые алгоритмы трех основных этапов оценки:

- ✓ алгоритмы частной оценки функционального качества и экологического состояния почв и земель – *по их отдельным фазовым переменным;*
- ✓ алгоритмы функциональной (*факторной*) оценки качества почв и земель – *по их функционально-диагностическим группам параметров, результатам моделирования или анализа педотрансферных функций;*
- ✓ алгоритмы интегральной оценки функционального качества и экологического состояния почв и земель – *на уровне элементарного почвенного ареала и элементарного ареала агроландшафта, включающего не более трех различных видов земель.*

7.3. ЧАСТНАЯ ОЦЕНКА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ

Частные оценки агроэкологического качества почв и земель определяются по районированным логистическим уравнениям сигмовидного типа (7.3.1), аппроксимированным для интервалов «критических – оптимальных» значений параметров (рис. 7.3.1).

$$q_i = \frac{(p_{t,i} - p_{k,i})}{\left((p_{t,i} - p_{k,i}) + (p_{o,j} - p_{t,i}) * e^{\frac{p_i}{a_i}} \right)} \quad (7.3.1)$$

где $P_i = \frac{(p_{t,i} - p_{k,i})}{(p_{o,i} - p_{t,i})}$, a_i – индекс влияния параметра i , $p_{t,i}$, $p_{k,i}$, $p_{o,i}$ – его фактическое (измеренное), критическое и оптимальное значения.

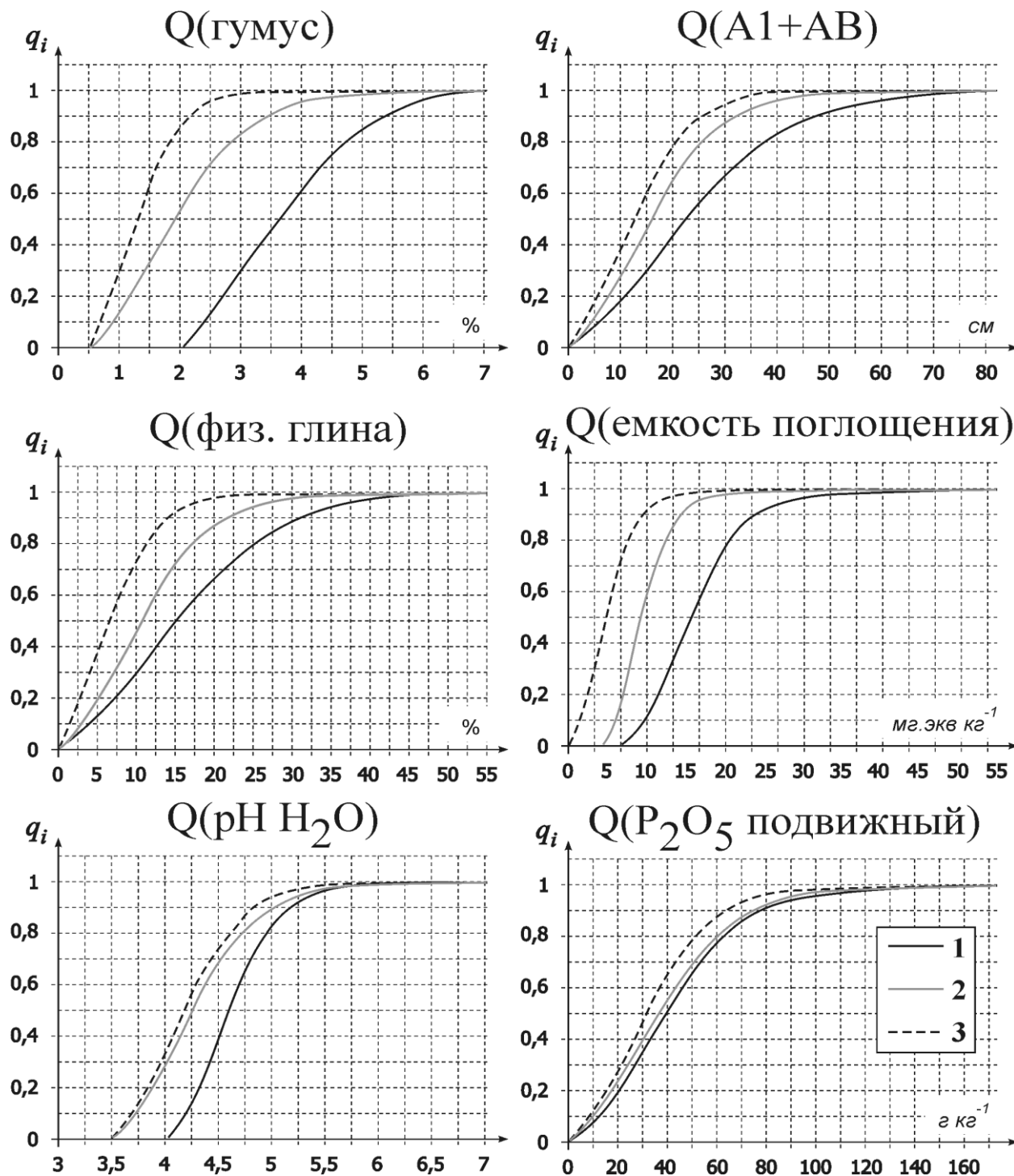


Рис. 7.3.1. Графики частной оценки агроэкологического качества почв для выщелоченных черноземов (1), серых лесных суглинистых (2) и супесчаных (3) почв в ЦЧР.

Разработанные алгоритмы и уравнения частной оценки (7.3.1) отражают известную неравномерность (*нелинейность*) поведения основных агроэкологических функций почв и земель на отрезке изменения их основных диагностических параметров (ОДП) от оптимальных до критических значений. Как правило, ускоренные изменения качества почв наблюдаются при удалении их ОДП от своих оптимальных значений, и замедленные - в области поведения функции, близкой к оптимальным ОДП (рис. 7.3.1).



Как можно объяснить логистическое поведение агроэкологических функций почв и земель?

На содержательном уровне такое поведение агроэкологических функций почв и земель объясняется следующим образом. На «спокойном» этапе функционирования почвы отличаются повышенной устойчивостью и сравнительно легко сопротивляются внешним нарушениям, компенсируя незначительные отклонения своих базовых характеристик от их равновесных оптимальных значений. При существенных нарушениях нормального (*устойчивого*) состояния почв, их способность сопротивляться внешним «*возмущениям*» резко ослабляется, что приводит к изменению режима функционирования.

При переходе значений агроэкологических ОДП через их регионально и типологически обусловленные пороговые значения, почвы (*земли*) попадают в неустойчивое (*кризисное*) состояние. В этих условиях, даже небольшие негативные изменения основных диагностических параметров сопровождаются значительным ухудшением качества их функционирования, и они ускоренно приближаются к критическому состоянию неспособности выполнения своих агроэкологических функций.

Используемый в уравнении (7.3.1) индекс влияния параметра a_i характеризует диапазон изменений качества данной почвы (вида земель), в пределах

которого сохраняется сравнительно замедленный характер изменения агро-экологического состояния (качества).

Необходимость учета в системе оценки провинциально-генетического разнообразия почв не вызывает сомнения, вытекая из основных закономерностей географии почв и районирования сельскохозяйственных земель (*Добровольский, Урусевская, 2006; «Природно-сельскохозяйственное...», 1983*).


Известно, что почвы одного типа (подтипа) могут существенно отличаться своими количественными характеристиками, если относятся к разным почвенным провинциям. Классический пример - закономерное снижение среднего содержания гумуса в лесостепных (типичных и выщелоченных) пахотных черноземах при их рассмотрении в направлении с востока на запад: 7-7.5 % в восточных районах Центрального Черноземья → 5-6% на западе ЦЧР → 4-5% на Украине → 3-4 % в Молдавии → 2-3 % в Центральной Европе. Подобные закономерности провинциального варьирования ОДП необходимо учитывать при анализе экологического состояния почв и земель – чтобы не ошибаться при оценке их функционального качества и потенциала развития дегра-дационных процессов.

Введение в алгоритм оценки индекса влияния параметра обусловило необходимость соответствующего расширения матрицы эталонов ОДП, которая необходима для численного решения алгоритмов частной оценки функционально-экологического качества почв (земель) анализируемого региона.

Для ее решения была сформирована типовая информационно-справочная матрица областных эталонов основных диагностических параметров оценки. Эталонные значения ОДП ($a_i, p_{k,i}, p_{o,i}$) дифференцированы для основных провинциально-генетических типов (подтипов) почв области (*«Информационно-справочные...», 2002*).



На основе чего формируются матрицы эталонов автоматизированной оценки качества почв и земель?


 **Формирование и модификации-детализации матрицы эталонов** проводятся с использованием ГОСТов, методических руководств и ведомственных инструкций, зональных и региональных моделей плодородия почв и земель, областных и типовых систем земледелия и защиты растений, статистических сборников и научных публикаций, результатов местных опытов и экспериментов.

При недостатке экспериментально установленных критических значений, приходится временно останавливаться на сознательно огрубленных, но логически обоснованных данных. Например, принимать за критический уровень полное отсутствие в почве доступных форм питательных элементов. Верификацию и районирование логистических уравнений и эталонов ОДП удобно проводить с использованием областных или региональных баз почвенно-экологических данных и результатов полевых опытов.

7.4. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ



Как рассчитывается комплексная оценка агроэкологического качества почв и земель?

 **Комплексная оценка агроэкологического качества почв и земель** сельхозугодий состоит из двух этапов: функциональной (факторной) и интегральной оценки. Для них можно использовать мультипликативные формулы среднегармонических, среднегеометрических значений, а также регионально-типологические педотрансферные функции – построенные на основе адаптированных к местным условиям механических или функциональных моделей почвенно-гидрофизических, геохимических процессов и продукционного процесса.

Основной метод предлагаемой функциональной оценки экологического качества почв состоит в комплексной (мультипликативной) оценке их качества – на основе полученных частных оценок по соответствующей функционально-диагностической группе параметров.

Использование методов динамического моделирования и анализа педотрансферных функций в настоящий момент ограничено, в основном, сравнительно небольшим набором гидрофизических (агрофизических) функций земель, функциональные модели которых верифицированы для условий определенного типа почв и земель. Возможности дальнейшего расширения области их применения ограничены имеющейся на сегодняшний день информационной базой анализа (*адаптированные к условиям конкретных типов почв, земель численные решения педотрансферных функций и поправочных коэффициентов для базовых уравнений моделирования*).

Как правило, анализ функциональной (факторной) оценки агроэкологического качества почв и земель сельхозугодий последовательно производится сразу по нескольким из их основных агроэкологических функций (факторов оценки). К наиболее популярным (часто анализируемым) агроэкологическим факторам оценки почв и земель сельхозугодий относятся следующие:

- (A) Функция эффективного обеспечения сельхозкультур доступными формами питательных элементов (Агрохимическая функция);
- (B) Функция обеспечения растений влагой и поддержания благоприятных условий для работы сельхозмашин (Агрофизическая функция);
- (C) Геоэкологическая функция зависимости обработки и использования сельскохозяйственных земель от их пространственной неоднородности;
- (D) Морфогенетическая функция зависимости устойчивого (*потенциального*) плодородия почв от их базовых (*устойчивых*) характеристик;
- (E) Геохимическая функция буферной устойчивости почв к загрязнению;

- (F) Санитарно-экологическая функция зависимости использования земель от уровня их загрязнения, засорения и заражения;
- (G) Микроклиматическая функция обеспечения светом, теплом и влагой;
- (H) Гидрофизическая функция обеспечения растений доступной влагой (часть агрофизической функции, но часто рассматривается отдельно).

При решении конкретных оценочно-аналитических или прогнозно-конструктивных задач набор анализируемых агроэкологических функций (факторов оценки) настраивается в соответствии с задаваемыми условиями. Для этого удобно использовать автоматизированные технологии мультипликативного анализа функционально-экологического качества земель, которые допускают значительные модификации набора используемых при анализе параметров и групповых факторов оценки – т.е. действуют по принципу рамочных (*framework*) моделей.

Базовый алгоритм функциональной (факторной) оценки качества почв и земель использует расчет среднегармонических значений (7.4.1):

$$Q = \frac{m \prod (q_i^n)}{\sum \left(\frac{\prod (q_i^n)}{q_i^n} \right)} \quad (7.4.1)$$

где m – число проанализированных параметров; n – индекс их устойчивости.

Формула расчета среднегармонических значений позволяет максимально учитывать лимитирующее влияние параметров, находящихся в первом-втором минимуме, которые обычно и определяют текущее агроэкологическое состояние земель.

На ее основе рассчитываются поправочные коэффициенты на базовые свойства почв при оценке потенциальной урожайности сельскохозяйственных культур на сельхозугодьях проблемного экологического состояния (K_{s6i}):

$$K_{s6} = m \prod (K_{s6i}) / \sum (\prod (K_{s6i}) / K_{s6i}) \quad (7.4.1a)$$

где t - число проанализированных i -ых параметров;

$$K_{sbi} = 1 + (\Delta B_{scp} / B_{scp}) * (P_{sti} - P_{scpi}) / \Delta P_{scp}$$

где ΔB_{scp} и B_{scp} – среднерегиональный интервал варьирования и среднерегиональное значение бонитета s -ой почвы;

ΔP_{scp} , P_{sti} и P_{scpi} – среднерегиональный интервал варьирования, текущее и среднерегиональное значение i -ого параметров s -ой почвы (табл. 7.4.1).

Таблица 7.4.1. Среднерегиональные интервалы варьирования и значения бонитета почв и их базовых параметров в ЦЧР (по материалам Акулова, 1992).

Подтип, род почв	Бонитет, баллы		Мощность А+АВ, см		Гумус в А _{пах} , %		Физическая глина, %		Сумма оснований, мэкв/100г	
	B_{scp}	ΔB_{scp}	P_{scpi}	ΔP_{scp}	P_{scpi}	ΔP_{scp}	P_{scpi}	ΔP_{scp}	P_{scpi}	ΔP_{scp}
Оподзоленные черноземы:										
Обычные	65	10	60	10	5,3	1,5	48	15	28	5
Осолоделые	55	10	65	10	4,3	1,5	43	15	25	5
Неполноразвитые	50	10	48	15	4,8	1,5	48	15	28	5
Слабодифференцированные	40	10	70	10	2,3	1,5	15	10	15	10
Выщелоченные черноземы										
Обычные	80	10	78	15	6,0	2,0	53	15	33	5
Осолоделые	55	10	70	10	5,3	1,5	48	15	30	5
Неполноразвитые	60	10	53	15	5,3	1,5	53	15	33	5
Слабодифференцированные	40	10	75	10	2,3	1,5	15	6	15	10
Типичные черноземы										
Обычные	80	10	78	15	7,0	2,0	58	15	38	5
Неполноразвитые	70	10	53	15	6,3	1,5	58	15	38	5

Глубоковскипающие	75	10	78	15	5,8	1,5	48	15	35	5
Карбонатные	73	5	78	15	6,8	1,5	58	15	43	5
Остаточно-карбонатные	45	10	45	10	4,3	1,5	58	15	40	5
Солонцеватые	50	20	45	40	5,0	1,0	63	15	33	5
Остаточно-солонцеватые	55	10	60	20	5,8	1,5	58	15	33	5
Подтип, род почв	Бонитет, баллы		Мощность А+АВ, см		Гумус в А _{пах} , %		Физическая глина, %		Сумма оснований, мэкв/100г	
	<i>B_{бср}</i>	$\Delta B_{ср}$	<i>P_{срi}</i>	$\Delta P_{ср}$	<i>P_{срi}</i>	$\Delta P_{ср}$	<i>P_{срi}</i>	$\Delta P_{ср}$	<i>P_{срi}</i>	$\Delta P_{ср}$
Осолоделые	55	10	80	10	5,3	1,5	53	15	33	5
Обыкновенные черноземы										
Обычные	75	10	60	10	5,8	2,5	63	15	43	5
Неполноразвитые	60	10	48	15	5,8	1,5	58	15	43	5
Глубоковскипающие	70	10	60	10	6,3	1,5	53	15	38	5
Карбонатные	68	5	60	10	6,3	1,5	58	15	48	5
Остаточно-карбонатные	45	10	40	10	4,3	1,5	58	15	43	5
Солонцеватые	50	10	43	35	5,0	1,0	68	15	38	5
Остаточно-солонцеватые	50	20	50	20	5,8	1,5	63	15	38	5
Осолоделые	50	10	70	10	5,3	1,5	58	15	38	5
Южные черноземы										
Обычные	70	10	50	10	5,3	1,5	68	15	45	10
Неполноразвитые	60	10	38	15	4,8	1,5	63	15	43	5
Глубоковскипающие	65	10	50	10	4,8	1,5	58	25	40	5
Карбонатные	65	10	50	10	5,3	1,5	68	15	48	5

Остаточно-карбонатные	38	15	38	15	4,5	1,0	58	15	43	5
Солонцеватые	40	20	38	25	4,0	1,0	68	15	43	5
Остаточно-солонцеватые	50	20	40	20	4,8	1,5	63	15	43	5
Осолоделые	50	10	53	15	4,8	1,5	58	15	40	5

Коэффициент снижения урожайности за счет лимитирующих факторов почв (эрозии, солонцеватости, засоления, оглеения, подкисления, и т.п.) $K_{сл}$ принимается равным минимальному значению из проанализированных частных оценок каждого из рассматриваемых параметров ($K_{сли}$):

$$K_{сл} = \min (K_{сли})$$

где $K_{сли}$ для проанализированных i -ых параметров s -ой почвы (земельного участка) получаются в результате сопоставления данных по конкретному объекту с нормативами соответствующих таблиц (7.4.2, 7.4.3, 7.4.4, 7.4.5, ... 7.4. n – в перспективе);

Таблица 7.4.2. Усредненные коэффициенты снижения урожайности основных сельскохозяйственных культур на почвах различной степени эродированности («Методическое пособие ...», 2001)

Культура	Коэффициенты снижения урожайности по степени эродированности почв		
	слабая	средняя	сильная
Озимая пшеница	0.875	0.550	0.325
Озимая рожь	0.875	0.600	0.375
Яровая пшеница	0.750	0.450	0.175
Ячмень	0.825	0.475	0.350
Просо	0.825	0.575	0.375
Гречиха	0.825	0.575	0.375
Овес	0.825	0.575	0.375

Горох, вика	0.900	0.650	0.550
Кукуруза	0.825	0.650	0.200
Сахарная свекла	0.850	0.350	0.125
Картофель	0.850	0.350	0.125
Подсолнечник	0.750	0.450	0.250
Однолетние травы	0.875	0.675	0.375
Многолетние травы	0.925	0.875	0.675

Таблица 7.4.3. Усредненные коэффициенты снижения урожайности основных сельскохозяйственных культур на почвах различной степени солонцеватости и засоления («Методика и технология...», 1990; «Методическое пособие ...», 2001)

Лимитирующий фактор	Степень проявления:			Без уточнения степени проявления
	слабая	средняя	сильная	
Солонцеватость	Слабо-	Средне-	Сильно-	солонцеватые
$K_{сли}$	0,90	0,75	0,60	0,85
Солонцы	Глубокие	Средние	Мелкие	Корковые
$K_{сли}$	0,40	0,25	0,16	0,10
Засоление	Слабо	Средне	Сильно	засоленные
$K_{сли}$	0,85	0,70	0,40	0,80

Таблица 7.4.4. Усредненные коэффициенты снижения урожайности основных сельскохозяйственных культур на почвах различной степени оглеения и заболачивания («Методика и технология...», 1990; «Методическое пособие ...», 2001)

		Гранулометрический состав
--	--	----------------------------------

Зональные почвы	Степень гидроморфизма (гидроморфные почвы)	Тяжелые суглинки и глины	Средние и легкие суглинки	С упеси
Серые лесные почвы	глееватые	0,90	0,95	1,00
	глеевые	0,75	0,85	0,90
Черноземы оподзоленные, выщелоченные, типичные	Пойменные заболоченные	0,80	0,85	0,90
	Лугово-болотные	0,80	0,85	0,90
	Болотные	0,60	0,65	0,70
Черноземы обыкновенные и южные	Пойменные заболоченные	0,85	0,90	0,95
	Лугово-болотные	0,85	0,90	0,95
	Болотные	0,75	0,80	0,85

Таблица 7.4.5. Усредненные коэффициенты изменения урожайности основных сельскохозяйственных культур на почвах различной степени подкисления («Методика и технология...», 1990; «Методическое пособие ...», 2001)

Почвы	Реакция почвы				
	кислая			близкая к нейтральной	нейтральная
	сильно-	средне-	слабо-		
Светло-серые лесные П.	0,89	0,95	1,00	1,05	1,10
Серые лесные почвы (П.)	0,89	0,95	1,00	1,05	1,10
Темно-серые лесные П.	0,85	0,91	0,96	1,00	1,04
Оподзоленные черноземы	0,83	0,89	0,95	1,00	1,03
Выщелоченные чернозем.	0,83	0,89	0,95	1,00	1,03
Типичные черноземы	-	0,85	0,91	0,96	1,00
Обыкновенные черноземы	-	-	0,89	0,95	1,00

7.5. ОЦЕНКА ФИТОСАНИТАРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ

1. Засоренность:

1.1. Оценка влияния засоренности на снижение урожайности:

$$\omega = (\Sigma((100-\omega_{1,j} * N_{\omega,i}) * S_i)) / (100 * \Sigma S_i),$$

где ω - оценка потенциальной урожайности культуры (в долях от целого) на данном рабочем участке;

$\omega_{1,j}$ – снижение урожайности j -ой культуры (%) при возрастании засоренности элементарных участков i на 1 средневзвешенный сорняк/м² (табл. 7.5.1);

S_i - площадь элементарных участков i , качественно отличающихся по засоренности, в пределах данного рабочего участка.

Таблица 7.5.1. Оценка влияния засоренности на снижение урожайности (по «Методическому пособию...», 2001; Ченкину и др., 1994)

Группа культур	Культура	Снижение урожая, %, при возрастании засоренности на 1 средневзвешенный сорняк/м ²
Зерновые культуры	Озимая пшеница	0,50
	Озимая рожь	0,33
	Озимый ячмень	0,33
	Яровая пшеница	0,25
	Яровой ячмень	0,25
	Овес	0,25
	Кукуруза	1,00
Сахарная свекла		0,50
Кормовая свекла		0,50
Картофель	Ранний	1,0
	Средний и поздний	2,0

Масличные культуры	Подсолнечник	0,2
	Рапс	0,5
	Соя	1,0
Зернобобовые	Горох	2,0
	Фасоль	1,0
Капуста	Белокочанная ранняя	0,2
	Белокочанная поздняя	1,0
	Цветная ранняя	0,5
	Цветная поздняя	1,0
	Краснокочанная	1,0

1.2. Оценка засоренности по превышению экономического порога вредоносности:

$$\psi = (\Sigma((\psi_{a,i,j} + \psi_{m,i,j}) * S_i)) / (100 * \Sigma S_i),$$

где ψ - уровень превышения экономического порога вредоносности сорняков на данном рабочем участке;

$\psi_{a,i,j}$ и $\psi_{m,i,j}$ – уровень превышения экономического порога вредоносности, соответственно, малолетних и многолетних сорняков для культуры j на элементарном участке i с площадью S_i ;

$$\psi_{a,i,j} = \max (N_{a,i,j,k,t} / N_{a,i,j,k,n}) \text{ и } \psi_{m,i,j} = \max (N_{m,i,j,k,t} / N_{m,i,j,k,n}),$$

где $N_{a,i,k,t}$ ($N_{m,i,k,t}$) – текущее количество сорняков (шт/м²) конкретной группы k , соответственно, малолетних и многолетних сорняков на элементарном участке i ;

$N_{a,j,k,n}$ ($N_{m,j,k,n}$) – экономический порог вредоносности (шт/м²) конкретной группы k , соответственно, малолетних и многолетних сорняков для культуры j .

Таблица 7.5.2. Экономические пороги вредоносности различных сорняков (шт/м² – по «Методическому пособию...», 2001)

Культуры	Малолетние сорняки	Многолетние сорняки
----------	--------------------	---------------------

	дву- доль- ные	одно- дольные	одно- и двудоль- ные	корнеот- прысковые	корне- вищные
Озимые зерновые	16	50	16	3	6
Яровые зерновые	50	60	50	3	6
Сахарная свекла	3	6	5	1	3
Кукуруза	6	10	7	1	6
Подсолнечник	20	30	20	1	6

Таблица 7.5.3. Обобщенная шкала оценки засоренности (шт/м²)

Количество сорняков, шт/м ²	<5	6-15	16-50	51-100	>100
Обобщенная оценка засо- ренности	низкая	невысокая	высокая	очень высокая	крайне высокая

2. Болезни:

2.1. Оценка зараженности данного участка болезнями выбранной культуры:

$$\varphi_j = (\sum(\varphi_{j,i,k} * S_i)) / (\sum S_i),$$

где φ_j – оценка зараженности данного рабочего участка болезнями выбранной культуры j ;

$\varphi_{j,i,k}$ – оценка зараженности элементарного участка i с площадью S_i болезнью k культуры j ;

$$\varphi_{j,i,k} = \varphi_{j,i,k,t} * (S_{i,k,t} / S_i),$$

где $S_{i,k,t}$ – текущая площадь распространения болезни k на элементарном участке i с площадью S_i ;

$\varphi_{j,i,k,t}$ – степень поражения культуры j болезнью k .

2.2. Оценка влияния болезней на снижение урожайности:

$$\chi_i = (\sum(\chi_{j,i,k} * S_i)) / (\sum S_i),$$

где χ_j – обусловленный болезнями недобор (в %) потенциального урожая культуры j на данном рабочем участке;

$\chi_{j,i,k}$ – обусловленный болезнью k недобор (в %) потенциального урожая культуры j на элементарном участке i с площадью S_i .

3. Вредители:

3.1. Оценка зараженности данного участка вредителями выбранной культуры:

$$\kappa_j = (\sum(\kappa_{j,i,k} * S_i)) / (\sum S_i),$$

где κ_j – оценка зараженности данного рабочего участка вредителями выбранной культуры j ;

$\kappa_{j,i,k}$ – оценка зараженности элементарного участка i с площадью S_i вредителями k культуры j ;

$$\kappa_{j,i,k} = \kappa_{j,i,k,t} * (S_{i,k,t} / S_i),$$

где $S_{i,k,t}$ – текущая площадь распространения вредителей k на элементарном участке i с площадью κ_i ;

$\varphi_{j,i,k,t}$ – степень поражения культуры j вредителями k .

3.2. Оценка влияния вредителей на снижение урожайности:

$$v_j = (\sum(v_{j,i,k} * S_i)) / (\sum S_i),$$

где v_j – обусловленный вредителями недобор (в %) потенциального урожая культуры j на данном рабочем участке;

$v_{j,i,k}$ – обусловленный вредителем k недобор (в %) потенциального урожая культуры j на элементарном участке i с площадью S_i .

7.6. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ЗЕМЕЛЬ



Как рассчитывается и интерпретируется интегральная оценка агроэкологического качества почв и земель?

Для прикладного ранжирования, последующего анализа и использования получаемых результатов функциональной (*факторной*) оценки агроэкологического качества земель разработана интерпретационная таблица, один из вариантов которой представлен в таблице 7.6.1. Цветная окраска ее клеток по методу светофора (от зеленого к красному) способствует быстрому визуальному восприятию качественного ранга полученной оценки.

Индекс устойчивости n призван отразить реальное разнообразие потенциальной устойчивости-изменчивости различных характеристик земель – в пределах интервала их допустимого варьирования. Известно, например, что значительно легче повысить значение pH почвы, чем содержание гумуса. Легче изменить текущую плотность сложения, чем содержание водопрочных агрегатов. Легче нейтрализовать загрязнение нитратами, чем тяжелыми металлами или радионуклидами.

В первом приближении, индексу устойчивости относительно лабильных параметров присваиваются экспертные оценки $n = 1$, относительно устойчивых параметров – $n = 1.2$. При решении конкретных задач он легко подстраивается под заданные в них условия.

Табл. 7.6.1. Интерпретационная шкала оценки агроэкологического качества почв и земель.

Фактор	Экологические градации фактора по значениям оценки					
	1-0.96	0.95-0.76	0.75-0.51	0.50-0.26	0.25-0.01	0.0
А.	ЗЕМЛИ высокой	ЗЕМЛИ повышенной	ЗЕМЛИ средней	ЗЕМЛИ низкой	ЗЕМЛИ очень низкой	ЗЕМЛИ непродуктивные
	продуктивности					
В.	с очень хорошими	с хорошими	со сравнительно хорошими	с плохими	с очень плохими	с крайне плохими
	условиями обработки					

С.	однородные	слабо-	средне-	сильно-	непригодные для использования	
	неоднородные				подпашню	в хозяйстве
Д.	не требующие	требующие незначительного	требующие значительного	требующие очень значительного	требующие капитальной мелиорации	
	мелиоративного улучшения					
Е.	высокой	повышенной	средней	низкой	очень низкой	лишенные
	устойчивости к загрязнению					
Ф.		условно-	не-	мало-	условно-	не-
	благополучного санитарно-экологического состояния				пригодные для сельскохозяйственного использования	
Г.	очень		довольно		очень	крайне
	благоприятными			неблагоприятными		
	микrokлиматическими условиями					
Н.	очень хорошим	хорошим	довольно хорошим	плохим	очень плохим	крайне плохим
	режимом продуктивного влагозапаса					
Q_Σ	оптимального	хорошего	удовлетворительного	неудовлетворительного	очень плохого	критического
	ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ					

Для интегральной оценки экологического качества почв и земель в случае однородного почвенного покрова и земельного участка используется формула среднегеометрических значений (7.6.1).

$$Q = \sqrt[8]{A * B * C * D * E * F * G * H} \quad (7.6.1)$$

где δ – число проанализированных групп параметров (варьирует от 2 до 8);
 $A...H$ – факторные оценки (могут иметь индексы значимости – аналогично частным оценкам).

Для интегральной агроэкологической оценки поля с неоднородным ареалом агроландшафта Q_{Σ} используется величина средневзвешенной интегральной оценки его отдельных контуров, с поправкой на относительное значение коэффициента неоднородности земель KH (уравнения 7.6.2-7.6.6).

$$Q = \frac{KH * \sum_{j=1}^k (Q_j * S_j)}{\sum_{j=1}^k S_j} \quad (7.6.2)$$

$$KH = \frac{(KH_K - K_T)}{(KH_K - K_O)} \quad (7.6.3)$$

$$KH_T = KP_N KK_T \quad (7.6.4)$$

$$KP_T = \frac{d * \sum_{j=1}^k L_j}{\sum_{j=1}^k S_j} \quad (7.6.5)$$

$$KK_T = \frac{1}{3 * y} \sum (|Q_{2i} - Q_{1i}| + |Q_{2i} - Q_{3i}| + |Q_{1i} - Q_{3i}|) \quad (7.6.6)$$

где S_j – площадь контуров почв j -ого вида (рода, типа), в $км^2$;

k – число видов (родов, типов), учитываемых на обследуемой территории;

KH_K, KH_O, KH_T – критическое, оптимальное, текущее абсолютные значения коэффициента неоднородности почвенного покрова (ПП);

KP_T – коэффициент расчлененности ПП;

KK_K – коэффициент контрастности ПП;

$d = 1$ км – константа пересчета единиц измерения;

L_j – длина границ почвенных контуров j -го вида, в км;

y – число проанализированных групп параметров с групповыми оценками Q_j .

Проведенная данным образом комплексная агроэкологическая оценка почв и земель отражает их провинциально-генетические и местные особенности, что позволяет:

- более объективно судить об агроэкологическом качестве земель - *даже в условиях неоднородного по составу почв участка земель*;
- выявлять и количественно оценивать лимитирующие факторы агроэкологического качества земель, приоритетные проблемы землепользования;
- проводить компьютерное моделирование, поисковое и нормативное прогнозирование дальнейшего развития и разрешения проблемных ситуаций;
- повысить эффективность принимаемых управленческих и технологических решений – за счет предварительного моделирования их последствий.

7.7. РЕГИОНАЛЬНЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬ

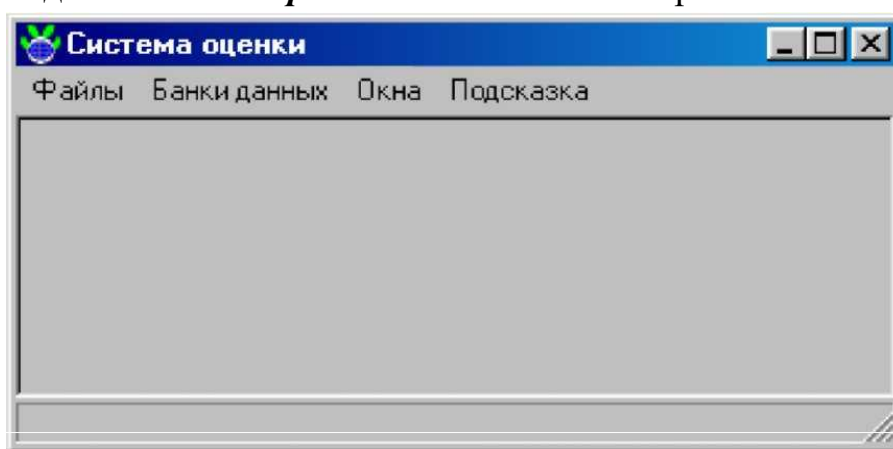
Региональные автоматизированные системы комплексного анализа агроэкологического состояния земель имеют характер рамочной (легко модифицируемой и детализируемой) системы оценки с общепринятым для MDI-приложений интерфейсом. Они позволяют проводить редакцию вводимой информации и распечатку форм исходных данных и результатов.

Предусматривают работу квалифицированного пользователя в режиме «консультаций» (*с возможностью корректировки базы эталонов, редактирования набора анализируемых параметров и изменения их групп в рамках одной модели оценки*). Это упрощает адаптацию автоматизированных систем оценки к решению частных оценочных задач в новых условиях агроландшафта. Хорошая совместимость программ со стандартными электронными базами данных облегчает их использование для расчетов больших массивов региональной информации.

Осуществляемая с помощью автоматизированных систем оценки трансформация первичной почвенной информации в относительные экологические оценки разнородных характеристик позволяет проводить их системный сравнительно-географический и функционально-экологический анализ.

После запуска программы на экране компьютера появляется **основное окно программы**, в котором содержится меню из 4 пунктов: «*Банки данных*», «*Файлы*», «*Окна*», «*Подсказка*». Три последние выполняют общепринятые функции. Рассмотрим подробнее «*Банки данных*». При выборе этого пункта появляется подменю: «*Банк средних значений*», «*Банк эталонных значений*», «*Список районов*», «*Типы почв*», «*Список параметров*», «*Банк почвенных характеристик*», «*Индексы значимости параметров*».

В подменю «**Банк средних значений**» из верхней части окна раскрыва-



7.7.1. Основное окно программного комплекса (начало работы с программой).

ются 2 списка – районов области и почв. После выбора объекта появляется таблица (рис. 7.7.2) со средними для него значениями почвенно-экологических параметров. Они могут редактироваться и использоваться в расчётах - при отсутствии данных по конкретному полю.

Банк данных средних значений

Название района: **Большесолдатский** Название почвы: **черноземы выщелочные**

№	Название параметра:	Значение:
1.	РН,ед.	-
2.	Р подвижный,мг/кг	-
3.	К обменный,мг/кг	-
4.	N-NO3 мг/кг	-
5.	Mn подвижный,мг/кг	-
6.	Zn подвижный,мг/кг	-
7.	Сi подвижный,мг/кг	-
8.	Физическая глина, %	-
9.	Сумма агрегатов, %	-
10.	Плотность сложения,г/см ³	-
11.	Целлюлозолит. актив-ть, %	-
12.	Физический песок, %	-
13.	Каменистость, м ³ /га	-
14.	Обменные основания, мэкв/к	-
15.	Гидролитич.кислотн. ,мэкв/кг	-
16.	NA обмен, %	-
17.	Гумус, %	-

Рис. 7.7.2. Форма заполнения банка средних значений

Аналогична процедура работы с подменю «*Банк эталонных значений*». После выбора объекта (*район-почва*) в таблице выводятся его эталоны (*оптимальное и критическое значения, индекс влияния и кризисная скорость деградации*) для каждого из анализируемых параметров (рис. 7.7.3). Все значения могут редактироваться.

Банк данных эталонных значений

Название района: Беловский Название почвы: черноземы оподзоленные

№	Название параметра:	Критич. значение:	Оптим. значение:	Индекс влияния:	Криз.скор.деград.:
1.	РН,ед.		6,5	0,2	1,0841
2.	Р подвижный,мг/кг	0	160	0,2	0,0169
3.	К обменный,мг/кг	0	121	0,15	0,0271
4.	N-NO3 мг/кг	0	60	0,13	0,0604
5.	Mn подвижный,мг/кг	0	10	0,15	0,3278
6.	Zn подвижный,мг/кг	0	1	0,15	3,2777
7.	Si подвижный,мг/кг	0	1,5	0,15	2,1852
8.	Физическая глина,%	0	45	0,36	0,0433
9.	Сумма агрегатов, %	0	60	0,3	0,0357
10.	Плотность сложения,г/см³	1,6	1,05	0,3	-3,8877
11.	Целлюлозолит. актив-ть, %	60	160	0,3	0,0214
12.	Физический песок,%	0	55	0,02	0,3142

Добавить Закрыть

Рис. 7.7.3. Форма заполнения банка эталонных значений

Банк эталонов отражает провинциально-генетическое разнообразие почвенного покрова. Все районы области распределяются по агроэкологическим провинциям, согласно которым определяются эталонные значения параметров (рис. 7.7.4). Выбор провинции редактируются. Здесь же дается справка по хозяйствам анализируемого района.

Административные районы

Название района	Код провинции
Кореневский	J
Курчатовский	J
▶ Львовский	J
Обоянский	J
Октябрьский	J

Название хозяйства	Название поля
▶ Нива	▶ 1
Восход	
Львовский совхоз	
Львовская опытная станц	

Рис. 7.7.4. Форма провинциальной координации районов области

Наборы анализируемых почв и параметров редактируются в подменю «*Типы почв*» и «*Список параметров*» (рис. 7.7.5 и 7.7.6). В составе генетических типов-подтипов почв могут выделяться или не выделяться провинциальные подтипы. В базовой версии программы РАСКАЗ в банк занесены 33 почвенных параметров.



№	Код почвы	Генетический тип почвы	Подтипы
6	L?	серые лесные суглинистые	J,K
7	CHO	черноземы оподзоленные	J,K
8	CHV	черноземы выщелочные	J,K
9	CHT	черноземы типичные	J,K
10	LCH	лугово-черноземные	J,K
11	CHB	черноземы обыкновенные	J,K
40	L?	серые лесные супесчаные	-

Рис. 7.7.5. Форма с перечнем анализируемых типов-подтипов почв

Окно подменю «*Банк почвенных характеристик*» предназначено для ввода-редактирования текущих значений почвенных характеристик анализируемого поля – рабочего участка. В выпадающих списках выбираются район, хозяйство и поле. Для каждого из полей может содержаться несколько записей – с разными датами информации.



Название параметра	Ед. изм.	Учитывать
pH	ед.	True
P подвижный	мг/кг	True
K обменный	мг/кг	True
N-NO3	мг/кг	True
Mn подвижный	мг/кг	True
Zn подвижный	мг/кг	True
Сi подвижный	мг/кг	True
Физическая глина	%	True

Описание параметра:

Рис. 7.7.6. Форма с перечнем анализируемых параметров

Форма (рис. 7.7.7) содержит общую информацию для поля (*рабочего участка или хозяйства*) и значения анализируемых параметров для выделенных на нем почв (*земель*). При отсутствии данных ставится «-». По завершению заполнения формы выбирается вариант расчета, и выполняется расчет – с выводом результатов в специальном окне.

Бланк ввода значений почвенных характеристик

1. Область: Курская 2. Район: Львовский
 3. Хозяйство: Нива 4. Поле: 1
 5. Дата: 15.08.1996 6. Контуров: 2

7. Площадь участка: 1,5
 8. Площадь слабо эрод. почв: 0,1
 9. Площадь средне эрод. почв: 0,3
 10. Площадь сильно эрод. почв: 1,1

№	Параметр:	Контур № 1	Контур № 2
	Площадь:	0,7	0,8
	Длина границ:	8	4,2
	Тип почвы:	серые лесные супесчаные	серые лесные супесчаные
1.	pH	4,7	6,2
2.	P подвижный	84	263
3.	K обменный	41	66
4.	N-NO3	87	56
5.	Mп подвижный	47	6

Изменить Сохранить Отмена Закрыть

Рис. 7.7.7. Основная форма «Банка почвенных характеристик»

Окно подменю «Индексы значимости параметров» (рис. 7.7.8) позволяет редактировать участие-неучастие и индексы влияния (значимости) параметров и их групп (факторов) при расчёте функциональных (факторных) и интегральных оценок агроэкологического (функционально-экологического) качества почв и земель – модифицируя модели оценки.

№	Значимость	Группа А	Группа В	Группа С	Группа D	Группа Е	Группа F
1.	pH	1	0	1	0	0	0
2.	P подвижный	1	0	1	0	0	0
3.	K обменный	1	0	1	0	0	0
4.	N-NO3	1	0	1	0	0	0
5.	Mn подвижный	1	0	1	0	0	0
6.	Zn подвижный	1	0	1	0	0	0
7.	Сu подвижный	1	0	1	0	0	0
8.	Физическая глина	0	1	1	0	0	0
9.	Сумма агрегатов, %	0	1	1	0	0	0
10.	Плотность сложения, г/см ³	0	1	1	0	0	0
11.	Целлюлозолит. актив-ть, %	0	1	1	0	0	0

Рис. 7.7.8. Форма редакции «индексов значимости параметров»



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Как звучит рамочное определение качества почв и земель?
2. Какие информационно-аналитические процедуры входят в систему анализа агроэкологического качества земель?
3. Какие алгоритмы применяются при оценке уровня соответствия земельного участка рассматриваемому варианту землепользования?
4. Какие модели могут использоваться для количественной оценки экологических и экономических рисков сельскохозяйственного землепользования?
5. В каком направлении сейчас развиваются автоматизированные системы агроэкологической оценки земель?
6. Что является отличительной особенностью функционально-экологического анализа почв и земель?
7. Что определяет качество работы систем агроэкологической оценки почв и земель?

- 8. Что входит в сводный алгоритм комплексной оценки агроэкологического качества почв и земель?**
- 9. Как можно объяснить логистическое поведение агроэкологических функций почв и земель?**
- 10. На основе чего формируются матрицы эталонов автоматизированной оценки качества почв и земель?**
- 11. Как рассчитывается комплексная оценка агроэкологического качества почв и земель?**
- 12. Как рассчитывается и интерпретируется интегральная оценка агроэкологического качества почв и земель?**

Часть II. ПРАКТИКУМ ПО РАБОТЕ С АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ АГРО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ

Изучение практических основ является необходимым элементом обучения и основывается на теории, изученной в предыдущих модулях.

Вы будете изучать:

- Возможности стандартного статистического пакета программы Excel, используемые для первичного анализа данных по агроэкологическому состоянию почв и земель
- Работу с геостатистической программой SURFER по построению картосхем агроэкологических параметров почв и анализу закономерностей их пространственной дифференциации и взаимосвязи
- Структурно-функциональную организацию, аналитические и методические возможности специализированной программы РАСКАЗ (Региональная автоматизированная система комплексной агроэкологической оценки земель)

После изучения модуля вы сможете:

- Проводить частную и комплексную оценку агроэкологического качества почв и земель с использованием стандартного и специализированного программного обеспечения
- Строить, интерпретировать, совмещать и экспортировать картосхемы агроэкологического состояния почв

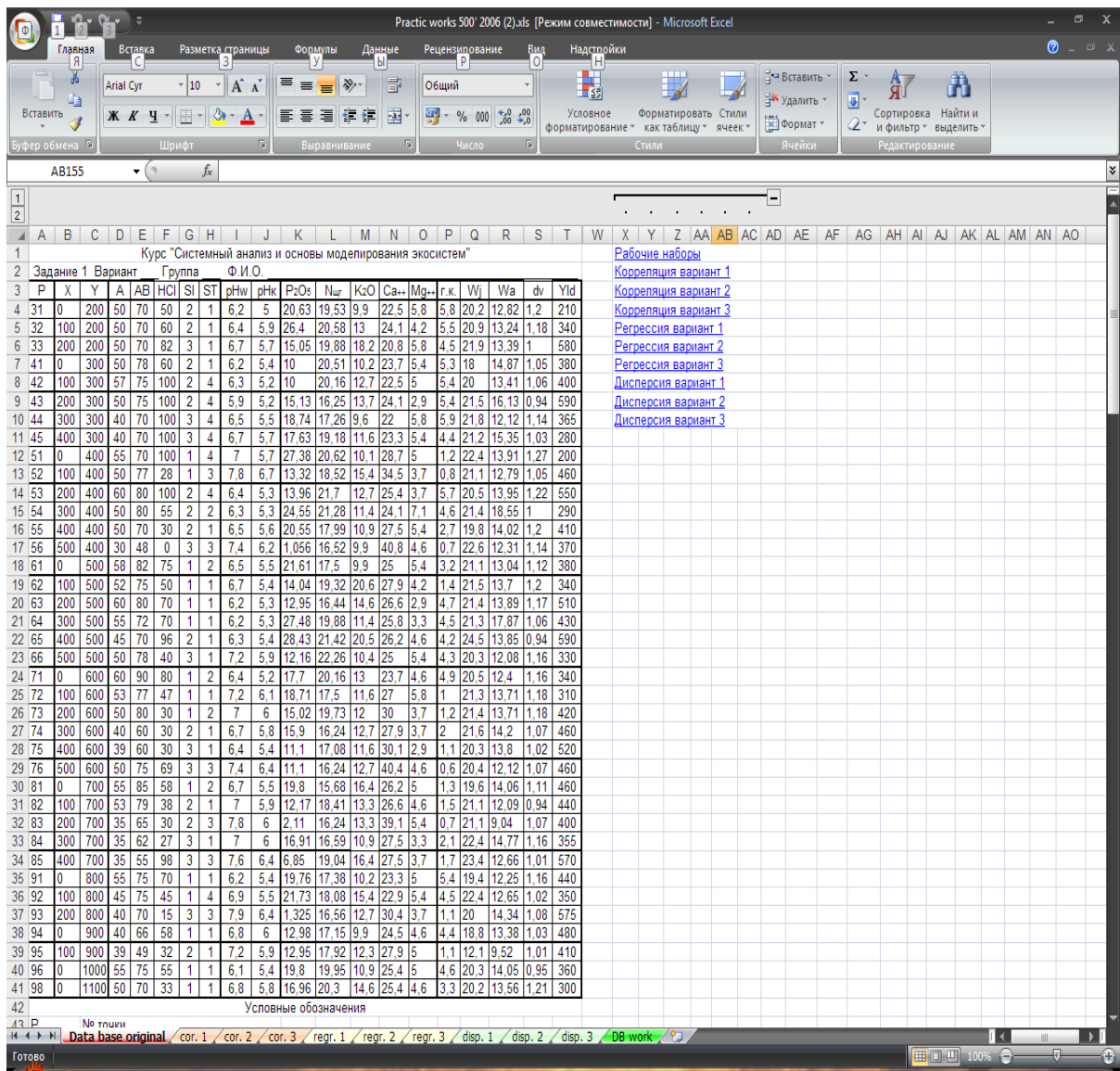
- Проводить расчеты с помощью Региональной автоматизированной системы комплексной агроэкологической оценки земель и настраивать ее базы данных к условиям конкретного региона и хозяйства

МОДУЛЬ Л1. ПЕРВИЧНЫЙ АНАЛИЗ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ В СТАНДАРТНОМ ПРИЛОЖЕНИИ EXCEL В ЦЕЛЯХ НАХОЖДЕНИЯ ЛИМИТИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ ПЛОДРОДИЯ ПОЧВ РАБОЧЕГО УЧАСТКА.

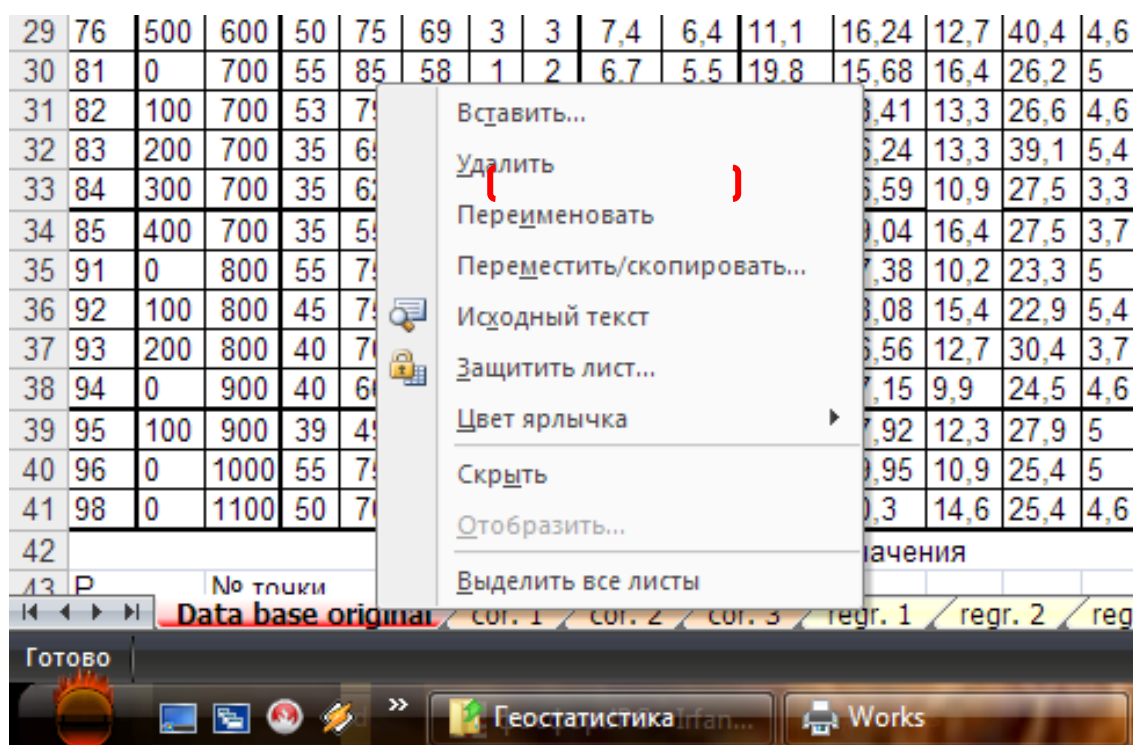
Цель занятия. Ознакомится с работой пакета статистического анализа данных MS Excel, приобрести практический навык статистического анализа блока данных с основными агроэкологическими параметрами конкретного рабочего участка хозяйства – с нахождением лимитирующих факторов плодородия почв.

Ход работы:

1. Открыть заранее подготовленную базу данных.



2. Зайти в закладку «Сервис» на верхней панели программной оболочки и установить (проверить наличие) галочек напротив пунктов ODBC и «Пакет анализа» в меню «настройки», нажать клавишу «Enter» (►).
3. Правой кнопкой мыши на ярлыке набранного листа с таблицей открыть меню листа и выбрать пункт «Переместить/скопировать...». Установить галочку на пункте «Создать копию» ►. Открыв созданный рабочий лист правой кнопкой мыши войти в меню листа на его нижнем ярлыке, выбрать закладку «Переименовать» и ввести название нового листа «Work» ►. Вся последующая работа будет вестись с этим листом.



Расчет корреляции.

1. Открываем меню «Сервис» в верхней панели программной оболочки и выбираем закладку «Анализ данных...» ►. Инструментом анализа выбираем «Корреляция» ►. В открывшемся окне ставим галочку напротив позиции «Метки в первой строке». Нажимаем на кнопку ввода входного интервала (квадрат с красной стрелкой) и выделяем столбец урожайности (Yld) и соседний «факторный» столбец ►. На открывшемся новом рабочем листе отображается с корреляцией урожайности с данным фактором, причем, чем ближе значение корреляции к 1 или -1, тем фактор существеннее влияет на урожайность.
2. Переходим на лист «Work» и нажатием на буквенное обозначение прокоррелированной факторной колонки выделяем ее для последующего удаления (нажать правую кнопку мыши на выделенном участке, выбрать пункт «Удалить» ►).

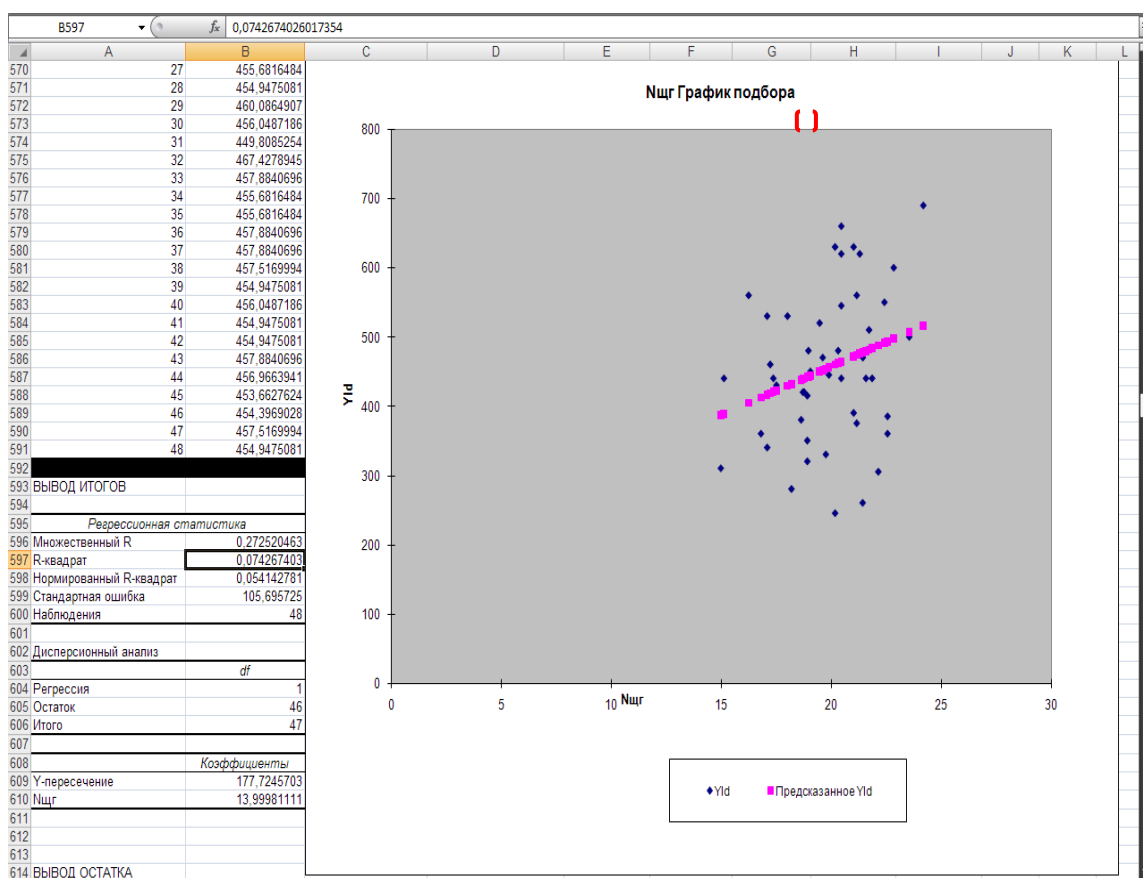
3. Прodelываем последовательно предыдущие два пункта с оставшимися факторными колонками, кроме первых трех колонок с номером точки отбора и координатами точки отбора по оси X и Y.
4. Методом копирования полученных выделенных таблиц корреляции переносим их на один рабочий лист и находим группу наиболее существенных факторов, выделив их в цвете (нажать правую кнопку мыши на необходимой ячейке и выбрать пункт «Формат ячеек...», в открывшемся окне выбрать закладку «Вид», на которой нажать на окошко с необходимым цветом ►).

	A	B	C	E	F	G	I	J	K	L
1		dv	Yld	pHk	pHw	Yld	фактор			
2		1	1	1	1	1	несущественен			
3		Yld	-0.11339	Yld	0.1509	1	существенен			
5		Wa	Yld	pHw	Yld	Yld	сильно влияет			
6		1	1	1	1	1	возможно влияет			
7		Yld	0.0104	Yld	0.05349	1	не влияет			
9		Wj	Yld	ST	Yld	Yld				
10		1	1	1	1	1				
11		Yld	0.07836	Yld	0.02433	1				
13		z.k	Yld	SI	Yld	Yld				
14		1	1	1	1	1				
15		Yld	-0.06174	Yld	0.59376	1				
17		Mg++	Yld	HCl	Yld	Yld				
18		1	1	1	1	1				
19		Yld	-0.97356	Yld	-0.20289	1				
21		Ca++	Yld	AB	Yld	Yld				
22		1	1	1	1	1				
23		Yld	0.1065	Yld	-0.09883	1				
25		K2O	Yld	A	Yld	Yld				
26		1	1	1	1	1				
27		Yld	0.064	Yld	-0.107	1				
29		Nutr	Yld	Y	Yld	Yld				
30		1	1	1	1	1				
31		Yld	-0.51286	Yld	0.08116	1				
33		P2O5	Yld	X	Yld	Yld				
34		1	1	1	1	1				
35		Yld	-0.33745	Yld	0.26349	1				

5. Удаляем лист «Work» и вновь создаем копию листа с первоначальной таблицей.
6. Сортируем данные в таблице по наиболее существенному фактору, для этого: нажимаем закладку «Данные» на верхней панели программной оболочки и выбираем меню «Сортировка». В первом подменю прокрутки «Сортировать по» выбираем наиболее существенный фактор,

ставим точку напротив «Идентифицировать поля по... Подписям...», нажимаем Ok.

- Находим наиболее различимые зависимости урожайности культуры от фактора, при которых факторный столбец можно разбить на подмассивы с четко выраженными рамками и выпадающими из общего ряда точками (артефактами). Все артефакты наиболее четко прослеживаются по графику подбора регрессионного анализа. Найденные артефакты исключаются из последующих расчетов.



- Повторяем пункты 6 и 7 с тремя наиболее значимыми, по итогам корреляции, факторам.
- Разбиваем базу данных на подмассивы, найденные в пунктах 7-8 и анализируем каждый подмассив по отдельности.

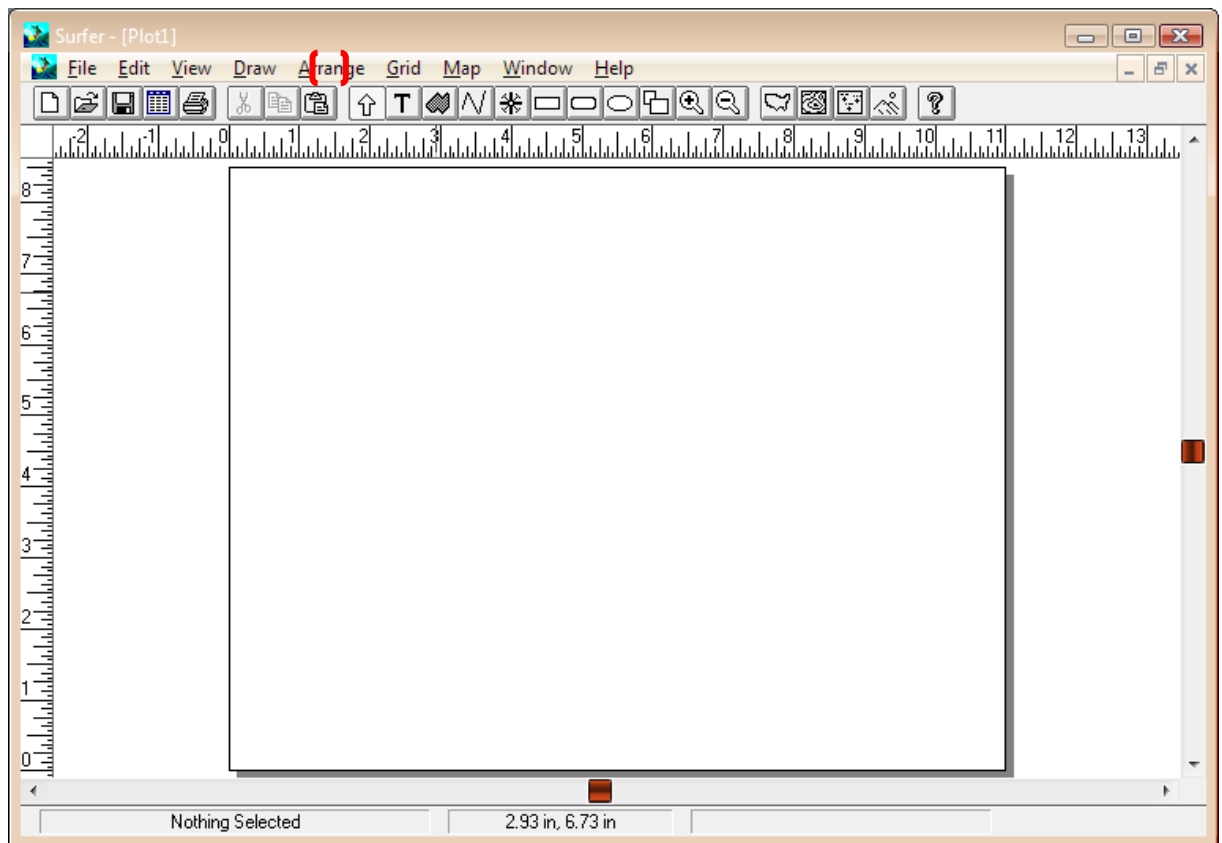
МОДУЛЬ Л2. ПОСТРОЕНИЕ КАРТОСХЕМ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОСТАТИСТИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ SURFER МЕТОДОМ КРИГИНГА И ОПРЕДЕЛЕНИЕМ ЛИМИТИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ УРОЖАЙНОСТИ.

Цель занятия: ознакомиться с работой компонентов визуализации современных ГИС и приобрести практический навык построения картосхем агроэкологических параметров почвенного покрова и нахождения лимитирующих параметров плодородия почв на основе картосхем урожайности и/или биологической продуктивности культур.

Ход работы:

1. Создание базы данных (БД) в программе SURFER.

- 1.1. Открыть заранее подготовленную в Microsoft Excel БД.
- 1.2. Запустить геостатистическую систему SURFER (*ярлык синего цвета Surfer 32.exe* в подкаталоге программы).
- 1.3. Путем нажатия сочетания клавиш *Alt+Tab* переключиться на подготовленную БД, выделить ее и скопировать в буфер обмена (нажатием правой кнопки мыши на выделенной области и выборе пункта «копировать»).
- 1.4. Переключиться на запущенный SURFER. Открыть редактор баз данных (путем нажатия на изображение таблицы, 4^{ая} закладка верхней панели программы).



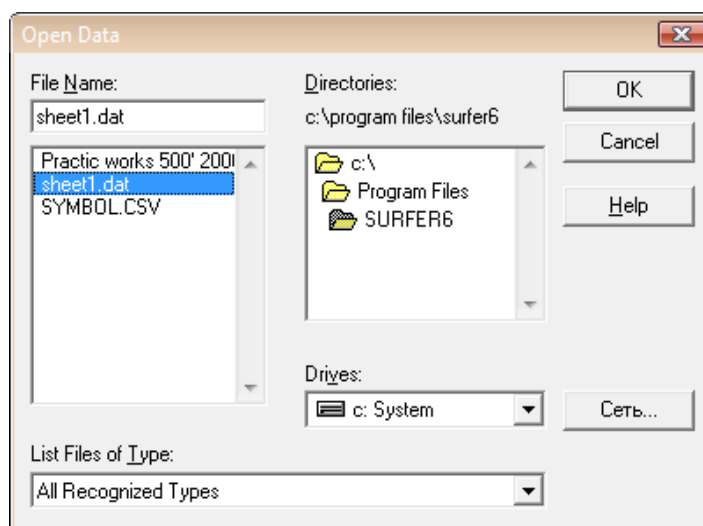
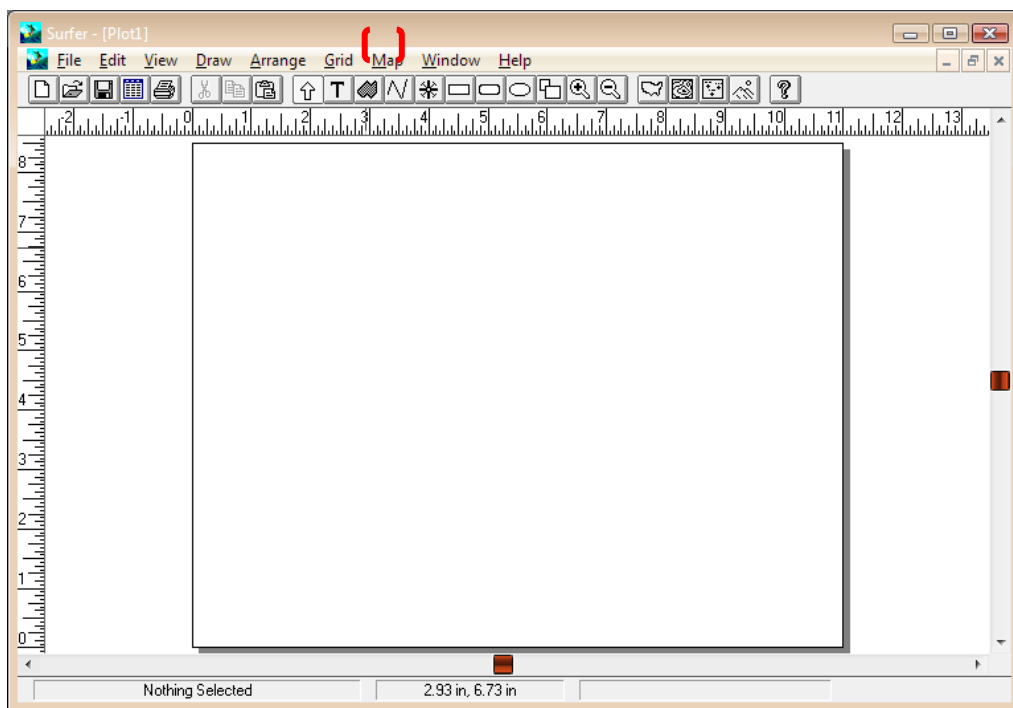
1.5. Вставить скопированную в буфер обмена БД, нажатием сочетания клавиш Ctrl+V или кнопкой с символом «вставить» на верхней панели программы.

* A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1	P	X	Y	←NA	←NA	HCl	SI	ST	←Ns+	←Ns+	P2O5	N←NA	K2O	←NDI	Mg++	←NC	Wj	Wa	dv
2	31	0	200	50	70	50	2	1	6.2	5	20.63	19.53	9.9	22.5	5.8	5.76	20.15	12.82	
3	32	100	200	50	70	60	2	1	6.4	5.9	26.4	20.58	13	24.1	4.2	5.48	20.87	13.24	1
4	33	200	200	50	70	82	3	1	6.7	5.7	15.05	19.88	18.2	20.8	5.8	4.52	21.88	13.39	
5	41	0	300	50	78	60	2	1	6.2	5.4	10	20.51	10.2	23.7	5.4	5.27	18.03	14.87	1
6	42	100	300	57	75	100	2	4	6.3	5.2	10	20.16	12.7	22.5	5	5.44	20.01	13.41	1
7	43	200	300	50	75	100	2	4	5.9	5.2	15.13	16.25	13.7	24.1	2.9	5.39	21.52	16.13	0
8	44	300	300	40	70	100	3	4	6.5	5.5	18.74	17.26	9.6	22	5.8	5.93	21.84	12.12	1
9	45	400	300	40	70	100	3	4	6.7	5.7	17.63	19.18	11.6	23.3	5.4	4.36	21.17	15.35	1
10	51	0	400	55	70	100	1	4	7	5.7	27.38	20.62	10.1	28.7	5	1.22	22.4	13.91	1
11	52	100	400	50	77	28	1	3	7.8	6.7	13.32	18.52	15.4	34.5	3.7	0.75	21.11	12.79	1
12	53	200	400	60	80	100	2	4	6.4	5.3	13.96	21.7	12.7	25.4	3.7	5.67	20.51	13.95	1
13	54	300	400	50	80	55	2	2	6.3	5.3	24.55	21.28	11.4	24.1	7.1	4.55	21.38	18.55	
14	55	400	400	50	70	30	2	1	6.5	5.6	20.55	17.99	10.9	27.5	5.4	2.69	19.83	14.02	
15	56	500	400	30	48	0	3	3	7.4	6.2	1.056	16.52	9.9	40.8	4.6	0.66	22.6	12.31	1
16	61	0	500	58	82	75	1	2	6.5	5.5	21.61	17.5	9.9	25	5.4	3.19	21.05	13.04	1
17	62	100	500	52	75	50	1	1	6.7	5.4	14.04	19.32	20.6	27.9	4.2	1.43	21.49	13.7	
18	63	200	500	60	80	70	1	1	6.2	5.3	12.95	16.44	14.6	26.6	2.9	4.66	21.42	13.89	1
19	64	300	500	55	72	70	1	1	6.2	5.3	27.48	19.88	11.4	25.8	3.3	4.5	21.28	17.87	1
20	65	400	500	45	70	96	2	1	6.3	5.4	28.43	21.42	20.5	26.2	4.6	4.22	24.47	13.85	0

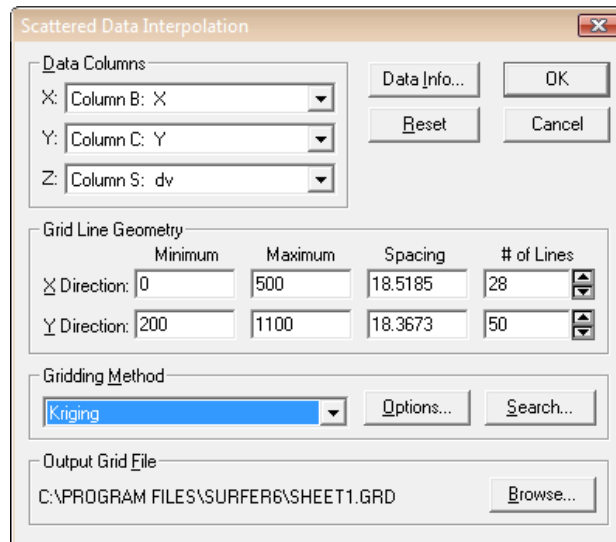
1.6. Сохранить вставленную БД (первая закладка панели программы «file», подменю «Save as...»). Задать собственное название файла *не изменяя расширения .dat*. Закроить сохраненную БД *нижним крестиком верхней части панели программы!*

2. Построение картосхем.

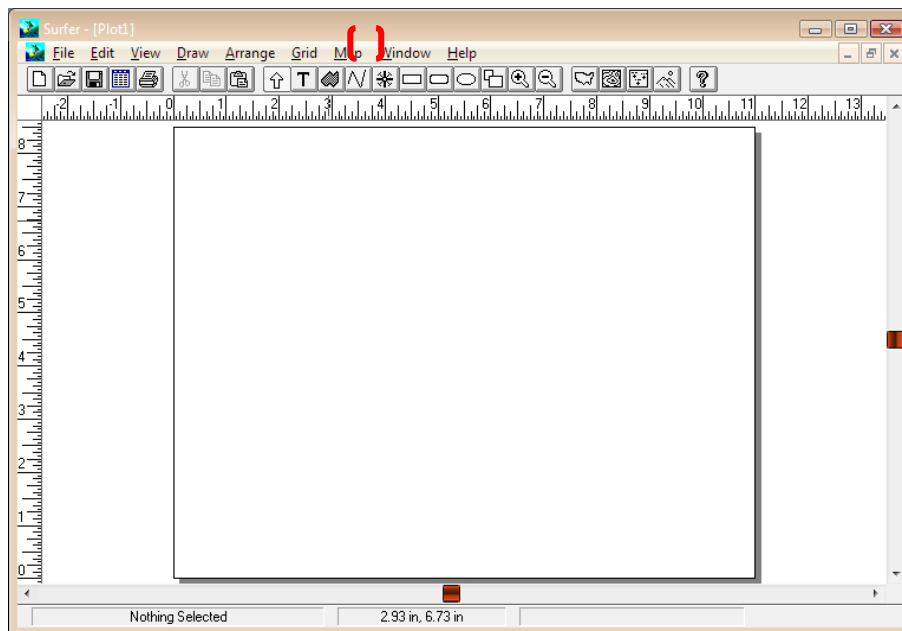
2.1. Войти в меню «Grid» и выбрать подменю «Data» в верхней части программной оболочки. Выбрать в списке слева сохраненную БД. Нажать ОК.

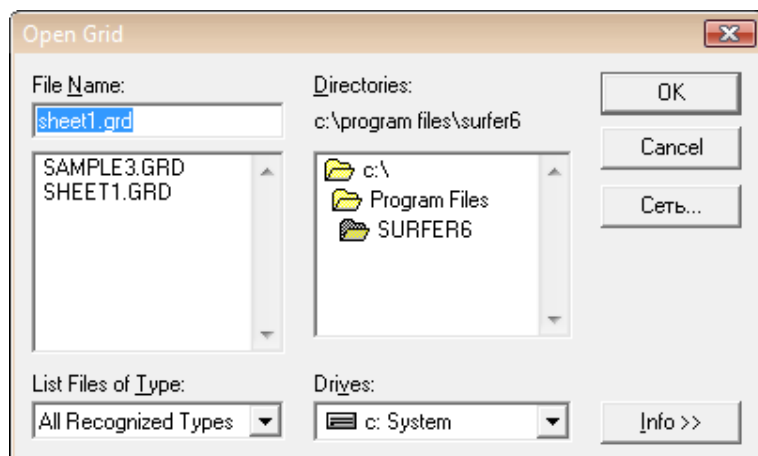


2.2. По оси X в Data Columns установит столбец с названием X, по оси Y, столбец Y. По оси Z установить первый факторный столбец (столбец P «номер точки» не является факторным). Нажать ОК. (При вопросе *Replace...?* всегда отвечать «ОК»). Программа произведет анализ методом кригинга выбранных параметров.

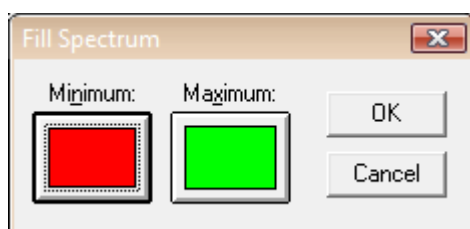
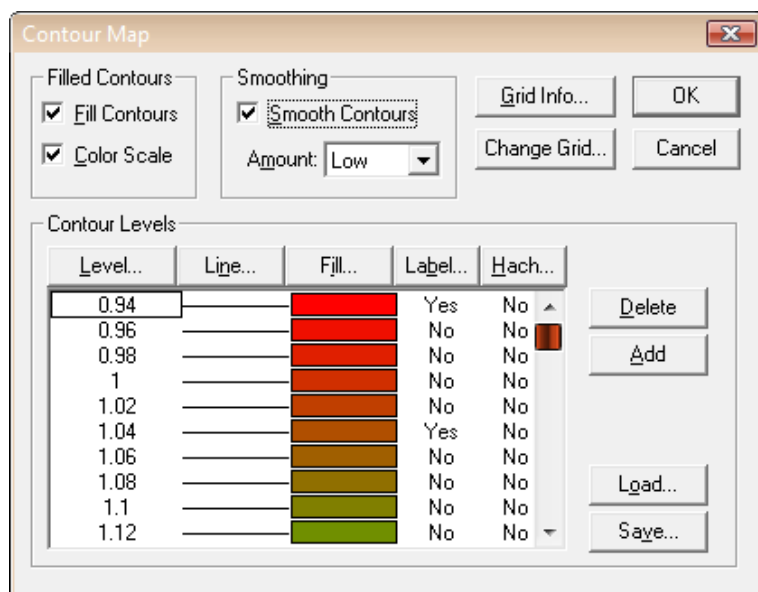


2.3. Войти в меню «Map» и выбрать подменю «Contour» в верхней части программной оболочки. Выбрать в списке слева проанализированную БД. Нажать ОК.

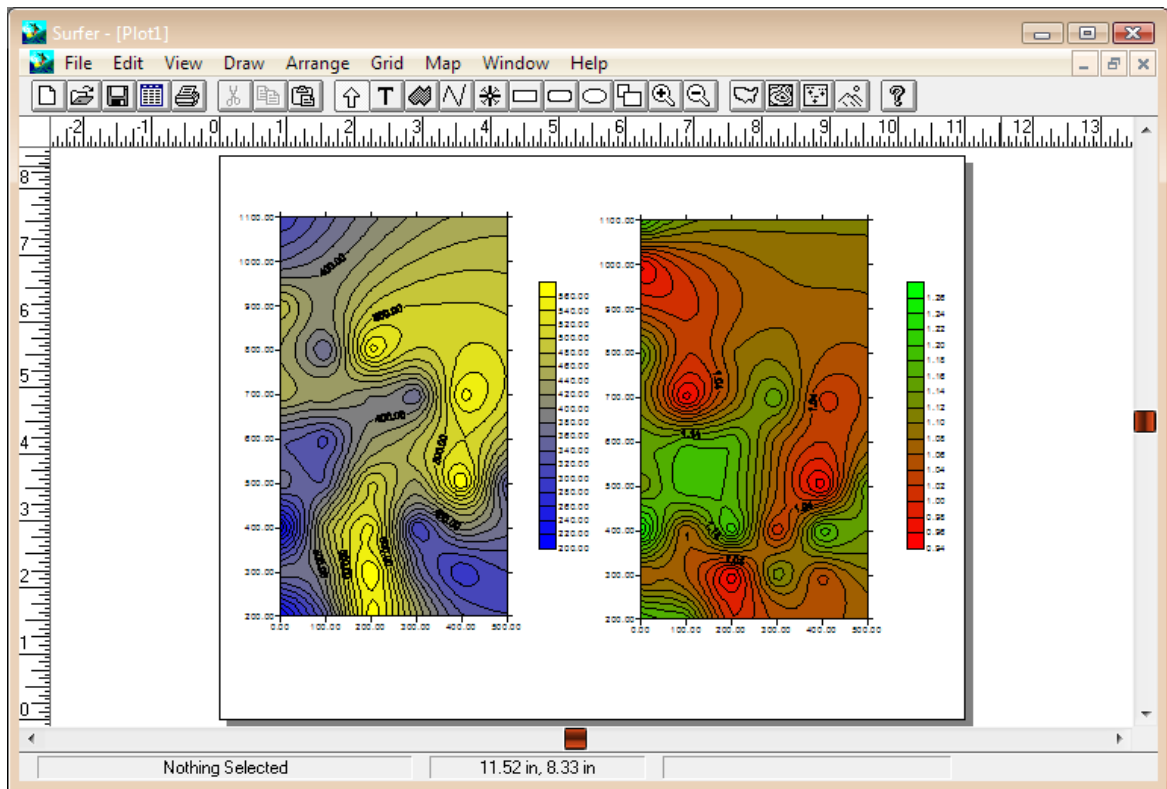




2.4. Установить три галочки напротив параметров визуализации будущей картосхемы. Зайти в закладку «Fill...» нажать на изображение предлагаемой цветовой схемы (по умолчанию черный) и установить окраску минимального значения анализируемого фактора по своему выбору. Нажать «ОК». Прodelать ту же операцию для максимального значения (по умолчанию белый). Нажать «ОК» (несколько раз до появления картосхемы).



2.5. Повторить пункты 1-4, выбирая во втором пункте по оси Z следующий факторный столбец (*картосхема урожайности строится последней!*). При построении последующая картосхема накладывается на предыдущую.

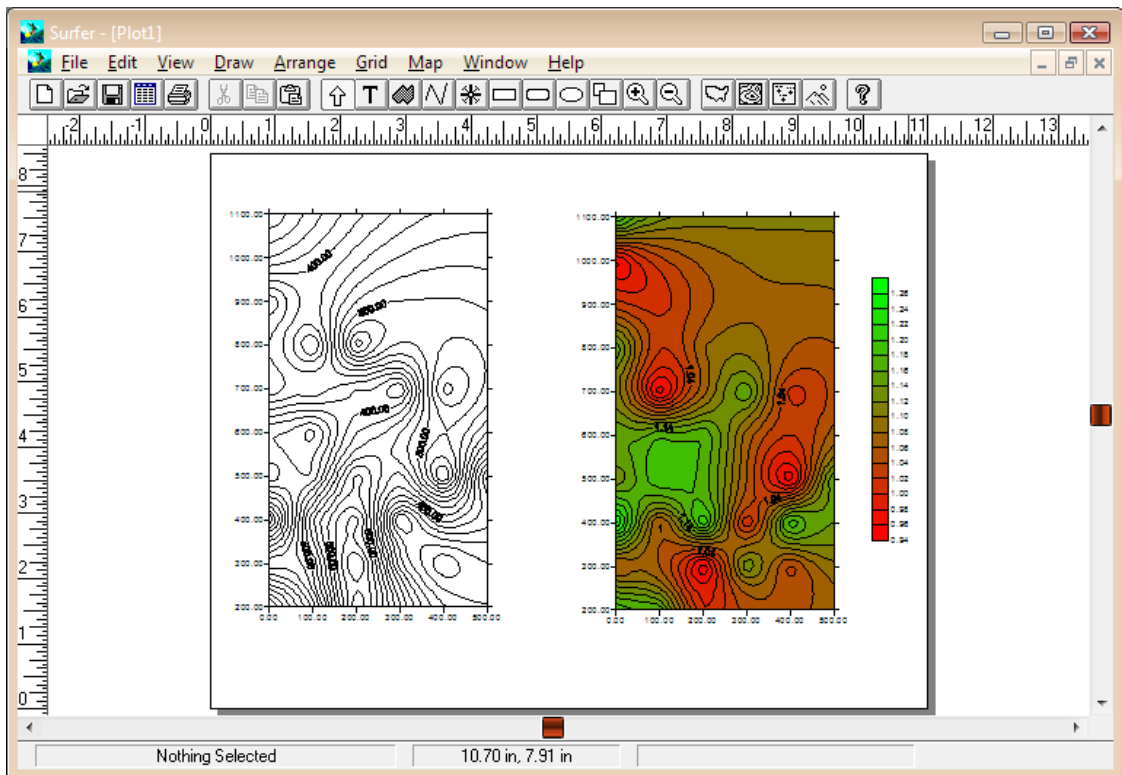


2.6. Уменьшив отображение рабочего листа программы (нажатием на символ лупы со знаком «←» и повторным нажатием левой кнопки мыши в центре листа) равномерно распределить построенные картосхемы и путем сопоставления пиковых значений (максимальных и минимальных) определить лимитирующие факторы плодородия среди представленных.

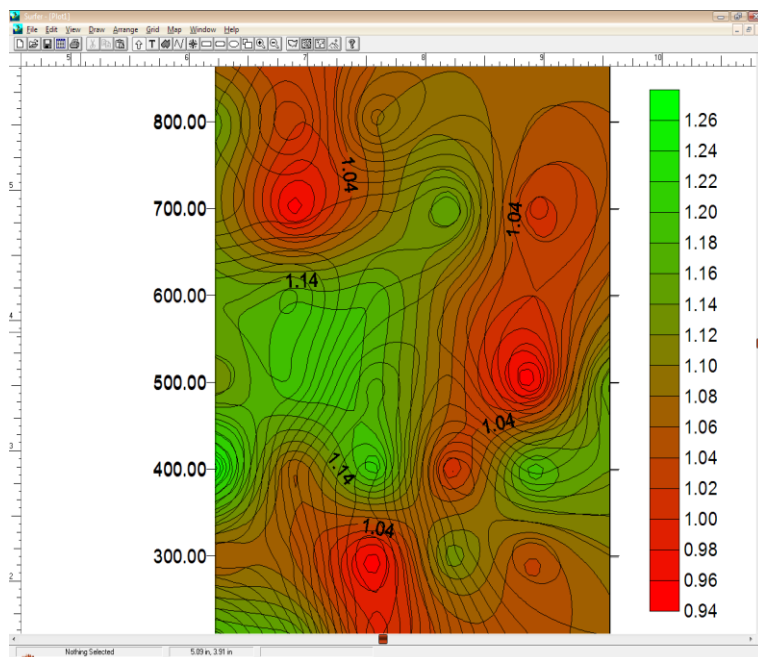
2.7. Подтвердить на практике свою теорию (методом наложения картосхемы урожайности на факторную картосхему), для этого:

2.7.1. Двойным щелчком левой клавиши мыши открыть свойства картосхемы урожайности.

2.7.2. На открытых свойствах снять галочку «Fill Contours». Нажать «ОК».



2.7.3. Переместить неокрашенную картосхему урожайности поверх факторной картосхемы и найти зависимости пиковых значений или среднего содержания фактора (операцию проделать со всеми факторными картосхемами).




2.8. Сделать выводы по агроэкологической интерпретации основных результатов проделанной работе.

МОДУЛЬ ЛЗ. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ «РАСКАЗ» И СОЗДАНИЕМ БАЗЫ ДАННЫХ ИСХОДНЫХ ПОЧВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Цель занятия: ознакомится с работой геоинформационной системы «РАСКАЗ», приобрести практический навык создания баз данных и редакции основных агроэкологических параметров, используемых при комплексной оценке качества почв и техногенных грунтов.

Региональная автоматизированная система комплексной агроэкологической оценки земель (РАСКАЗ)



(с) - ВНИИЗиЗПЗ,
Лаборатория ГИСиАЭМ, 2002г.
тел.: +0712-331162, +0712-336834
факс: +0712-336729
<http://sovttest.ru/~agroec>

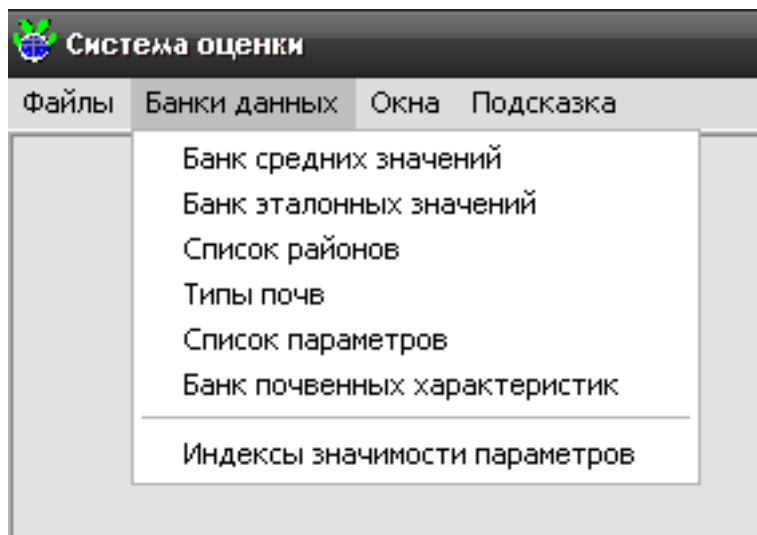
В лаборатории ГИС и агроэкологического мониторинга ВНИИЗиЗПЗ на примере модальной Курской области разрабатывается *типовой вариант Региональной автоматизированной системы комплексной агроэкологической оценки земель (РАСКАЗ)*, предназначенной для информационно-аналитического обеспечения следующих управленческих задач по оптимизации землепользования:

- выявление и количественная функционально-экологическая оценка приоритетных агроэкологических проблем;
- моделирование, поисковое и нормативное прогнозирование различных сценариев развития проблемных агроэкологических ситуаций;

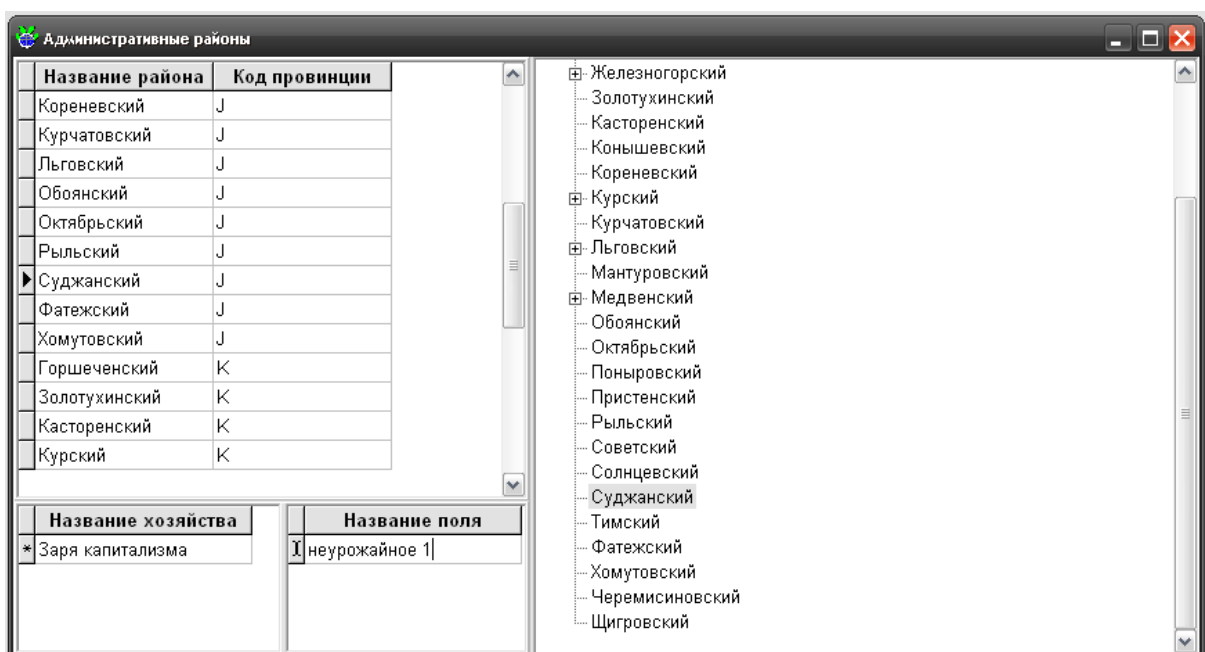
Закреть

Ход работы:

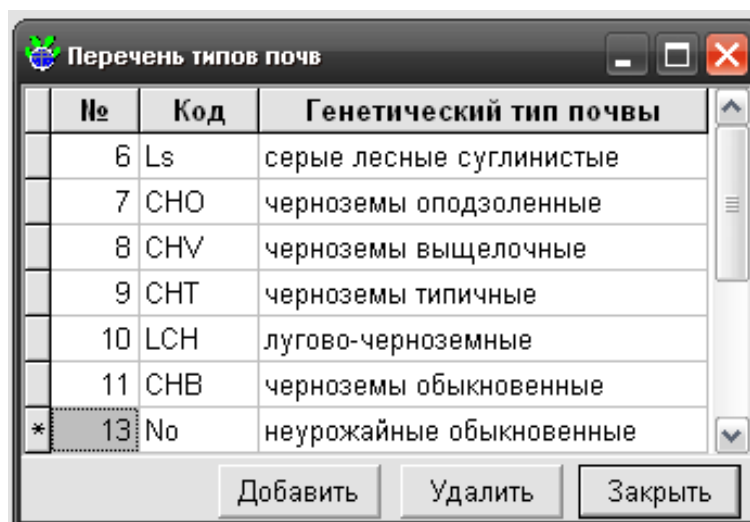
1. Вводим заранее подготовленные данные по основным агроэкологическим параметрам почв заданного района. Для этого: заходим в меню «Банки данных» и выбираем пункт «Список районов».



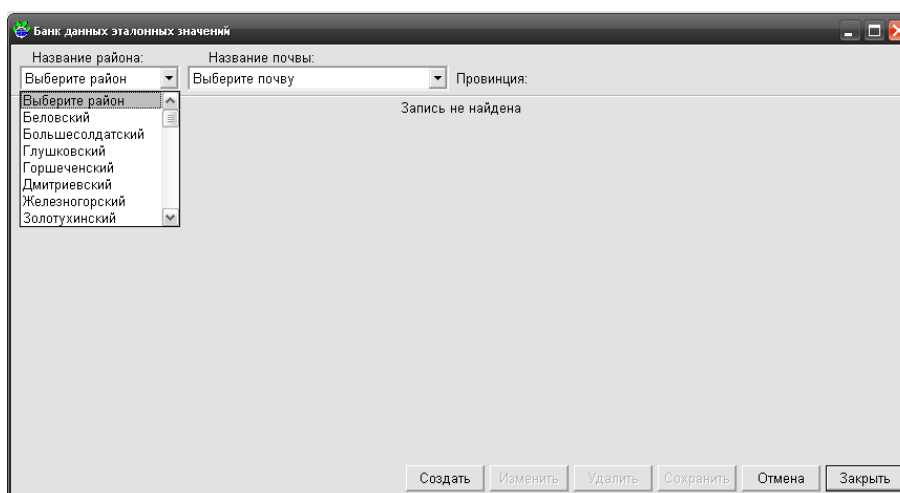
2. Создаем хозяйство с названием поля в районе исследования, для этого: выбираем в левом столбце необходимый район и в нижней части окна вводим название района, нажимаем «Enter» на клавиатуре. Закрываем окно редакции административных районов.



3. Заходим в меню «Банки данных» и выбираем пункт «Перечень типов почв». Нажимаем кнопку «Добавить» и задаем сокращенное название типа почвы латинскими символами в графе «Код», а также расшифровку типа в графе «Генетический тип почвы», нажимаем кнопку «Закрыть».



4. Заходим в меню «Банки данных» и выбираем пункт «Список районов». Выбираем название района исследования и любой тип почвы из списка для ознакомления с особенностями заполнения граф.



Банк данных эталонных значений

Название района: Беловский Название почвы: черноземы оподзоленные Провинция: J

№	Название параметра:	Единицы измерения	Критическое значение	Оптимальное значение	Индекс влияния	Кризисная скорость деградации
1.	pH	ед.	4	6,5	0,2	1,0841
2.	P подвижный	мг/кг	10	160	0,2	0,0169
3.	K обменный	мг/кг	10	121	0,15	0,0271
4.	N щёлочно-гидролизуемый	мг/кг	50	200	0,13	0,0604
5.	Mn подвижный	мг/кг	0,2	90	0,15	0,3278
6.	Zn подвижный	мг/кг	2	8,8	0,15	3,2777
7.	Cu подвижный	мг/кг	0,5	4,5	0,15	2,1852
8.	Физическая глина	%	0	45	0,36	0,0433
9.	Сумма агрегатов	%	0	60	0,3	0,0357
10.	Плотность сложения	г/см³	1,6	1,05	0,3	-3,8877
11.	Целлюлозолит. актив-ть	%	0	70	0,3	0,0214
12.	Физический песок	%	0	55	0,02	0,3142
13.	Каменность	м³/га	100	0	0,25	-0,0237
14.	Обменная способность	мэкв/кг	50	220	0,17	0,012

Создать Изменить Удалить Сохранить Отмена Закрыть

5. После ознакомления нажимаем кнопку «Закрыть», а затем вновь входим в список районов и нажимаем кнопку «Создать» для ввода критических и оптимальных значений параметров по заданному типу почв, если они не присутствовали в списке ранее. При наличии Вашего типа почв в списке, для коррекции параметров необходимо нажать кнопку «Изменить», а по окончании внесения поправок – «Сохранить». То же действие проводим при создании базы данных по новому типу почв. По окончании операции нажимаем кнопку «Закрыть».

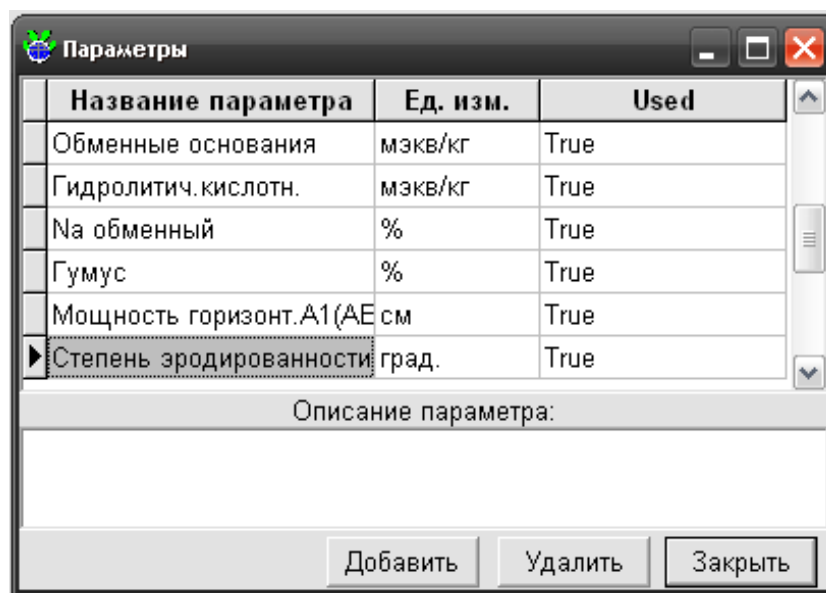
Банк данных эталонных значений

Название района: Беловский Название почвы: Выберите почву Провинция: J

№	Название параметра:	Единицы измерения	Критическое значение	Оптимальное значение	Индекс влияния	Кризисная скорость деградации
1.	pH	ед.	-	-	-	-
2.	P подвижный	мг/кг	-	-	-	-
3.	K обменный	мг/кг	-	-	-	-
4.	N щёлочно-гидролизуемый	мг/кг	-	-	-	-
5.	Mn подвижный	мг/кг	-	-	-	-
6.	Zn подвижный	мг/кг	-	-	-	-
7.	Cu подвижный	мг/кг	-	-	-	-
8.	Физическая глина	%	-	-	-	-
9.	Сумма агрегатов	%	-	-	-	-
10.	Плотность сложения	г/см³	-	-	-	-
11.	Целлюлозолит. актив-ть	%	-	-	-	-
12.	Физический песок	%	-	-	-	-
13.	Каменность	м³/га	-	-	-	-
14.	Обменная способность	мэкв/кг	-	-	-	-

Создать Изменить Удалить Сохранить Отмена Закрыть

6. При отсутствии параметров в базе данных по району, которые Вы желали бы оценить, заходим в меню «Банки данных» и выбираем пункт «Параметры». Добавляем необходимый параметр и нажимаем клавишу «Заккрыть», повторяем пункты 4 и 5 для занесения количественных характеристик введенного параметра.



МОДУЛЬ Л4. ОПРЕДЛЕНИЕ ЛИМИТИРУЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ АГРО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ «РАСКАЗ».

Цель занятия: ознакомится с работой геоинформационной системы «РАСКАЗ», приобрести практический навык проведения комплексной агроэкологической оценки текущей ситуации с выявлением основных лимитирующих факторов качества почв и техногенных грунтов, нахождением негативной динамики существующих агроэкологических процессов.

Ход работы:

1. Настраиваем систему оценки качества почв и техногенных грунтов на анализ введенных нами на прошедшем занятии параметров. Для этого: заходим в меню «Банки данных» и выбираем пункт «Список

параметров». Используемые при оценке параметры в столбце «Used» должны иметь метку «True». Если параметр не будет использоваться при оценке, то путем двойного нажатия левой кнопки мыши на графу «Used» напротив его названия, меняем метку «True» на «False». Обратные изменения проводятся в том же порядке.

The screenshot shows a window titled "Параметры" (Parameters) with a table containing the following data:

Название параметра	Ед. изм.	Used
pH	ед.	True
▶ Р подвижный	мг/кг	False
К обменный	мг/кг	True
N щёлочно-гидролизуемы	мг/кг	True
Mn подвижный	мг/кг	True
Zn подвижный	мг/кг	True
Cu подвижный	мг/кг	True
Физическая глина	%	True
Сумма агрегатов	%	True
Плотность сложения	г/см ³	True
Целлюлозолит. актив-ть	%	True
Физический песок	%	True
Каменность	м ³ /га	True
Обменные основания	мэкв/кг	True

Below the table, there is a section labeled "Описание параметра:" (Parameter description) which is currently empty. At the bottom of the window, there are three buttons: "Добавить" (Add), "Удалить" (Delete), and "Заккрыть" (Close).

2. Изменяем индексы значимости параметров при комплексной агроэкологической оценке нашей территории. Для этого: заходим в меню «Банки данных» и выбираем пункт «Индексы значимости параметров».

Перед Вами отображается таблица значимости по группам, в которой группы: А – общая продуктивность земель; В – условия обработки; С – пространственная однородность территории; D – требования к мелиорации; E – устойчивость к загрязнению; F – санитарно-экологическое состояние.

№	Параметр	Группа А	Группа В	Группа С	Группа D	Группа E	Группа F
1.	pH	0	0	1	0	0	0
2.	P подвижный	1	0	1	0	0	0
3.	K обменный	1	0	1	0	0	0
4.	N щелочно-гидролизуемый	1	0	1	0	0	0
5.	Mn подвижный	1	0	1	0	0	0
6.	Zn подвижный	1	0	1	0	0	0
7.	Cu подвижный	1	0	1	0	0	0
8.	Физическая глина	1	0	1	0	0	0
9.	Сумма агрегатов	0	1	1	0	0	0
10.	Плотность сложения	0	1	1	0	0	0
11.	Целлюлозолит. актив-ть	0	1	1	0	0	0
12.	Физический песок	0	1	1	0	0	0
13.	Каменность	0	1	1	0	0	0
14.	Обменные основания	0	1	1	0	0	0
15.	Гидролитич.кислотн.	0	0	1	1	0	0
16.	Na обменный	0	0	1	1	0	0

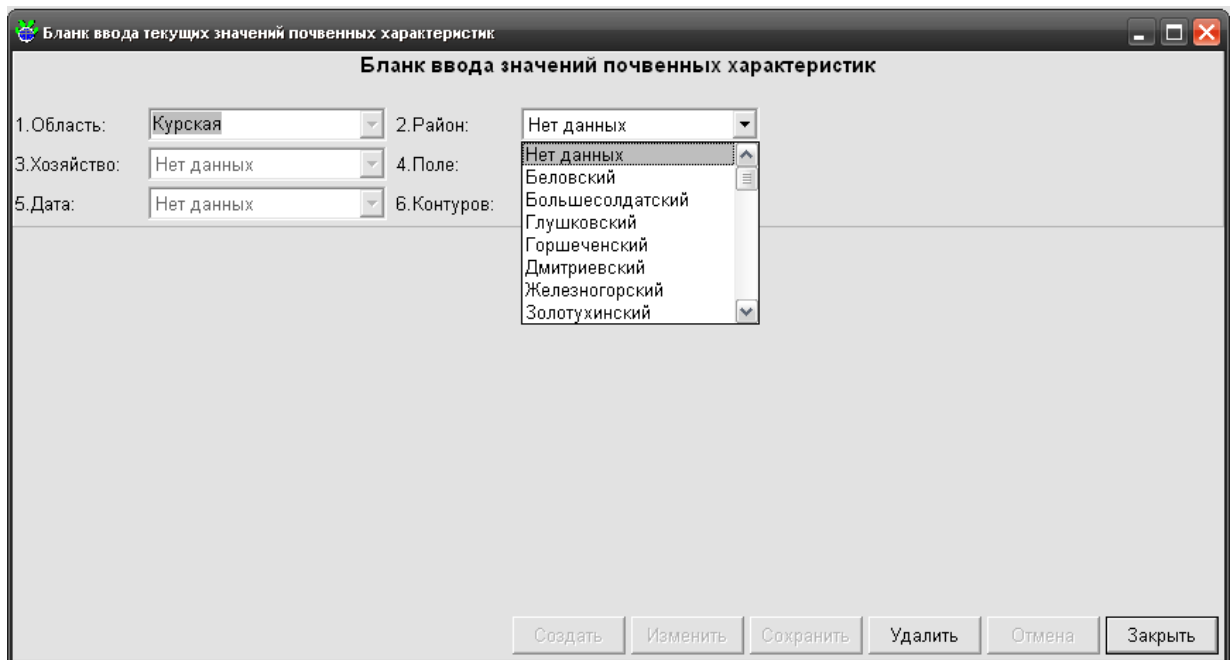
Группа А: 1
 Группа В: 1
 Группа С: 1
 Группа D: 1
 Группа E: 1
 Группа F: 1

Изменить Сохранить Закрыть

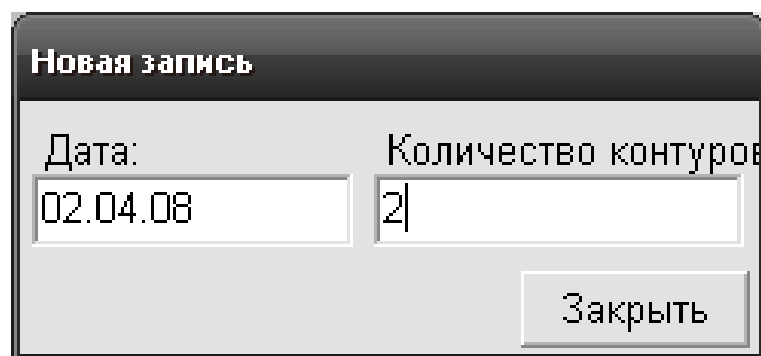
Галочками в нижней части таблицы отмечены группы, которые будут использоваться при оценке. Если какая-либо из групп не будет использоваться, необходимо снять галочку напротив ее наименования.

Для изменения таблицы значимости параметров необходимо нажать кнопку «Изменить». Параметр, используемый при оценке группы в ее столбце должен иметь вид «1», соответственно неиспользуемый – «0». По завершению коррекции таблицы необходимо нажать кнопку «Сохранить» для сохранения введенных изменений, после чего таблицу можно закрыть.

3. Приступаем к комплексной оценке текущей агроэкологической ситуации почвенного покрова. Для этого: заходим в меню «Банки данных» и выбираем пункт «Банк почвенных характеристик». В появившемся окне выбираем район исследования.



4. Создаем новый участок для оценки кнопкой «Создать», в графе «Количество контуров» указываем 2 контура из задания, по которым будет происходить расчет. Нажимаем кнопку «Заккрыть».



5. В открывшемся окне заполняем данные из задания по контурам оценки и общую характеристику участка. При отсутствии какого-либо показателя на его месте оставляем символ «-». Сохраняем набранные параметры кнопкой «Сохранить».

Бланк ввода текущих значений почвенных характеристик

1. Область: 2. Район:

3. Хозяйство: 4. Поле:

5. Дата: 6. Контуров: 2

7. Площадь участка: 9. Площадь средне эрод. почв:

8. Площадь слабо эрод. почв: 10. Площадь сильно эрод. почв:

№	Параметр:	Ед.изм.	Контур № 1	Контур № 2
	Площадь:	га	-	-
	Длина границ:	км	-	-
	Тип почвы:		-	-
1.	pH	ед.	-	-
2.	P подвижный	мг/кг	-	-

Создать Изменить Сохранить Удалить Отмена Закрыть

6. Не закрывая таблицы нажимаем на появившуюся в верхней панели программной оболочки кнопку «Расчет». Для начала процедуры оценки выберите один из контуров, Поле целиком рассчитывается только после оценки всех контуров по отдельности.

Система оценки

Файлы Банки данных Окна **Расчёт** Подсказка

Бланк ввода текущих значений почвенных характеристик

1. Область: 2. Район:

3. Хозяйство: 4. Поле:

5. Дата: 6. Контуров: 2

7. Площадь участка: 9. Площадь средне эрод. почв:

8. Площадь слабо эрод. почв: 10. Площадь сильно эрод. почв:

№	Параметр:	Ед.изм.	Контур № 1	Контур № 2
	Площадь:	га	70	80
	Длина границ:	км	8	4,2
	Тип почвы:		серые лесные супесчаные	серые лесные супесчаные
1.	pH	ед.	5,6	6,2
2.	P подвижный	мг/кг	84	263

Создать Изменить Сохранить Удалить Отмена Закрыть

7. В отобразившейся таблице «Анализ контура» отображается агроэкологическое состояние земель по почвенно-экологическому бонитету

(SAB) и лимитирующие параметры по группам факторов первого порядка. Порядок лимитирующих факторов указан в нижней части окна и изменяется при помощи стрелок справа от значения.

Для подготовки отчета по проделанной работе Вам необходимо зафиксировать в рукописном или электронном виде отображенную информацию по лимитирующим параметрам первой и второй очереди.

№	Параметр:	Название:	значение	буферность
A.	Продуктивность земли	средняя	0,640	
	лимитирующий	Zn подвижный	0,28	0,86
	неустойчивый	Si подвижный	0,57	0,65
B.	Условия обработки	совершенно плохие	0,000	
	лимитирующий	Обменные основания	0,00	0,71
	неустойчивый	Плотность сложения	0,39	0,00
D.	Требования к мелиорации	значительные	0,700	
	лимитирующий	Гумус	0,35	0,00
	неустойчивый	Гумус	0,35	0,00
E.	Устойчивость к загрязнению	отсутствует	0,000	
	лимитирующий	нет	-	-
	неустойчивый	нет	-	-
F.	Санитарно-экологическое состояние	относит. благополучное	0,930	
	лимитирующий	нет	-	-
	неустойчивый	Нитраты	0,93	0,76

8. После записи информации нажимаем кнопку «Оценки» для отображения результатов анализа текущего агроэкологического состояния земель в целом. ГИС самостоятельно находит основные проблемные агроэкологические ситуации и помечает их цветом. **Красное** подсвечивание данных означает критическое состояние параметра, **желтое** – напряженное, **зеленое** – оптимальное состояние.

Анализ поля - оценки параметров

Результаты анализа текущего агроэкологического состояния сельскохозяйственных земель выдела

Область: Курская Район: Львовский
 Хозяйство: Нива Поле: 2 (30)
 Число почвенных контуров N = 2
 Тип почвы 1-того контура -
 Тип почвы 2-того контура -
 Почвенно-экологический бонитет поля SAB = 0
 Агроэкологическое состояние земли - критическое

№	Параметр	Оценка	Буферность	Пространственная однородность
1.	pH	0,989	0,959	0,982
2.	P подвижный	0,966	0,885	0,928
3.	K обменный	0,962	0,871	0,930
4.	N щёлочно-гидролизуемый	0,349	0,840	0,368
5.	Mn подвижный	0,505	0,959	0,124
6.	Zn подвижный	0,242	0,870	0,923
7.	Сu подвижный	0,747	0,781	0,660
8.	Физическая глина	0,932	0,740	0,977
9.	Сумма агрегатов	0,986	0,895	1,000
10.	Плотность сложения	0,388	0,000	1,000

Оценки Закрыть

Для подготовки отчета необходимо зафиксировать подсвеченную цветом информацию с ее дальнейшим детальным анализом и выявлением возможных вариантов решения сложившейся ситуации, используя предыдущую таблицу анализа контура.

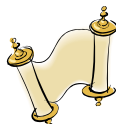
9. После фиксирования результатов по первому контуру необходимо провести оценку оставшихся контуров и закончить оценкой поля в целом.

10. Отчет по проделанной работе сдается в распечатанном (возможно электронном) виде с иллюстрациями из программы в качестве подтверждения проведенного исследования. Выводы и рекомендации должны содержать детальный анализ по основным проблемным и критическим агроэкологическим ситуациям с детальным анализом и группировкой лимитирующих параметров агроэкологического состояния почв и земель.

Перечень принятых в работе сокращений

АЛСЗ	– адаптивно-ландшафтные системы земледелия
АЭС	– агроэкосистемы
БД	– база данных
ГИС	– геоинформационные системы
ЕТР	– Европейская территория России
ИАМ	– информационно-аналитический модуль
ИСС	– информационно-справочная система
ЛИССОЗ	– локальная информационно-справочная система для оптимизации земледелия
НСБД	– нормативно-справочная база данных
ОДП	– основные диагностические показатели
ПП	– почвенный покров
ППК	– почвенный поглощающий комплекс
РАСКАЗ	– региональная автоматизированная система комплексной агро-экологической оценки почв и земель
СПП	– структура почвенного покрова
ЭПП	– элементарные процессы почвообразования
ЦЧЗ	– Центрально-Черноземная зона России
ЦЧР	– Центрально-Черноземный Регион России (синоним ЦЧЗ)

СОДЕРЖАНИЕ:



ПРЕДИСЛОВИЕ.....	1
ЧАСТЬ I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЗЕМЕЛЬ	2
МОДУЛЬ 1. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬ В РОССИИ	2
1.1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ.....	4
1.2. ПРОБЛЕМНЫЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИТУАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ	5
1.3. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	7
1.4. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РОССИИ	12
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ.....	16
МОДУЛЬ 2. АНТРОПОГЕННАЯ ДИНАМИКА ПОЧВ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ	17
2.1. АНТРОПОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧВЕННЫХ СВОЙСТВ	19
2.2. ОСНОВНЫЕ ЦИКЛЫ И ТРЕНДЫ АНТРОПОГЕННОЙ ДИНАМИКИ ПОЧВ	23
2.3. АНТРОПОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ И КАЧЕСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ	28
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ.....	32
МОДУЛЬ 3. ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ	34
3.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЗЕМЕЛЬ	36
3.2. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЕЛЬ К ДЕГРАДАЦИИ И ЗАГРЯЗНЕНИЮ	40
3.3. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА АНТРОПОГЕННОЙ ДИНАМИКИ ПОЧВ	45
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ.....	46
МОДУЛЬ 4. ОСНОВНЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ ПО КАЧЕСТВУ РЕЛЬЕФА, ПОРОД И МИКРОКЛИМАТА	48
ВВЕДЕНИЕ	51
4.1. ОСНОВНЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЛЬЕФА	51
4.2. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗНЫХ ПОРОД	62
4.3. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ	67
4.4. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ.....	70
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ.....	75
МОДУЛЬ 5. ОСНОВНЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОЧВ	77
ВВЕДЕНИЕ	79
5.1. ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ АГРОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ	79

5.2. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ГИДРОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ	86
5.3. ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ	89
5.4. ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ	96
5.5. ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОКУЛЬТУРИВАНИЯ ПОЧВ	97
5.6. ОЦЕНКА ЭРОДИРОВАННОСТИ ПОЧВ	101
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ	102
МОДУЛЬ 6. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННЫХ И ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ	104
ВВЕДЕНИЕ	106
6.1. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ	106
6.2. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ	110
6.3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЕГРАДАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ И ПОЧВ	115
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ	117
МОДУЛЬ 7. МЕТОДОЛОГИЯ РЕГИОНАЛЬНО АДАПТИРОВАННОЙ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ЗЕМЕЛЬ	118
ВВЕДЕНИЕ	120
7.1. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОЦЕНКИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ	120
7.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ	125
7.3. ЧАСТНАЯ ОЦЕНКА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ	127
7.4. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ	131
7.5. ОЦЕНКА ФИТОСАНИТАРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ	139
7.6. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ЗЕМЕЛЬ	142
7.7. РЕГИОНАЛЬНЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬ	146
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ	152
ЧАСТЬ II. ПРАКТИКУМ ПО РАБОТЕ С АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ	154
Модуль Л1. Первичный анализ агроэкологических данных в стандартном приложении EXCEL в целях нахождения лимитирующих факторов плодородия почв рабочего участка	155
Модуль Л2. Построение картосхем агроэкологического состояния почв с использованием геостатистической программы SURFER методом кригинга и определением лимитирующих факторов урожайности.	161
Модуль Л3. Комплексная оценка качества почв и земель с использованием программы «РАСКАЗ» и созданием базы данных исходных почвенных характеристик	169
Модуль Л4. Определение лимитирующих параметров агроэкологического качества почвенного покрова с использованием программы «РАСКАЗ»	173
ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ В РАБОТЕ СОКРАЩЕНИЙ	180