

УДК 004.5; 631.173:54

*Е.В. Понькина, С.А. Жданов***Разработка ГИС-модуля анализа состояния и динамики почвенного покрова земель сельскохозяйственного назначения***

Актуальность. Информация о качественном состоянии земель используется при принятии решений как на уровне отдельного сельхозпредприятия для оценки потребностей в удобрениях и организации системы земледелия, так и на уровне административного района или региона в целом для анализа степени деградации земель, разработки мероприятий, обеспечивающих воспроизводство почвенного плодородия, прогнозирования урожайности. Круг задач, решаемых на базе данной информации, обширен. Поскольку информация, используемая для анализа качества земельных ресурсов, имеет пространственно распределенный характер, при разработке технологий хранения, обработки, ввода и вывода такой информации необходимо опираться на геоинформационные технологии (ГИС-технологии). Существующие решения в данной сфере в основном представляют программные оболочки для ввода и обработки информации, получения электронных тематических карт и не позволяют в полной мере использовать возможности картографического анализа качества почвенного покрова, специализированных ГИС-функций [1–4]. В данном направлении актуальным является разработка инструментария, обеспечивающего не только ввод информации, но и расчет всевозможных вспомогательных показателей, характеризующих динамику изменения почвенного покрова по отдельным полям, землепользователям и району в целом, отображение изменений в картографическом виде, построение рейтинговых оценок, отражающих уровень воспроизводства почвенного плодородия. Авторами в данном направлении получены некоторые результаты, которые представлены в статье.

Разработанный ГИС-модуль может с успехом использоваться и на уровне отдельного сельхозпредприятия или административного района в целом, при этом учитывается условие динамичности границ землепользования. В целом разработанная ГИС-технология легко интегрируется в систему административного контроля состояния земель сельскохозяйственного назначения, исполнения рекомендаций системы земледелия.

При разработке модуля учитывались следующие требования:

во-первых, поддержка ввода разновременных данных;

во-вторых, обеспечение унификации объектов и их автоматическая идентификация;

в-третьих, ввод и обновление данных частично автоматизирован;

в-четвертых, необходимые расчеты выполняются по запросу пользователя.

Предметная область. Основными задачами агрохимического анализа почв земель сельскохозяйственного назначения являются:

1) оценка степени обеспеченности культур основными питательными веществами;

2) расчет доз удобрений на запланированную прибавку урожайности;

3) оценка действительно возможной урожайности сельскохозяйственных культур;

4) оценка степени загрязнения почв тяжелыми металлами, радионуклидами;

5) оценка степени деградации земель;

6) рейтинговая оценка уровня почвенного плодородия земель сельскохозяйственного назначения и его динамики.

Качественная характеристика почв конкретного земельного участка включает следующие показатели:

а) наличие питательных веществ (микро- и макроэлементов);

б) степень подверженности почвы влиянию деградационных процессов (водная и ветровая эрозия, уровень кислотно-щелочного баланса, степень засоленности и пр.);

в) степень загрязнения тяжелыми металлами и радионуклидами;

г) информация об агротехнологиях возделывания сельскохозяйственных культур (севооборот, бонитет почвы, нормативы внесения удобрений по каждому полю для получения прироста урожайности);

д) информация о почвенных разностях.

Элементарным объектом при сборе информации о качестве почв является почвенная проба, полученная в конкретной точке земельного

* Результат получен при финансовой поддержке гранта Президента РФ МК-3827.2005.9



Рис. 1. Обобщение информации в процессе анализа состояния почв

участка. Агрохимический анализ состояния почв проводится по категориям земель. На землях сельхозназначения ключевым объектом исследования является поле, разделенное на элементарные участки. Площадь одного элементарного участка составляет 20–40 га. По каждому элементарному участку выбираются равномерно 40 точечных проб. Обобщение агрохимической информации осуществляется по следующим уровням:

- точечная проба (исходные данные наблюдения);
- элементарный участок;
- поле/земельный участок;
- земли сельхозназначения по категориям (интервальные и точечные оценки);
- земли конкретного землепользователя;
- земли района.

В настоящее время значение определенного показателя на уровне элементарного участка усредняется по набору точечных проб. Затем на уровне поля выполняется расчет среднего взвешенного по площади элементарных участков значения искомого показателя. При использовании современного оборудования возможно получение географических координат взятия почвенных проб и последующее их нанесение на карту. В дальнейшем при помощи соответствующей процедуры (например, модуля Spatial Analyst – Create Contours...) выполняется расчет изолинейного слоя ареалов изменения свойств почвенного покрова исследуемой территории. На основе данных площадей каждой из зон, характеризующей содержание питательных веществ в почве,

рассчитывается средневзвешенное значение данного показателя (рис. 1). Для анализа уровня плодородия почв используются ранговые шкалы, бонитетные баллы, расчетные ранги плодородия земель. На уровне сельхозпредприятия и района в целом определяется структура земель по ранговым оценкам обеспеченности почв элементами питания и их состоянию.

Исходя из приведенных особенностей задач и уровня обобщения информации, сформулируем концепцию ГИС-технологии проведения агрохимических исследований и анализа качества почв земель сельхозназначения. Базовая структура технологии приведена на рисунке 2.

Сбор данных. Информационное обеспечение технологии агрохимического исследования составляют данные ДДЗ, данные наземных наблюдений, топографические и почвенные карты, карта внутривладельческого землепользования и пр. В качестве исходного картографического материала необходимо использовать карты крупного масштаба (например, 1: 25000 или 1:10000), имеющие границы полей. Для корректировки исходного картографического материала используются космические изображения высокого разрешения. Использование космических изображений позволяет решить ряд задач диагностики состояния почвенного покрова: например, выявить зоны подверженности деградиционным процессам (водная эрозия, дефляция, засоление, переувлажненность, заболоченность); скорректировать границы полей с учетом текущих изменений ландшафта. Исходя из того, что границы землепользования и границы полей со

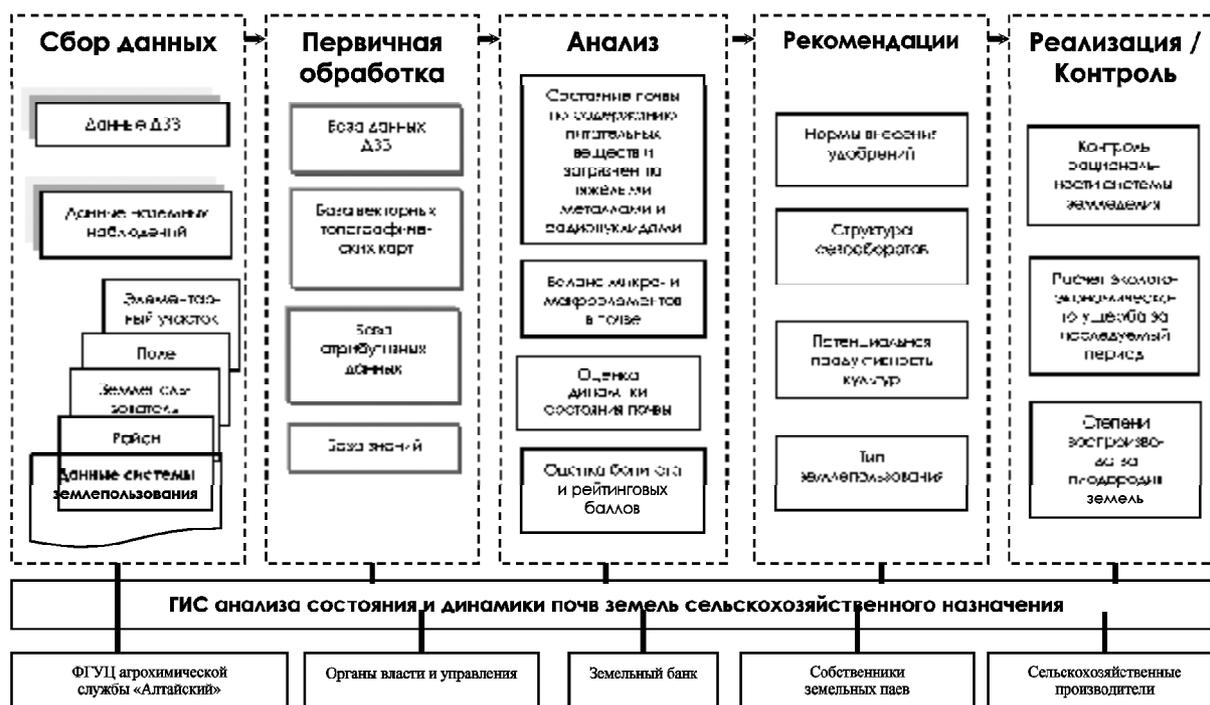


Рис. 2. Структура ГИС-технологии агрохимического исследования

временем изменяются, предложено использовать полную векторную картографическую основу, на базе которой можно формировать участки обследования. Совокупность информации, используемой для анализа состояния земель, можно условно разбить на следующие группы:

- √ нормативная информация (бонитировочные шкалы, ранговые таблицы и пр.);
- √ общая информация об участке (год, район, землепользователь, севооборот, тип землепользования, почва, вид деградации земель, степень деградации земель и пр.);
- √ содержание питательных веществ в почве (микро- и макроэлементов);
- √ степень загрязнения почв тяжелыми металлами и радионуклидами;
- √ информация системы землепользования (границы землепользования, севообороты, возделываемые культуры).

Первичная обработка данных. На данном этапе реализуются операции ввода, хранения, архивирования и пр. База атрибутивных данных содержит данные, организованные по уровням элементарный участок, поле, предприятие, район. База знаний необходима для выполнения задач классификации объектов исследования, решения задач районирования и обработки многомерных данных.

Анализ. На основе собранной агрохимической информации выполняются процедуры анализа

состояния почвенного покрова, расчет баланса питательных веществ и пр.

Рекомендации. В результате полученной информации формируются рекомендации по нормам внесения удобрений, структуре севооборотов, оценке потенциальной продуктивности, типу землепользования (ввод или вывод земель из производства товарных культур).

Реализация и контроль. Использование такого информационного обеспечения позволит реализовать функции контроля рациональности системы земледелия, оценить нанесенный экономический и экологический ущерб в ходе нерациональной хозяйственной деятельности, контроля степени воспроизводства плодородия земель хозяйствующим субъектом. Задачи контроля рационального землепользования на сегодня становятся все более актуальными. Это связано, прежде всего, с развитием рынка аренды земель сельхозназначения и с формированием системы ипотечного кредитования сельхозпроизводителей.

Вариант реализации. Разработан специализированный программный модуль, расширяющий стандартные возможности программного пакета ArcView, обладающий следующими функциями:

- √ ведение системы справочников (бонитировочные и ранговые шкалы, справочник землепользователей, почвенных разностей и пр.);

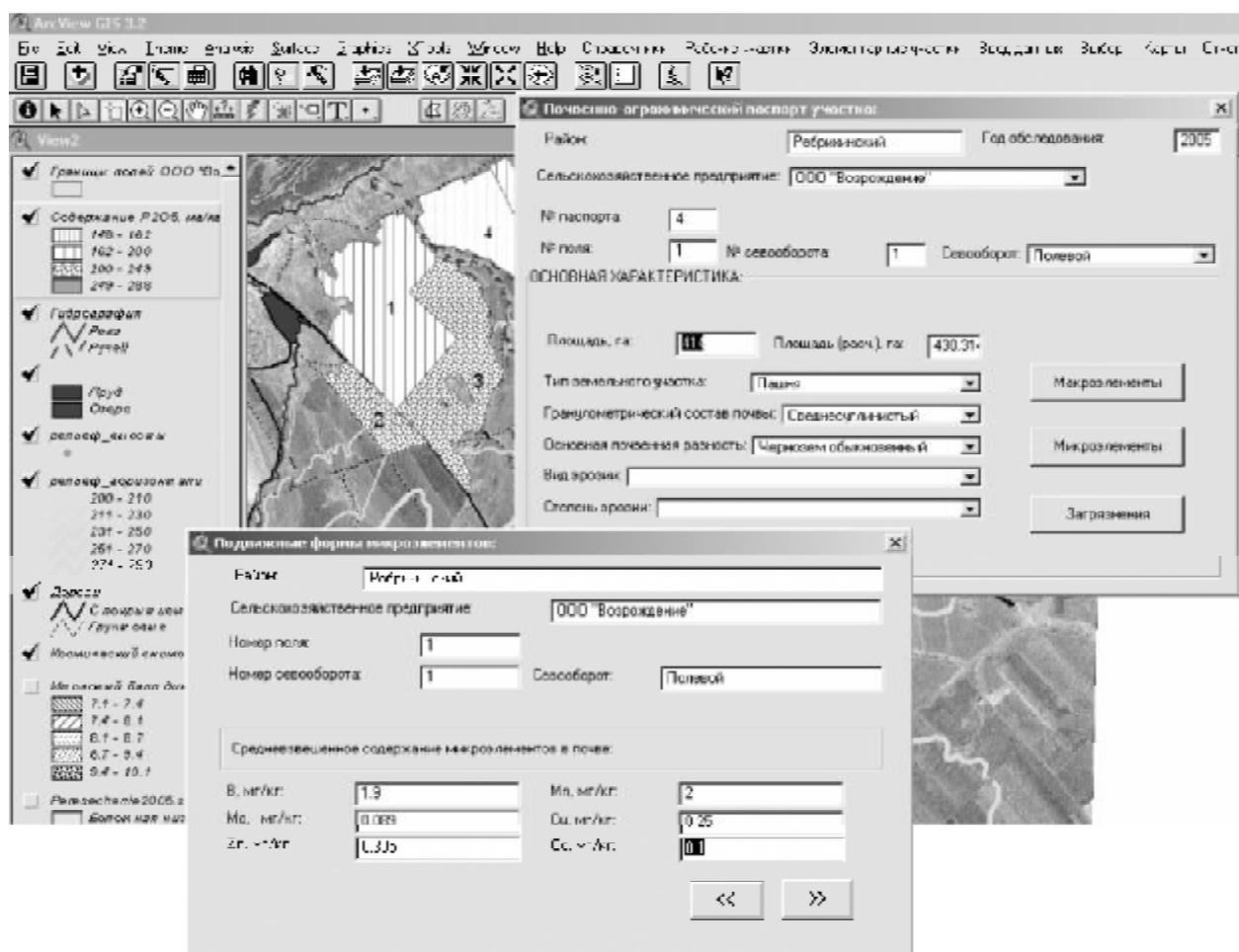


Рис. 3. Ввод данных агрохимического паспорта поля

✓ картографирование обследуемых земельных участков с использованием принципа выделения элементарных участков (используются функции объединения, рассечения, копирования с учетом пересчета данных атрибутивных таблиц);

✓ ведение базы агрохимических данных по элементарным участкам с дальнейшим пересчетом значений необходимых показателей как средневзвешенных для более крупной области, вычисление показателей, отражающих динамику состояния почв по разным критериям;

✓ автоматизированное оформление тематических электронных карт как по отображаемым на дисплее участкам, так и по выборке с заданным условием (землепользователь, тип землепользования, севооборот и пр.);

✓ оформление отчетов по участку обследования и в целом по землепользователю или району (агрохимический паспорт полей, отчет о состоянии земель по землепользователю и району в целом).

В качестве объекта реализации «пилотного» проекта и тестирования системы рассмотрены земли сельхозназначения ООО «Возрождение» Ребрихинского района Алтайского края, для которого были изготовлены следующие векторные крупномасштабные карты:

- 1) топографическая карта;
- 2) карта границ землепользования;
- 3) карта внутрихозяйственного землеустройства;
- 4) почвенная карта;
- 5) набор агрохимических карт по результатам обследования на 1989, 1995, 2002 и 2005 гг.

Для ввода исходных данных по элементарным участкам и полям хозяйства разработан набор форм. Так, на рисунке 3 изображен пример ввода данных агрохимического паспорта поля. Также используются функции одновременного ввода данных по набору полей. На основе данных агрохимических паспортов поля за период 1989, 1995, 2002 и 2005 гг. выполнен анализ степени развития негативных процессов в почвах данного хозяйства.

Баланс питательных веществ и гумуса по полям хозяйства

Номер поля	Баланс P ₂ O ₅ , мг/кг				Баланс K ₂ O, мг/кг				Изменение Ph				Баланс гумуса, %				Итоговый балл поля
	1989–1995 гг.	1995–2002 гг.	2002–2005 гг.	Средний балл	1989–1995 гг.	1995–2002 гг.	2002–2005 гг.	Средний балл	1989–1995 гг.	1995–2002 гг.	2002–2005 гг.	Средний балл	1989–1995 гг.	1995–2002 гг.	2002–2005 гг.	Средний балл	
1	-28	36	22	7	-140	196	-22	8	-0,5	0,4	0,4	7	-0,1	0,3	0,1	7	7,3
2	-10	-19	116	7	1	-10	181	8	-0,5	0	0,6	8	-0,2	0,6	-2,5	11	8,5
3	-40	8	64	8	-77	66	162	8	-0,4	-0,2	0,7	8	1,4	-0,8	-1,3	7	7,8
4	-48	40	18	8	-26	194	-118	8	0,1	0,2	0	7	0,3	-0,1	-1,3	9	7,8
5	-76	43	45	7	-4	86	32	7	0,5	-0,5	0,6	6	-0,8	-0,8	-1,3	13	8,4
6	9	40	1	6	36	382	-446	7	-0,1	0,5	-0,1	7	0,4	-0,5	-1,8	11	7,9
7	-52	7	97	9	123	90	-123	7	-0,5	0,1	0,1	10	1,2	-0,8	-0,8	7	8,7
8	-37	30	5	9	7	16	-7	8	-0,1	-0,6	0	12	2,4	-1,7	-1,6	10	10,1
9	-192	38	98	8	-101	169	36	7	0,3	-0,1	0,2	7	0,6	0,2	-1,3	7	7,4
10	-24	17	-9	10	-199	169	98	8	0,4	-0,5	0,4	7	0,5	0,1	0,6	6	7,8
11	-113	8	28	11	14	203	-69	5	0,5	0,2	-0,5	7	1,1	-0,5	0,2	6	8,1
12	12	-56	-16	11	-64	69	-189	12	-0,3	0,5	-0,4	9	1,2	-0,9	-0,8	8	9,4
13	-194	26	-5	13	-147	41	-175	13	-0,1	-0,4	0,4	8	0,4	0,5	-2,3	9	10,1
14	-93	57	61	7	-175	153	-75	11	0	0,2	-0,3	8	0,3	0,3	0,3	7	7,3
15	25	22	-22	9	50	-24	-75	10	0,4	-0,2	-0,6	10	0,6	-0,8	0	8	9,0
16	-57	78	64	5	65	16	-31	8	-0,5	1	-0,6	10	3,9	-3,9	0,8	6	7,1

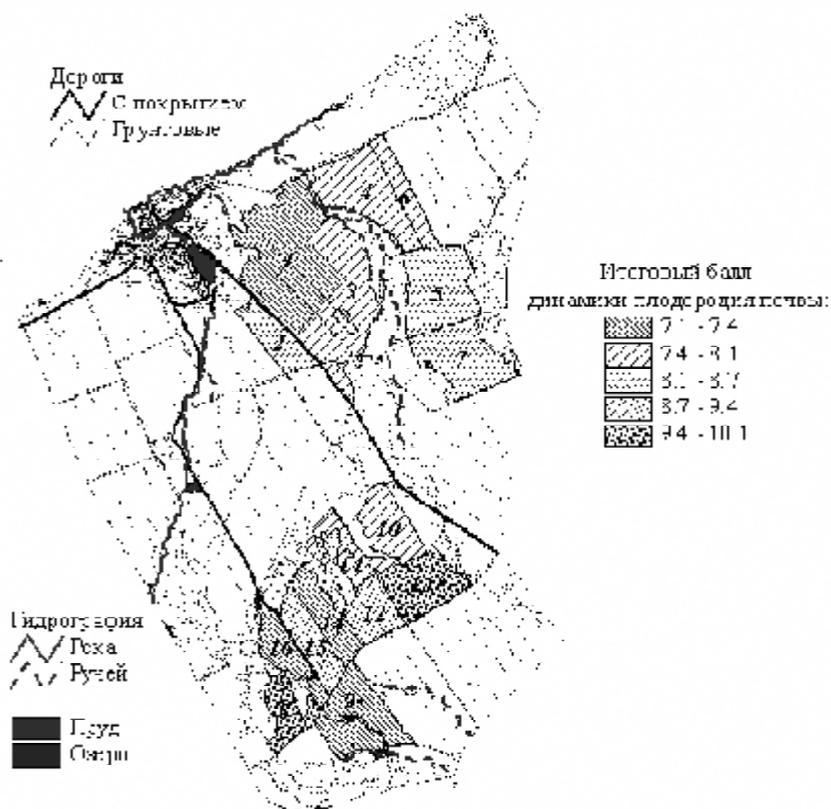


Рис. 4. Итоговая оценка динамики плодородия почв ООО «Возрождение»

Результаты расчета баланса питательных веществ, изменение кислотно-щелочного баланса и гумуса в почве приведены в таблице.

Средний балл поля рассчитывается путем усреднения частных рангов, определенных на каждый временной период. Итоговый балл поля вычислен как среднее взвешенное значение средних баллов по всем показателям. Поскольку почвы данного хозяйства в избытке обеспечены калием, то значимость ранга по калию положена равной нулю. В графическом виде итоговая оценка степени воспроизводства плодородия почв приведена на рисунке 4. Анализ динамики качественной характеристики почв показал, что наиболее интенсивная деградация земель наблюдается на полях №8, 12, 13 и 15, на которых за предшествующие 16 лет значительные ухудшения произошли на поле №8 (по показателям pH и содержанию гумуса), на полях №12 и 13 (обеспеченность фосфором и калием), на поле №15 (обеспеченность калием и pH). Анализ почвенных разностей по этим полям показал, что на поле №8, 12, 13 и 15 преобладающим является чернозем выщелоченный (73, 83, 74 и 93% соответственно от общей площади).

Наиболее благоприятной динамикой почвенного покрова характеризуются поля №1, 9, 14 и 16, на которых наблюдается положительный баланс основных элементов питания растений за период 1989–2005 гг. В целом оценить динамику плодородия почв как расширенную ни по одному полю нельзя, поэтому в качестве рекомендаций повышения эффективности системы земледелия в хозяйстве предлагается усилить систему минерального питания растений, уточнить экономически целесообразную форму полей (оптимальную для обработки сельхозтехникой) по полям №1 и 11.

Динамика изменения качественной характеристики полей и их элементарных участков отражает уровень использования земельных ресурсов и является индикатором качества использования земли, рациональности системы земледелия, культуры земледелия, которая может быть использована при кадастровой оценке земель, распределении средств государственной поддержки сельхозтоваропроизводителей или, наоборот, наложении ответственности за бесхозяйственное отношение к земельным ресурсам.

Литература

1. Черкашин А.К. Геоинформационная система управления территорией / А.К. Черкашин, А.Д. Китов, И.В. Бычков и др. – Иркутск, 2002.
2. ГИС сельскохозяйственных и земельных ресурсов Бангладеш. Все о ГИС. Дата+ // http://www.dataplus.ru/win/all_gis/14_AGRI/bangladesh.html
3. Макаренко Е.Л. Опыт создания электронных карт оценки почвенных ресурсов для целей сельско-

го хозяйства // Картография XXI века: теория, методы, практика: Доклады II Всероссийской научной конференции по картографии. Москва, 2–5 октября 2001 г. – М., 2001.

4. Меттернихт Г. Картирование и анализ опасности засоления почв с помощью ГИС и технологии обработки данных дистанционного зондирования. Все о ГИС. Дата+ / Г. Меттернихт, С. Гонзалес // http://www.dataplus.ru/win/All_Gis/14_AGRI/Kartir.htm