

## **ГЛАВА 12. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ И ВОЗМОЖНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМНЫХ ПОЧВЕННЫХ УСЛУГ В ЦЕЛЯХ ДОСТИЖЕНИЯ УГЛЕРОЖНОЙ НЕЙТРАЛЬНОСТИ**

### **12.1. Агроэкологическая оценка пойменных залежных земель при их переводе в пахотные площади (Бузылёв А.В., Васенев И.И., Тихонова М.В.)**

По данным Росреестра на 2020 год в России насчитывается 381 673 тыс. га земель сельскохозяйственного назначения, из них 4 930,4 тыс. га считаются залежными [37] и потенциально пригодными к сельскохозяйственному использованию. Свыше половины этих земель при возвращении в структуру активного землепользования сельхозтоваропроизводителей требует проведение предварительных мелиоративных мероприятий. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, принятая в 2012 году, подразумевает в качестве одного из стратегических приоритетов развития сельского хозяйства Российской Федерации поднятие 100% залежных земель [109].

Стратегические приоритеты Госпрограммы актуализированы в Постановлении Правительства РФ от 14.05.2021 г. №731 «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации», в котором уточнена текущая площадь залежных земель – 5,1% общей площади земель сельскохозяйственного назначения и конкретизированы задачи их вовлечения в активный оборот с предотвращением деградационных процессов, из-за которых постепенно теряется агроэкологическое качество земель и их пригодность для сельского хозяйства [188].

Вовлечение в структуры севооборотов хозяйств залежных земель необходимо начинать с их комплексной агроэкологической оценки, учитывая как показатели их потенциальной пригодности и группировки для более

точного планирования наилучшего возможного использования, так и индикаторы произошедших за время залежи процессов трансформации почвенного покрова. Автоматизированные системы поддержки принятия решений (СППР) обладают широким набором базовых вариантов наилучших доступных агротехнологий, предлагаемых на основе проведения сопоставимой количественной оценки разных агроэкологических сервисов, функций и общего агроэкологического качества почв. Они имеют удобный для пользователя интерфейс и адресуются широкому кругу инновационно ориентированных сельхозтоваропроизводителей и землепользователей.

Информационная основа системной оценки агроэкологических сервисов в большинстве СППР, как правило, состоит из четырёх информационных блоков:

1. Оперативно корректируемые агроэкологические требования сортов районированных сельскохозяйственных культур;

2. Набор агроэкологических методических рекомендаций и нормативных материалов по анализу потенциального воздействия лимитирующих факторов на сезонную динамику продукционного процесс и/или итоговую урожайность;

3. Регионально адаптированные агротехнологии и районированные технологические карты на основные сельскохозяйственные культуры с учетом наиболее распространенных и рекомендуемых севооборотов – с указанием обязательных и вариативных технологических операций;

4. Актуальные базы данных цен на готовую продукцию и стоимости реализации ключевых элементов агротехнологий.

Возможности моделирования результатов технологических процессов и сельскохозяйственных операций дополняются функциями поискового и нормативного прогнозирования продукционных результатов практического использования обрабатываемых земель с детальными экономическими расчётами их эффективности.

Добавление инновационных модулей расчета удельного и валового углеродного следа продукции позволит количественно оценить текущий и

планируемый порог карбоновой нейтральности территории, на которой используются предлагаемые СППР наилучшие доступные агротехнологии. Это создает предпосылки для постепенного снижения антропогенного воздействия на локальные агроэкосистемы, региональные и глобальную экосистему, и, соответственно, повышения экологического качества товарной продукции сельского хозяйства. Более того, с введением в практику биржевой деятельности России оборота углеродных единиц, это позволяет получать дополнительное рыночное финансирование на применение современных почво- и углерод-сберегающих агротехнологий – после прохождения процедуры их валидации.

В рамках агроэкологических исследований НЦМУ «Агротехнологии будущего», направление «Исследование и разработка новых самообучающихся интеллектуальных СППР агроэкологической оптимизации адаптивных систем земледелия» разрабатывается инновационный блок автоматизированной оценки агроэкологического качества переувлажнённых и антропогенно нарушенных залежных земель, базирующийся на модернизированной версии программы РАСКАЗ (2005). Рамочная система автоматизированной оценки, обладающая возможностью выявления и количественного анализа базовых требований к необходимости проведения мелиоративных мероприятий оцениваемой территории, насыщается дополнительными специализированными параметрами и шкалами оценок.

Базовая версия системы РАСКАЗ (рисунок 12.1) позволяет проводить комплексные агроэкологические оценки по тридцати пяти параметрам качества, объединённым в шесть оценочных групп: общая продуктивность земель, условия обработки почвы, требования к мелиорации, устойчивость почв к загрязнению, общее санитарно-экологическое состояние почвенного покрова и пространственная однородность анализируемой территории.

Помимо оценки общей продуктивности земель с расчётом бонитировочной оценки в баллах (SAB) программа позволяет оценивать устойчивость почв к загрязнению, их санитарно-экологическое состояние и

агроэкологическую пространственную однородность анализируемой территории. За мелиоративную часть отвечают блоки оценки условий обработки и собственно блок анализа требований к мелиорации.

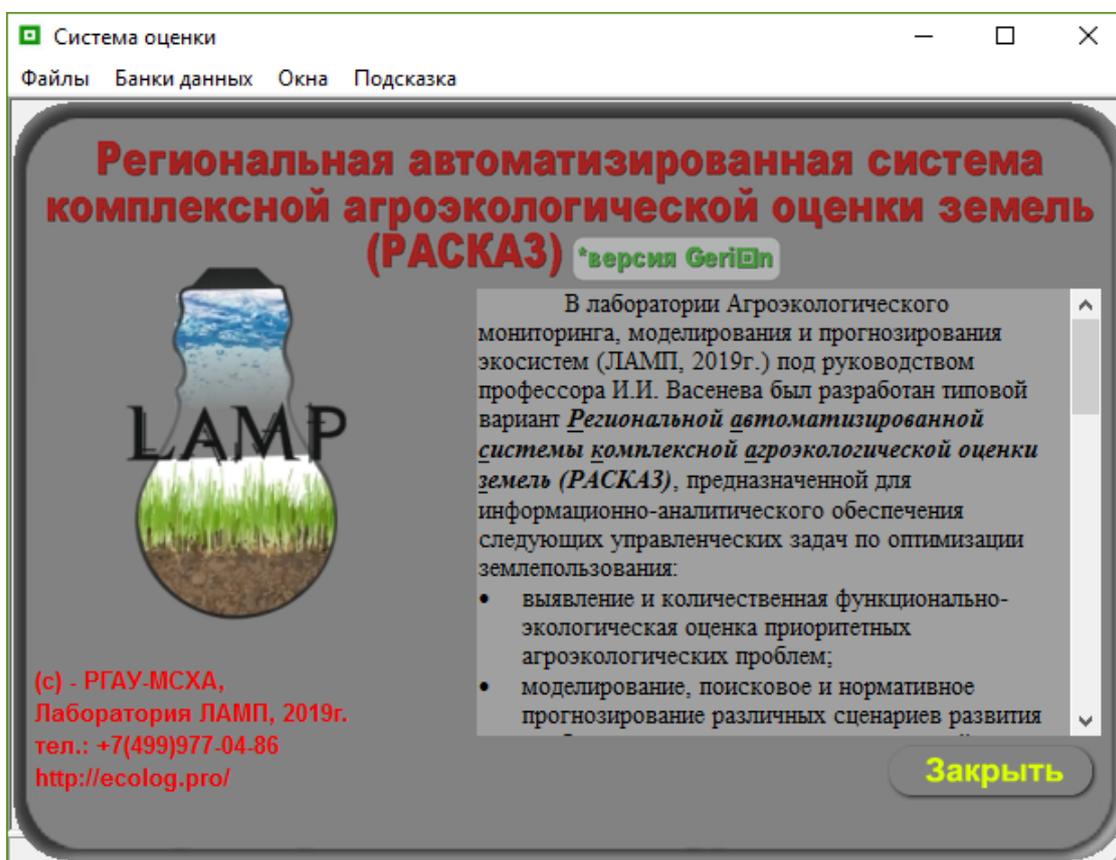


Рисунок 12.1 – Региональная система комплексной агроэкологической оценки земель

Заложенное на этапе разработки программы логическое разделение на водную (условия обработки и обеспечения растений продуктивной влагой) и химическую (требования к мелиоративной нормализации почвенных режимов) мелиорацию позволяет гибко настраивать параметры учёта необходимости применения мелиоративных мероприятий основных типов почв и почвогрунтов различных климатических зон как территории Российской Федерации, так и в других странах [8, 12, 66].

Рамочная (Framework) конфигурация системы РАСКАЗ позволяет оперативно добавлять или исключать активные параметры оценки в зависимости как от целей проведения расчётов, так и с точки зрения

экономической целесообразности проведения тех или иных анализов на полевом и лабораторном этапах проведения оценочных работ.

В 2021 году в рамках реализации Российско-Итальянского проекта «Интеграция IoT датчиков и алгоритмов искусственного интеллекта для точного климатически сбалансированного сельского хозяйства и систем поддержки принятия решений» на территории АО «Башмаковский хлеб» Башмаковского района Пензенской области были развёрнуты мониторинговые исследования по контролю агроэкологических параметров и потоков парниковых газов при введении в оборот пойменных гидроморфных залежных земель.

В качестве объекта исследования используется пойменные 25-летние залежные земли, площадью 40 га (рисунок 12.2) с характерной для региона луговой травянистой растительностью с редкими включениями кустарников Ивы Ломкой (*Salix fragilis* L.) на гидроморфных лугово-чернозёмных гумусных тяжелосуглинистых почвах [131]. Участок исследования располагается в заливном до 90-х годов устье рек Орьев и Пизяевка на выположенном участке с абсолютной отметкой высот  $139 \pm 1$  м.

На этапе рекогносцировочной оценки территории, запланированной под распашку, стала очевидной необходимость проведения осушительных мелиоративных работ с предварительным агроэкологическим анализом земель мелиорируемых ландшафтов.



*Рисунок 12.2 – Космический снимок объекта исследования (Marbox 2021): источник SAS.Планета, Maxar WorldView, разрешение: 1.24метра, дата снимка июнь 2021*

Анализ космических снимков территории исследования, полученных с применением программы «SAS•Планета», позволил выявить осолонцованные (выделено желтым) и заболоченные (выделено оранжевым) участки модельного объекта, требующие первостепенного внимания и детальной оценки водно-почвенных условий.

Непосредственно на объекте исследования был проведён почвенный пробоотбор по 100-метровой регулярной сети опробывания с определением сопротивления верхнего горизонта почвы 0-20 см пенетрометром Eijkelkamp и отбивкой высотных отметок с применением системы DGPS – GNSS Stonex.

В лаборатории ЛАМП по ГОСТированным методикам были определены основные агроэкологические параметры качества почв, включая содержание щёлочно-гидролизуемого и нитратного азота, обменных форм калия, подвижной формы фосфора, гумуса, серы, суммы поглощённых оснований, водную и солевую реакцию среды, глубину залегания карбонатного горизонта, а также температуру, влажность и плотность почвы.

Проведённые анализы позволили классифицировать плодородие почвенного покрова залежных земель на начальном этапе проведения землеустроительных работ. Согласно принятой классификации [131] содержание гидролизуемого азота в горизонте 0-20 см (186 мг/кг) оценивается как повышенное, содержание подвижного фосфора (168 мг/кг) высокое, содержание обменного калия (141 мг/кг) высокое, солевая реакция среды (рН 5,45) слабокислая, сумма поглощённых оснований (18,4 мг-экв/100гр) – повышенная, нитрифицирующая способность (12 мг/кг) средняя, содержание гумуса (9,8%) – высокое, содержание серы (14,2 мг/кг) – высокое.

Первоначальные расчёты с применением районированной версии РАСКАЗ на основе разработанной ранее базы данных «Агроэкологических характеристик модельных полей Пензенской области» [131] показали удовлетворительное состояние земель выдела с почвенно-экологическим бонитетом (SAB) 58 баллов. По однородности распределения питательных элементов почвы оцениваются как однородные при общей высокой продуктивности с выделением неустойчивого параметра – калий обменный (рисунок 12.3).

Устойчивость почв к загрязнению оценивается как высокая с выделенным неустойчивым показателем – плотность сложения, что, по нашему мнению, является закономерным в связи с восстановившимися за десятилетия залежности естественными процессами буферности пойменной экосистемы. Общее санитарно-экологическое состояние территории оценивается как относительно благополучное с также закономерным лимитированием восстановившейся на обследуемом участке естественной луговой

растительностью, являющейся сорной с точки зрения агроэкосистем. Не выявлено значимого остаточного количества пестицидов и тяжёлых металлов в усреднённом образце с горизонта 0-20 см. Валовое содержание свинца составило 13,1 мг/кг, кадмия – 0,3 мг/кг, мышьяка – 2,2 мг/кг, ртуть – не обнаружена. Выявленная концентрация тяжёлых металлов находится на уровне фоновых значений анализируемой территории.

Анализ поля				
Результаты анализа текущего агроэкологического состояния сельскохозяйственных земель выдела				
Область: Приволжский Федеральный Округ		Район: Пензенская		
Хозяйство: Башмаковский		Поле: Башмаковский хлеб		
Число точек пробоотбора N = 1				
Тип почвы 1-й точки пробоотбора - черноземы				
Почвенно-экологический бонитет поля SAB = 58				
Агроэкологическое состояние земли - удовлетворительное				
№	Параметр:	Название:	значение	буферность
A.	Продуктивность земли	высокая	0,990	
	лимитирующий	нет	-	-
	неустойчивый	К обменный	0,91	0,79
B.	Условия обработки	хорошие	0,800	
	лимитирующий	Физическая глина	0,45	1,00
	неустойчивый	Засорённость	0,67	0,20
C.	Пространственная однородность	однородные	1,000	
	лимитирующий	нет	-	
D.	Требования к мелиорации	не требуется	0,990	
	лимитирующий	нет	-	-
	неустойчивый	нет	-	-
E.	Устойчивость к загрязнению	высокая	0,980	
	лимитирующий	нет	-	-
	неустойчивый	Плотность сложения	0,84	0,54
F.	Санитарно-экологическое состояние	относит. благополучное	0,920	
	лимитирующий	Засорённость	0,67	0,20
	неустойчивый	Засорённость	0,67	0,20

Рисунок 12.3 – Результат комплексной агроэкологической оценки РАСКАЗ

Анализ общих условий обработки рассматриваемого объекта показал значительное лимитирование физической глины, связанной с гидроморфными процессами и наличие корнеотпрысковых сорных растений, непосредственно влияющих на выбор технологических операций и общую сложность обработки

почвы. При этом система факторной агроэкологической оценки выделила общие условия обработки как «хорошие».

Анализ необходимости проведения мелиоративных мероприятий всего рабочего участка показал, что его комплексная мелиорация не требуется. Лимитирующие и неустойчивые параметры в целом по объекту не выявлены. С учётом этапа рекогносцировочных исследований принято решение о необходимости углубленного изучения выявленных на космических снимках ареалов проблемных осолонцеванных и заболоченных земель – без усреднения параметров по общей площади участка для разработки точечных мелиоративных мероприятий или исключения части территории из структуры севооборотов.

Результаты рекогносцировочного исследования показали общую удовлетворительную оценку анализируемого участка, с выявлением и локализацией проблемных агроэкологических ситуаций и количественной оценкой лимитирующих параметров. К основным лимитирующим параметрам отнесены низкий уровень окультуренности почвенного покрова и признаки гидроморфизма, с оглеением верхнего обследованного горизонта и выраженным переуплотнением на фоне повышенного содержания физической глины. Развитые деградационные процессы не выявлены.

Поднятие залежи на обследованной территории можно считать рациональным, учитывая большой запас органического углерода и питательных элементов, необходимых для устойчивого получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур при условии применения экологически обоснованных технологических операций – с учётом непосредственной близости поверхностных водных объектов.

Экспертная оценка полученных результатов агроэкологического анализа территории показала необходимость анализа дополнительных параметров, значительно корректирующих общее качество блоков мелиоративной оценки. В том числе на первом этапе модернизации программного обеспечения принято решение добавить факторы: «глубина залегания водоносного горизонта»,

«глубина залегания карбонатного горизонта», «влажность почвы», «эмиссия  $\text{CH}_4$ », «эмиссия  $\text{N}_2\text{O}$ », «эмиссия  $\text{CO}_2$ », «кустарник» в штуках на  $\text{m}^2$  или площади проективного покрытия в % и «% корнеотпрысковых» от общего количества параметра «засорённость».

Введённые параметры оценки позволят проводить как целевой анализ переувлажнённых участков, так и комплексные расчёты агроэкологического качества пойменных территорий на предмет необходимости и целесообразности разработки мелиоративных мероприятий, а также возможности введения или необходимости вычленения территорий из структур севооборота хозяйств.

## **12.2. Биоуголь – как способ достижения углеродной нейтральности и повышения агроэкологического качества почвенного покрова** **(Жигалева Я. С., Серегин И.А., Степанов А.В.)**

Одной из наиболее актуальных задач, которые в настоящее время стоят перед всем международным сообществом, это противодействие изменениям климата, сохранение и восстановление плодородных земель, которые будут способны обеспечивать продовольствием возрастающее население планеты. Органическое сельское хозяйство, новые технологии возделывания культур, современные методики применения удобрений и мелиорантов позволят получать большую урожайность и лучшее качество продукции, при этом необходимо учитывать современную тенденцию мирового масштаба, направленную на климатическую повестку и сокращение поступления углекислого газа в атмосферу, а также приведение любой деятельности, включая сельскохозяйственное производство к углеродной нейтральности то есть достижению минимизирования выбросов углекислого газа до нуля.

Биоуголь, биочар или *biochar* – это уголь, получаемый при сжигании в специальных пиролизных установках-печах, при высоких температурах, без