



Научная статья
УДК 631.4.003.12(470.630)
doi: 10.55186/25876740_2025_68_1_31

РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ И ИНТЕРАКТИВНОГО АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПАСПОРТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕГИОНАЛЬНОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

В.Ю. Малочкин^{1,2}, А.В. Лошаков¹

¹Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

²Агроконсалтинг, Ставрополь, Россия

Аннотация. В статье приведены результаты исследований, которые выполнялись в 2015–2020 гг. в степных и полупустынных ландшафтах юго-восточной части Ставропольского края в границах Советского района, с анализом и систематизацией архивных материалов, начиная с 2000 г. Целью работы является разработка механизма комплексной оценки состояния агроландшафтов и интерактивного агроэкологического паспорта, содержащего информацию о состоянии агроландшафтов и их использовании с применением региональной ГИС. Приведены авторские методы и подходы, применяемые при разработке механизма комплексной оценки, включающего результаты инвентаризации земель, почв, динамики изменения агрохимических показателей плодородия, развития деградационных процессов, а также оценки качественных показателей почв сельскохозяйственных угодий с разработкой схемы использования земельных ресурсов и агроэкологического паспорта земель Советского района Ставропольского края на агроландшафтной основе. Проведена апробация механизма комплексной оценки состояния агроландшафтов, выделено 6 агроэкологических групп земель. Общая площадь пашни, входящей в состав этих групп, составляет 165861 га. Полученные результаты являются основополагающими и для формирования системы устойчивого землепользования в агроландшафтах: целесообразно 122831 га выделить под полевые севообороты, 27252 га — под кормовые севообороты, 10547 га — под почвозащитные севообороты, 4600 га подлежат изменению целевого назначения, 200 га выделено под консервацию и 431 га — под мелиоративное строительство. Результаты исследований направлены на автоматизацию ландшафтно-сельскохозяйственной типизации угодий, мероприятий по воспроизводству почвенного плодородия и повышению эффективности землепользования, дальнейшего внедрения систем «цифровое землепользование» и «умное поле» с учетом агроландшафтного подхода.

Ключевые слова: механизм комплексной оценки, оценка состояния агроландшафтов, региональная ГИС, агроландшафтный подход, интерактивный агроэкологический паспорт, агроэкологическая группировка, инвентаризация земель, деградация почв, качественная оценка почв

Original article

DEVELOPMENT OF A MECHANISM FOR A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE STATE OF AGRICULTURAL LANDSCAPES AND AN INTERACTIVE AGROECOLOGICAL PASSPORT USING A REGIONAL GEOINFORMATION SYSTEM

V.Yu. Malochkin^{1,2}, A.V. Loshakov¹

¹Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

²Agroconsulting, Stavropol, Russia

Abstract. The article presents the results of research carried out in 2015–2020 in the steppe and semi-desert landscapes of the southeastern part of the Stavropol region within the boundaries of the Sovetsky district, with the analysis and systematization of archival materials since 2000. The aim of the work is to develop a mechanism for a comprehensive assessment of the state of agricultural landscapes and an interactive agroecological passport containing information on the state of agricultural landscapes and their use using regional GIS. The author's methods and approaches used in the development of a comprehensive assessment mechanism, including the results of an inventory of lands, soils, dynamics of changes in agrochemical fertility indicators, the development of degradation processes, as well as an assessment of qualitative indicators of soils of agricultural lands with the development of a scheme for the use of land resources and an agroecological passport of the lands of the Sovetsky district of the Stavropol Territory on an agro-landscape basis, are presented. The mechanism of a comprehensive assessment of the state of agricultural landscapes has been tested, six agroecological groups of lands have been identified. The total area of arable land belonging to these groups is 165861 hectares. The results obtained are fundamental for the formation of a system of sustainable land use in agricultural landscapes: it is advisable to allocate 122831 hectares for field crop rotations, 27252 hectares for fodder crop rotations, 10547 hectares for soil-protective crop rotations, 4600 hectares are subject to change of purpose, 200 hectares are allocated for conservation and 431 hectares for reclamation construction. The research results are aimed at automating landscape and agricultural land typification, measures to reproduce soil fertility and improve land use efficiency, further implementation of “digital land use” and “smart field” systems, taking into account the agro-landscape approach.

Keywords: integrated assessment mechanism, assessment of the state of agricultural landscapes, regional GIS, agro-landscape approach, interactive agroecological passport, agroecological grouping, land inventory, soil degradation, qualitative soil assessment

Территорию региона исследований в границах Советского района Ставропольского края преобразованные ландшафты степей Ставрополья (пахотные ландшафты) занимают 83,4% территории (174373 га) и лишь 16,6% (34588 га) занимают ландшафты поймы реки Кумы (рис. 1).

В условиях возрастающей значимости экологических проблем и необходимости рационального использования природных ресурсов, особое внимание уделяется вопросам сохранения агроландшафтов, которые требуют комплексного подхода к оценке своего состояния

и разработке мероприятий по оптимизации их использования [3].

В связи с этим возникает потребность в разработке инновационных подходов для оценки состояния агроландшафтов, направленных на получение более точных и детализированных данных о состоянии земель и их использовании, они служат основой для цифровой трансформации сельского хозяйства. Одним из перспективных инструментов для комплексной оценки агроландшафтов являются региональные геоинформационные системы (РГИС). РГИС

представляют собой мощные инструменты для анализа пространственных данных, позволяющие объединять информацию из различных источников и создавать интерактивные карты, атласы, и паспорта [2].

Актуальность исследований обусловлена следующими факторами:

- устойчивое развитие сельского хозяйства, заключающееся в оптимизации использования земельных ресурсов, сохранении биоразнообразия и повышении продуктивности агроландшафтов;



Рисунок 1. Карта агроландшафтов Советского района Ставропольского края
Figure 1. Map of agricultural landscapes of the Sovetsky district of the Stavropol region

– комплексная оценка состояния агроландшафтов позволяет определить их уязвимость к различным факторам, таким как развитие деградационных процессов, снижение почвенного плодородия, климатические особенности, загрязнение и др.

– региональная геоинформационная система позволяет учитывать отдельно взятые уникальные особенности и проблемы региона исследований, а также адаптировать подходы к оценке состояния агроландшафтов;

– внедрение региональной ГИС позволяет интегрировать данные из различных источников, проводить геоинформационный анализ картографического и статистического материала, разработать интерактивный агроэкологический паспорт, что обеспечивает более точную, полную и актуальную картину состояния агроландшафтов региона исследований.

– результаты комплексной оценки состояния агроландшафтов могут быть использованы для поддержки принятия решений в области сельского хозяйства, включающих разработку мер по сохранению почвенного плодородия, рационального использования и охраны земель.

Научная новизна исследований заключается в разработке нового инструмента — механизма комплексной оценки состояния агроландшафтов и разработки интерактивного агроэкологического паспорта с использованием региональной геоинформационной системы. В отличие от традиционных методов оценки состояния агроландшафтов, данный механизм предоставляет возможность не только получить общую картину, но и детально изучить каждый отдельный участок, выявить проблемные зоны и разработать меры по их устранению.

Целью исследований является разработка механизма комплексной оценки состояния агроландшафтов и интерактивного агроэкологического паспорта, содержащего информацию о со-

стоянии агроландшафтов и их использовании с применением региональной ГИС, что позволит систематизировать и визуализировать информацию о состоянии агроландшафтов, а также принимать обоснованные решения для устойчивого развития сельского хозяйства, рационального использования и охраны земель.

В соответствии с поставленной целью сформулированы и подлежат решению следующие задачи:

- разработка ГИС-проекта региональной геоинформационной системы комплексной оценки состояния агроландшафтов;
- выполнение работ по комплексной оценке состояния агроландшафтов согласно разработанному механизму и анализ полученных результатов.

В свете того, что в настоящее время наблюдается повышенный интерес к оптимизации и регулированию земельных отношений, становится очевидной потребность в разработке региональной геоинформационной системы, которая позволит интегрировать данные различных исследований, экологическую оценку и кадастровые сведения о земельных участках в пределах конкретного района [7].

При создании ГИС-проекта региональной геоинформационной системы комплексной оценки состояния агроландшафтов необходимо выполнить следующие виды работ:

- разработать структуру, включающую совокупность блоков геоинформационной системы и связанную с ними базу данных;
- провести инвентаризацию земель и разнородных почвенных данных;
- выполнить мониторинг почвенного плодородия по материалам агрохимического обследования;
- сформировать многослойную интерактивную карту и паспорт, включающих в себя совокупность картографического материала из

блоков региональной ГИС, а также связанную с ними семантическую информацию.

В связи с этим в 2015-2020 гг. были проведены исследования, направленные на создание механизма комплексной оценки состояния и использования земельных ресурсов на агроландшафтной основе с применением региональной геоинформационной системы (рис. 2) [6].

Сбор данных осуществляется путем проведения комплексных мероприятий по инвентаризации земель сельскохозяйственного назначения, целью которых является определение количественных и качественных характеристик сельскохозяйственных угодий [2].

Общая площадь земельного фонда Советского района Ставропольского края составляет 208961 га, из них земли сельскохозяйственного назначения занимают 192622 га. При разработке региональной геоинформационной системы важную роль играют сельскохозяйственные угодья в границах земель сельскохозяйственного назначения (181361 га), сведения о которых представлены в таблице 1.

Кроме инвентаризации земельных участков проводится сбор и систематизация разнородных данных о почвенном покрове, в ходе чего выполняется их перевод в векторную форму с дальнейшим объединением в базу почвенных данных, с внесением информации о протекающих эрозийных процессах и других процессах деградации почв (рис. 3) [9, 10, 11].

В рамках комплексной оценки осуществляется мониторинг почвенного плодородия по материалам агрохимического обследования, проведенного специалистами ФГБУ САС «Прикумская». Динамика изменения агрохимических показателей плодородия почв Советского района Ставропольского края по турам обследования представлена в таблице 2. Из данных таблицы 2 видно, что имеется объективный линейный тренд изменения по времени показателей pH,



подвижного калия, гумуса, а также подвижных форм марганца, бора и кобальта.

Важным видом работ при комплексной оценке является мониторинг деградационных процессов (подблок «деградация почв»), который базируется на применении инструментов геоинформационного анализа в совокупности с полученными материалами морфометрического анализа (географический блок), инвентаризации земель и почв (сельскохозяйственный

блок), мониторинга почвенного плодородия и бонитировки почв (блок «почвенное плодородие»), а также материалов, связанных с орошением, водоносными горизонтами и глубиной залегания грунтовых вод (гидрогеологический блок). На сегодняшний день для всестороннего анализа применяют актуальную методику, основанную на повышенных требованиях к оценке деградационных процессов, в основе которой лежат более строгие критерии оценки,

касающиеся земель, которые уже подвержены процессам деградации (рис. 4) [1, 4, 8].

В таблице 3 представлена характеристика сельскохозяйственных угодий с указанием балла деградации почв по каждому из процессов, а также приведен балл деградации по району. Основываясь на данных, представленных в таблице 3, можно сделать вывод, что в настоящее время на территории исследуемого региона основным типом деградации почв является засоление.

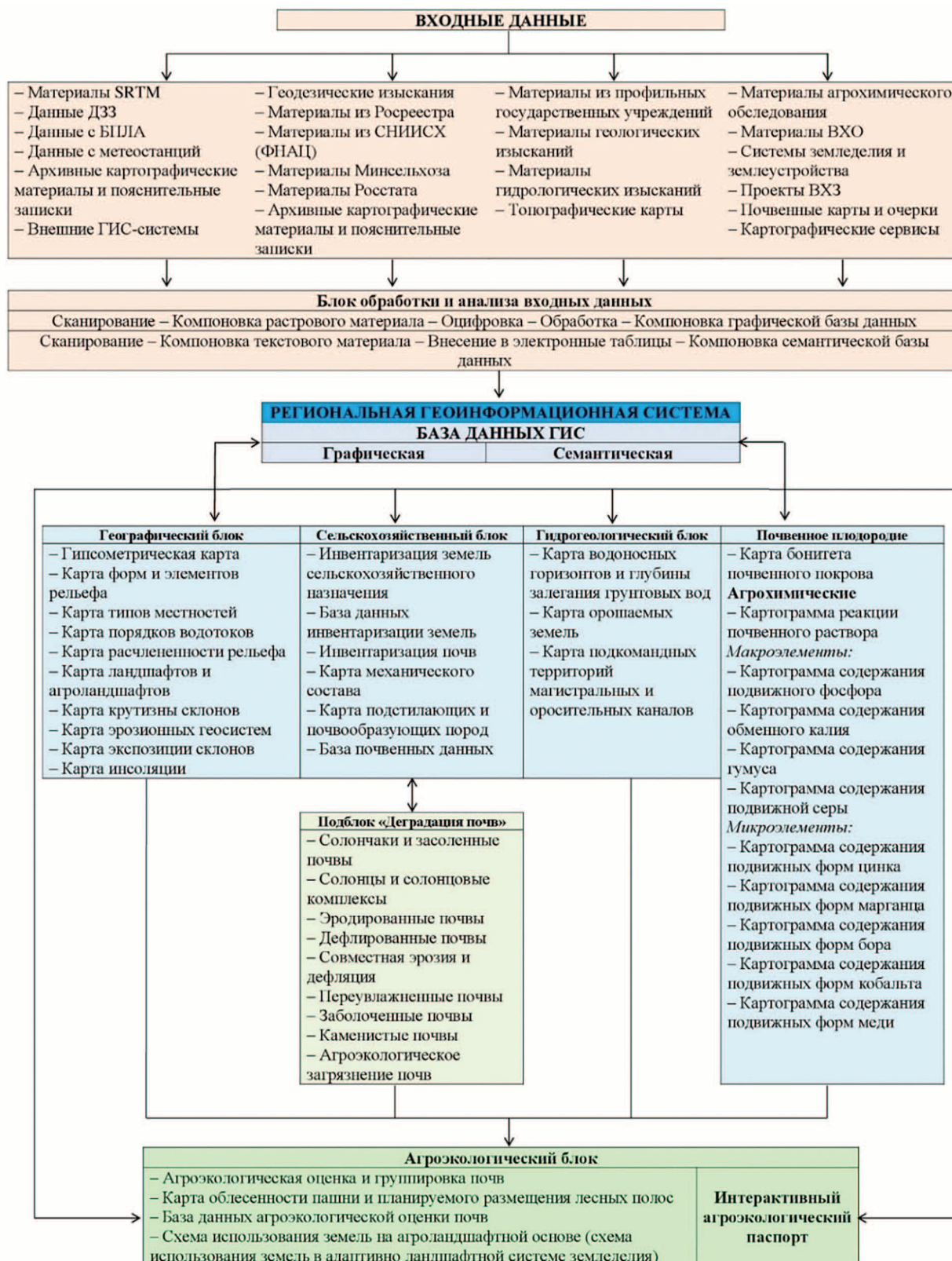


Рисунок 2. Механизм комплексной оценки состояния агроландшафтов на основе региональной геоинформационной системы
Figure 2. A mechanism for a comprehensive assessment of the state of agricultural landscapes based on a regional geoinformation system



Таблица 1. Динамика изменения площадей сельскохозяйственных угодий Советского района Ставропольского края в категории земель сельскохозяйственного назначения
Table 1. Dynamics of changes in the area of agricultural land of the Sovetsky district of the Stavropol region in the category of agricultural land

№	Сельскохозяйственные угодья	Площадь, га					Динамика, 2020-2000 гг.
		2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	
1	Пашня	165156	165156	165598	165861	165861	+ 705
1.1.	Пашня орошаемая	9768	9768	8709	10609	14874	+ 5106
2	Залежь	-	-	-	-	-	-
3	Многолетние насаждения	1454	1454	1004	617	617	- 837
3.1.	Многолетние насаждения орошаемые	185	185	116	170	250	+ 65
4	Сенокосы	141	141	141	141	141	0
5	Пастбища	14865	14742	14742	14742	14742	- 123
Итого сельскохозяйственных угодий в границах земель сельскохозяйственного назначения		181616	181493	181485	181361	181361	- 255
Итого орошаемых сельскохозяйственных угодий		9953	9953	8825	10779	15124	+ 5171



Рисунок 3. Результаты инвентаризации почв сельскохозяйственных угодий Советского района Ставропольского края (2020 г.)
Figure 3. Results of the soil inventory of agricultural lands of the Sovetsky district of the Stavropol region (2020)

Таблица 2. Динамика изменения показателей плодородия почв Советского района Ставропольского края
Table 2. Dynamics of changes in soil fertility indicators of the Sovetsky district of the Stavropol region

Показатель	Ед. изм.	Содержание					Динамика 2020-2000 гг.
		2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	
Реакция почвенного раствора (рН)	ед.	8,1	8,1	7,9	7,9	7,8	- 0,3
Подвижный фосфор (P ₂ O ₅)	мг/кг	28	31	32	28	26	- 2
Подвижный калий (K ₂ O)	мг/кг	422	402	364	371	342	- 80
Гумус	%	2,40	2,36	2,32	2,30	2,28	- 0,12
Подвижные формы цинка (Zn)	мг/кг	0,50	0,43	0,53	0,60	0,50	0
Подвижные формы марганца (Mn)	мг/кг	18,4	17,5	16,6	15,1	13,3	- 5,1
Подвижные формы бора (B)	мг/кг	2,94	2,22	1,88	1,83	1,70	- 1,24
Подвижные формы кобальта (Co)	мг/кг	0,06	0,06	0,08	0,09	0,10	0,04
Подвижные формы меди (Cu)	мг/кг	0,08	0,08	0,15	0,14	0,13	0,05
Подвижные формы серы (S)	мг/кг	6,3	3,6	4,2	3,8	3,0	- 3,3

Также наблюдается проявление эрозии, включая водную эрозию и дефляцию, а также переувлажнение. Согласно приведенной методике оценки, водная эрозия и дефляция почв имеют балл деградации 2. В то же время такие факторы, как солончаки и засоление почв, переувлажнение и заболачивание, имеют балл деградации, равный 1.

Разработанная структура базы данных региональной геоинформационной системы является основополагающей для создания инструментов агроэкологической оценки земель с использованием геоинформационных технологий, что необходимо для разработки точных систем земледелия, а также выхода на качественно новый уровень проектирования высокоинтенсивных систем земледелия и агротехнологий.

Для осуществления всесторонней оценки состояния агроландшафтов с использованием региональной геоинформационной системы необходимо наличие значительного объема данных. В структуру и классификатор данной системы следует включить информацию, полученную в ходе почвенных, агрохимических обследований, почвенно-мелиоративных и гидрогеологических изысканий. Также необходимо интегрировать справочные агрометеорологические данные.

Методика оценки включает 10 показателей, а общая схема проведения автоматической оценки представлена на рисунке 5.

В основе комплексной оценки состояния агроландшафтов юго-восточной части Ставропольского края лежит методика В.Д. Иванова, усовершенствованная нами под современные реалии проведения таких работ, а именно: разработан механизм, позволяющий при помощи конструктора запросов QGIS (в калькуляторе полей и калькуляторе растров) провести автоматический расчет балла бонитета по каждому параметру в региональной геоинформационной системе с последующей автоматической группировкой по качеству почв, что, в свою очередь, станет отправной точкой для разработки схемы использования земельных ресурсов на агроландшафтной основе и интерактивного агроэкологического паспорта.

Для каждого из этих показателей существуют критерии оценки, которые внесены в классификатор региональной ГИС, и для каждого критерия в конструкторе запросов QGIS разработан механизм для расчета показателей, который представлен на рисунке 6.

В процессе обработки информации рассчитывается 10 значений показателей (value) с учетом коэффициентов значимости отдельного параметра (k), представленных на рисунке 9. По каждому показателю автоматически формируется средневзвешенное значение, затем QGIS в автоматическом режиме суммирует полученные средневзвешенные значения показателей согласно формуле для конструктора запросов и получения итогового значения балла бонитета:

$$B = \text{array_sum}(\text{array}(\text{«value_1»}, \text{«value_2»}, \text{«value_3»}, \text{«value_4»}, \text{«value_5»}, \text{«value_6»}, \text{«value_7»}, \text{«value_8»}, \text{«value_9»}, \text{«value_10»})),$$

где: B — балл бонитета; value_1 — value_10 — оцениваемые показатели;

array_sum — сумма показателей.

Результатом комплексной оценки состояния агроландшафтов является разработанная база данных агроэкологической оценки, формируется схема использования земель на агроландшафтной основе (рис. 7) и интерактивный агроэкологический паспорт, фрагмент структуры которого представлен на рисунке 8.



Деградировано территории, %	Балл (степень) деградации					
	условно отсутствует	низкий	средний	высокий	очень высокий	катастрофический
	0	1	2	3	4	5
Засоление	<10	10-20	20-30	30-40	40-50	>50
Солончаки и солонцовые комплексы	<5	5-10	10-15	15-20	20-25	>25
Переувлажнение	<3	3-6	6-9	9-12	12-15	>15
Заболачивание	<0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	>2,5
Ветровая эрозия (дефляция)	<3	3-6	6-9	9-12	12-15	>15
Водная эрозия	<5	5-10	10-15	15-20	20-25	>25
Совместная водная и ветровая эрозия	<0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	>2,5
Каменистость	<3	3-6	6-9	9-12	12-15	>15
Суммарный балл	<0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	>2,5

Рисунок 4. Определение степени деградации земель сельскохозяйственного назначения

Figure 4. Determination of the degree of degradation of agricultural land

Таблица 3. Характеристика процессов деградации почв сельскохозяйственных угодий Советского района Ставропольского края

Table 3. Characteristics of soil degradation processes in agricultural lands of the Sovetsky district of the Stavropol region

Показатель	2000 г.			2020 г.			Динамика
	Площадь, га	%	Балл	Площадь, га	%	Балл	
Солончаки и засоленные почвы	26700,0	14,7	1	30319,0	16,7	1	3619,0
Солонцы и солонцовые комплексы	237,0	0,1	0	877,6	0,5	0	640,6
Эродированные почвы	19603,0	10,8	2	25996,0	14,3	2	6393,0
Дефлированные почвы	13592,0	7,5	2	15652,0	8,6	2	2060,0
Разрушенные совместным проявлением эрозии и дефляции	—	—	0	—	—	0	0,0
Переувлажненные почвы	8410,0	4,6	1	8183,0	4,5	1	-227,0
Заболоченные почвы	1880,0	1,0	1	1831,0	1,0	1	-49,0
Каменистые почвы	—	—	0	306,0	0,2	0	306,0
Всего баллов			7			7	-1
Средний балл			0,88			0,88	0,0
Балл деградации по району			1			1	0
Суммарная деградация	70422,0	38,7	1	83164,6	45,8	1	12742,6
Всего сельскохозяйственных угодий	181616,0	100,0	-	181361,0	100,0	-	-255

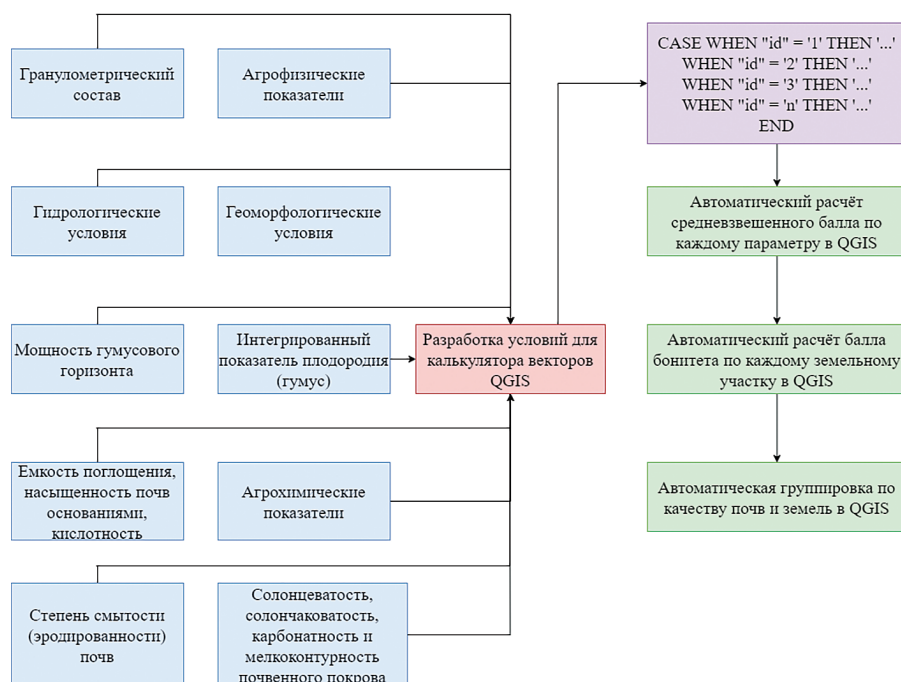


Рисунок 5. Схема оценки качественных показателей почв сельскохозяйственных угодий с использованием ГИС-технологий

Figure 5. The scheme of assessment of qualitative indicators of soils of agricultural lands using GIS technologies

Эти материалы являются важнейшим компонентом региональной геоинформационной системы.

На территории района выделено 6 агроэкологических групп земель. Общая площадь пашни, входящей в состав этих групп, составляет 165861 га (табл. 4) [5].

Таким образом, проведена апробация механизма комплексной оценки состояния агроландшафтов юго-восточной части Ставропольского края в границах Советского района, дана характеристика процессов деградации почв сельскохозяйственных угодий, разработаны схема оценки качественных показателей почв сельскохозяйственных угодий и интерактивный агроэкологический паспорт в совокупности со схемой использования земель на агроландшафтной основе посредством региональной ГИС. Результаты исследований направлены на автоматизацию ландшафтно-сельскохозяйственной типизации угодий, мероприятий по воспроизводству почвенного плодородия и повышению эффективности землепользования, дальнейшего внедрения систем «цифровое землепользование» и «умное поле» с учетом агроландшафтного подхода.

Полученные результаты являются основополагающими и для формирования системы устойчивого землепользования в агроландшафтах: целесообразно 122831 га выделить под полевые севообороты, 27252 га — под кормовые севообороты, 10547 га — под почвозащитные севообороты, 4600 га подлежат изменению целевого назначения, 200 га выделено под консервацию и 431 га — под мелиоративное строительство.

Список источников

1. Антонов С.А. Анализ влияния особенностей рельефа на развитие процессов линейной водной эрозии на пашне Ставропольского края // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (77). С. 30-33.
2. Вершинин В.В., Козубенко И.С. Опыт применения геопространственных сервисов для государственного управления земельными ресурсами АПК в Краснодарском крае // Управление рисками в АПК. 2021. № 1 (39). С. 69-81.
3. Волков С.Н., Савинова С.В., Черкашина Е.В., Шаповалов Д.А., Братков В.В., Ключин П.В. Природные ландшафты как фактор эффективного развития сельского хозяйства на Северном Кавказе // Юг России: экология, развитие. 2020. № 2 (55). С. 113-124.
4. Ключин П.В., Братков В.В., Савинова С.В., Лошаков А.В. Зонирование агроландшафтов Ставропольского края Российской Федерации, подверженных деградационным процессам по продуктивности // Землеустройство, геодезия и кадастр: прошлое — настоящее — будущее: сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию землеустроительного факультета (Горки, 25-27 сентября 2019 г.) / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. Горки, 2021. С. 47-54.
5. Кулинцев В.В., Годунова Е.И., Желнакова Л.И. и др. Система земледелия нового поколения Ставропольского края: монография. Ставрополь: АГРУС Ставропольского государственного аграрного университета, 2013. 520 с.
6. Малочкин В.Ю. Разработка механизма комплексной оценки состояния агроландшафтов на основе региональной геоинформационной системы Советского района Ставропольского края // Московский экономический журнал. 2022. № 9. С. 57-72.
7. Морковкин Г.Г., Литвиненко Е.А., Байкалова Т.В., Максимова Н.Б. Использование ГИС-технологий для оценки временной динамики структуры агроландшафтов и свойств почв на примере умеренно-засушливой и колочной степи Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 5 (103). С. 39-45.



1. Гранулометрический состав (value_1) CASE WHEN "id" = '1' AND "Почва" = 'Черноземы' THEN '2' WHEN "id" = '2' AND "Почва" = 'Темно-каштановые' THEN '4' WHEN "id" = '3' AND "Почва" = 'Каштановые' THEN '6' END	2. Агрофизические показатели (value_2) $\frac{((\text{"Сод_0.25-10"} * K1) + (\text{"Коефф_впит"} * K2) + (\text{"Плотн_слож"} * K3))}{(K1+K2+K3)}$	3. Гидрологические условия (value_3) $\frac{((\text{"Ур_гр_вод"} * K1) + (\text{"ГТК"} * K2) + (\text{"Ур_увлаж"} * K3) + (\text{"Сумм_срут_темп"} * K4) + (\text{"Заболоч"} * K5))}{(K1+K2+K3+K4+K5)}$	4. Геоморфологические условия (value_4) $\frac{((\text{"Крут_скл"} * K1) + (\text{"Эксп_скл"} * K2) + (\text{"Степень_камен"} * K3) + (\text{"Хар_сложения"} * K4))}{(K1+K2+K3+K4)}$	5. Мощность гумусового горизонта (value_5) CASE WHEN "id" = '1' THEN '10' WHEN "id" = '2' THEN '7' WHEN "id" = '4' THEN '3' END
6. Интегрированный показатель плодородия (value_6)	7. Емкость поглощения, насыщенность почв основаниями, кислотность (value_7)	8. Агрохимические показатели (value_8)	9. Степень смытости (эродированности) почв (value_9)	10. Солонцеватость, солончаковатость, карбонатность и мелкоконтурность почвенного покрова (value_10)
$\frac{((\text{"Сод_гум0-20"} * K1) + (\text{"Сод_гумуса"} * K2) + (\text{"Зап_гум0-100"} * K3) + (\text{"Обогащ_С:Н"} * K4) + (\text{"Тип_гумуса"} * K5))}{(K1+K2+K3+K4+K5)}$	$\frac{((\text{"Емк_поглощ"} * K1) + (\text{"Степ_насыщ_основ"} * K2) + (\text{"рН"} * K3))}{(K1+K2+K3)}$	$\frac{((\text{"Содерж_азот"} * K1) + (\text{"Содерж_фосф"} * K2) + (\text{"Содерж_калия"} * K3))}{(K1+K2+K3)}$	$\frac{((\text{"Степ_смыт"} * K1) + (\text{"Степ_смыт_культ"} * K2))}{(K1+K2)}$	$\frac{((\text{"Знач_10.1"} * k1) + (\text{"Знач_10.2"} * k2) + (\text{"Знач_10.3"} * k3) + (\text{"Знач_10.4"} * k4) + (\text{"Знач_10.5"} * k5) + (\text{"Знач_10.6"} * k6) + (\text{"Знач_10.7"} * k7) + (\text{"Знач_10.8"} * k8) + (\text{"Знач_10.8.1"} * k9) + (\text{"Знач_10.9"} * k10) + (\text{"Знач_10.9.1"} * k11))}{(k1+k2+k3+k4+k5+k6+k7+k8+k9+k10+k11)}$
Расчёт балла бонитета array_sum(array("value_1", "value_2", "value_3", "value_4", "value_5", "value_6", "value_7", "value_8", "value_9", "value_10"))				

Рисунок 6. Механизм расчета балла бонитета по каждому показателю
Figure 6. The mechanism for calculating the bonus score for each indicator

Карта использования земельных ресурсов на агроландшафтной основе

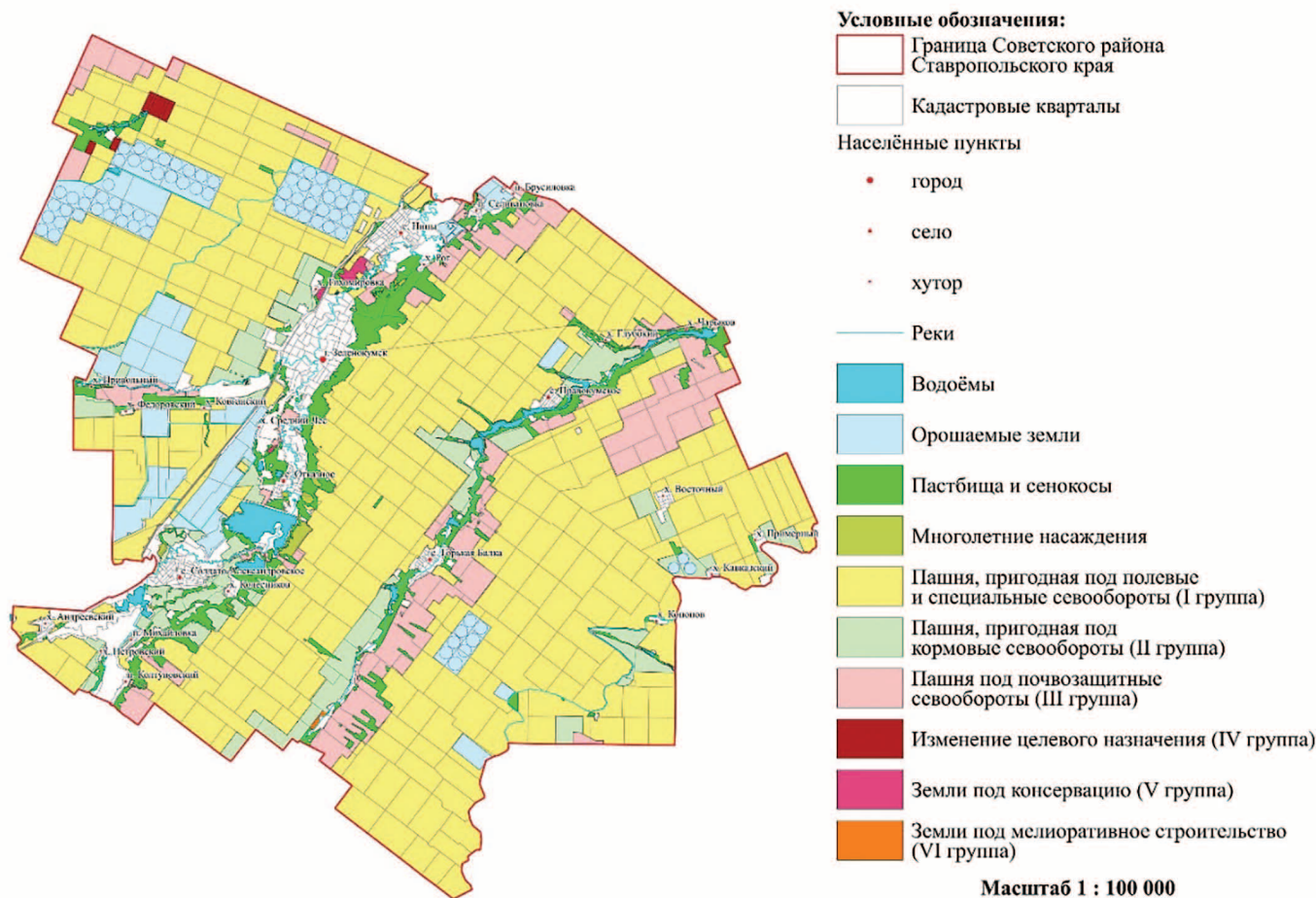


Рисунок 7. Схема использования земельных ресурсов Советского района Ставропольского края на агроландшафтной основе
Figure 7. The scheme of using the land resources of the Sovetsky district of the Stavropol region on an agro-landscape basis

Таблица 4. Агроэкологическая группировка пашни Советского района Ставропольского края
Table 4. Agroecological grouping of arable land in the Sovetsky district of the Stavropol region

Агроэкологическая группа		2020 г.	
		Площадь, га	%
I	полевые севообороты	122831,0	74,1
II	кормовые севообороты	27252,0	16,4
III	почвозащитные севообороты	10547,0	6,4
IV	изменение целевого назначения	4600,0	2,8
V	непригодными для возделывания с/х культур (консервация)	200,0	0,1
VI	мелиоративное строительство	431,0	0,2
Итого		165861,0	100,0



Семантическая база данных				
Географический блок		Сельскохозяйственный блок		Гидрогеологический блок
Эрозионная геосистема	Кадастровый номер	Кадастровая стоимость		Уровень залегания почвогрунтовых вод
Тип местности	Площадь	Ставка земельного налога		Водоносный горизонт
Форма рельефа	Категория земель	Базовая ставка арендной платы		Минерализация, г/дм3
Высота над уровнем моря	Разрешённое использование	Севооборот		Сведения об орошении
Провинция ландшафта	Фактическое использование	Почвенный покров		Подкомандная территория магистральных и оросительных каналов
Ландшафт	Вид угодья	Площадь почвенного контура		Почвенное плодородие
Агроландшафт	Вид собственника	Гранулометрический (механический состав)		
Порядок водотоков	Вид права	Почвообразующая и подстилающая порода		
Длина водотоков	Правообладатель	Условия залегания по рельефу		
Расчлененность рельефа	Правоудостоверяющие документы	Содержание агрегатов размером 0,25-10 мм в % к весу		
Крутизна склонов	Ограничения, обременения	Коэффициент впитывания воды, мм/мин		Мощность гумусового горизонта почв
до 1°	Лицо, в пользу которого установлено ограничение (обременение) права	Плотность сложения, г/см3		Содержание гумуса в 0-20 см слое, %
				Запасы гумуса в слое 0-100 см, т/га
				Обогащенность азотом, C:N
				Тип гумуса, Сг.к.:Сф.к.

Рисунок 8. Фрагмент структуры и содержания интерактивного агроэкологического паспорта Советского района Ставропольского края
Figure 8. Fragment of the structure and content of the interactive agroecological passport of the Sovetsky district of the Stavropol region

8. Целовальников А.С., Ключин П.В., Марьин А.Н. Использование ГИС-технологий при ландшафтном мониторинге земель Ставропольского края // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2010. № 6. С. 57-63.

9. Шаповалов Д.А., Хабаров Д.А. Проблемы и пути решения рационального использования земель сельскохозяйственного назначения // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2020. № 7 (186). С. 31-35.

10. Feuerherdt, C., Robinson, N. (2007). Storage, maintenance and extraction of digital soil data. *European Journal of Soil Science*, no. 5 (58), pp. 1217-1218.

11. Malochkin, V.Yu., Loshakov, A.V., Odintsov, S.V., Stukalo, V.A., Podkolzin, O.A. (2019). Methodological Aspects and Creation of a Basis of Soil and Cadastre Data for the Development of a Land and Information System Based on Modern Information and Geoinformation Technologies. *Opción*, Año 35, no. 24, pp. 1609-1625.

References

1. Antonov, S.A. (2019). Analiz vliyaniya osobennostei rel'efa na razvitiye protsessov lineinoi vodnoi erozii na pashne Stavropol'skogo kraia [Analysis of the influence of relief features on the development of linear water erosion processes in the arable land of the Stavropol Region]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestia Orenburg State Agrarian University], no. 3 (77), pp. 30-33.

2. Vershinin, V.V., Kozubenko, I.S. (2021). Opyt primeneniya geoprostanstvennykh servisov dlya gosudarstvennogo upravleniya zemel'nymi resursami APK v Krasnodarskom krae [Experience in the application of geospatial services for the state management of agricultural land resources AIC in the Krasnodar Region]. *Upravlenie riskami v APK* [Agricultural risk management], no. 1 (39), pp. 69-81.

3. Volkov, S.N., Savinova, S.V., Cherkashina, E.V., Shapovalov, D.A., Bratkov, V.V., Klyushin, P.V. (2020). Prirodnye landshtafy kak faktor effektivnogo razvitiya sel'skogo khozyaistva na Severnom Kavkaze [Natural landscapes as a factor of effective agricultural development in the North Caucasus]. *Yug Rossii: ekhologiya, razvitiye* [South of Russia: ecology, development], no. 2 (55), pp. 113-124.

4. Klyushin, P.V., Bratkov, V.V., Savinova, S.V., Loshakov, A.V. (2021). Zonirovanie agrolandshtafov Stavropol'skogo kraia Rossiiskoi Federatsii, podverzhennykh degradatsionnym protsessam po produktivnosti [Zoning of agricultural landscapes of the Stavropol Region of the Russian Federation, subject to degradation processes in productivity]. *Zemleustroystvo, geodeziya i kadastr: proshloe — nastoyashchee — budushchee: sbornik nauchnykh statei po materialam Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 95-letiyu zemleustroitel'nogo fakul'teta (Gorki, 25-27 sentyabrya 2019 g.)* [Land management, geodesy and cadastre: past — present — future: a collection of scientific articles based on the materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 95th anniversary of the faculty of land management (Gorky, September 25-27, 2019)]. Gorki, Belarusian State Agricultural Academy, pp. 47-54.

5. Kulintsev, V.V., Godunova, E.I., Zhelnakova, L.I. i dr. (2013). *Sistema zemledeliya novogo pokoleniya Stavropol'skogo kraia: monografiya* [The farming system of the new generation of the Stavropol region: monograph]. Stavropol, AGRUS Stavropol State Agrarian University press, 520 p.

6. Malochkin, V.Yu. (2022). Razrabotka mekhanizma kompleksnoi otsenki sostoyaniya agrolandshtafov na osnove regional'noi geoinformatsionnoi sistemy Sovetskogo raiona Stavropol'skogo kraia [Development of a mechanism for a comprehensive assessment of the state of agricultural landscapes based on the regional geoinformation system

of the Sovetsky district of the Stavropol region]. *Moskovskii ekonomicheskii zhurnal* [Moscow economic journal], no. 9, pp. 57-72.

7. Morkovkin, G.G., Litvinenko, E.A., Baikolova, T.V., Maksimova, N.B. (2013). Ispol'zovanie GIS-tekhnologii dlya otsenki vremennoi dinamiki struktury agrolandshtafov i svoystv pochv na primere umerenno-zasushlivoi i kolochnoi stepi Altaiskogo kraia [The use of GIS technologies to assess the temporal dynamics of the structure of agricultural landscapes and soil properties on the example of the moderately arid and kolochnaya steppe of the Altai region]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], no. 5 (103), pp. 39-45.

8. Tseloval'nikov, A.S., Klyushin, P.V., Mar'in, A.N. (2010). Ispol'zovanie GIS-tekhnologii pri landshtafnom monitoringe zemel' Stavropol'skogo kraia [The use of GIS technologies in landscape monitoring of Stavropol region lands]. *Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel'* [Land management, land monitoring and cadastre], no. 6, pp. 57-63.

9. Shapovalov, D.A., Khabarov, D.A. (2020). Problemy i puti resheniya ratsional'nogo ispol'zovaniya zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya [Problems and solutions for the rational use of agricultural land]. *Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel'* [Land management, land monitoring and cadastre], no. 7 (186), pp. 31-35.

10. Feuerherdt, C., Robinson, N. (2007). Storage, maintenance and extraction of digital soil data. *European Journal of Soil Science*, no. 5 (58), pp. 1217-1218.

11. Malochkin, V.Yu., Loshakov, A.V., Odintsov, S.V., Stukalo, V.A., Podkolzin, O.A. (2019). Methodological Aspects and Creation of a Basis of Soil and Cadastre Data for the Development of a Land and Information System Based on Modern Information and Geoinformation Technologies. *Opción*, Año 35, no. 24, pp. 1609-1625.

Информация об авторах:

Малочкин Владимир Юрьевич, соискатель Ставропольского государственного аграрного университета, ведущий специалист по точному земледелию ООО «Агроконсалтинг», ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8230-2269>, Scopus ID: 57221665872, Researcher ID: U-3061-2018, SPIN-код: 1561-4651, vladimir-zelenokumsk@yandex.ru

Лошаков Александр Викторович, доктор географических наук, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой землеустройства и кадастра Ставропольского государственного аграрного университета, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0897-3099>, Scopus ID: 57190409248, SPIN-код: 9132-3227, alexandrloshakov@mail.ru

Information about the authors:

Vladimir Yu. Malochkin, applicant of Stavropol State Agrarian University, leading specialist in precision agriculture of Agroconsulting LLC, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8230-2269>, Scopus ID: 57221665872, Researcher ID: U-3061-2018, SPIN-code: 1561-4651, vladimir-zelenokumsk@yandex.ru

Alexander V. Loshakov, doctor of geographical sciences, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the department of land management and cadastre of Stavropol State Agrarian University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0897-3099>, Scopus ID: 57190409248, SPIN-code: 9132-3227, alexandrloshakov@mail.ru

