

ностью 13-14% на срок более одного года, а 25 л на 1 т эффект консервирования зерна влажностью 30-31% продлевался на 6-7 мес. При этом содержание в зерновках основных биогенных соединений (белков и крахмала) за время консервирования практически не изменилось.

3. На основании выявленных закономерностей действия этилацетата нами предложена технологическая схема его использования для консервирования зерен пшеницы.

Библиографический список

1. Мельник Б.Е., Лебедев В.Б., Винников Г.А. Технология приемки, хранения и переработки зерна. – М.: Агропромиздат, 1990. – 367 с.
2. Атаназевич В.И. Сушка зерна. – М.: Агропромиздат, 1989. – 240 с.
3. Смирнова Т.А., Кострова Е.И. Микробиология зерна и продуктов его переработки. – М.: Агропромиздат, 1989. – 159 с.
4. Бузоверов С.Ю. Оценка качества зерна пшеницы в процессе его гидротермиче-

ской обработки // Вестник АГАУ. – 2012. – № 1(87). – С. 71-74.

5. Рогожин В.В., Рогожин Ю.В. Основные методы консервирования продуктов и биогенных систем // Электронный журнал «Исследовано в России». – 2009. – 040. – С. 421-430. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2009/040.pdf>.

6. Рогожина Т.В., Рогожин В.В. Технологии консервации биогенных тканей. – Иркутск: Изд-во БГУЭП, 2010. – 90 с.

7. Рогожина Т.В., Рогожин В.В. Высокоэффективные растворы для консервации пантов северного оленя // Пищевая промышленность. – 2009. – № 12. – С. 56-59.

8. Гордон А., Форд Р. Спутник химика. – М.: Мир, 1976. – 541 с.

9. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе и воде. – Л.: Химия, 1975. – 456 с.

10. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.

11. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.



УДК 63:332.33:631.452 (571.15)

**Г.Г. Морковкин,
Т.В. Байкалова,
Н.Б. Максимова,
В.И. Овцинов,
Е.А. Литвиненко,
И.В. Дёмина,
В.А. Дёмин**

ОЦЕНКА ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ СТРУКТУРЫ АГРОЛАНДШАФТОВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Ключевые слова: агроландшафты, сухая степь, засушливая степь, умеренно-засушливая колючая степь, каштановые почвы, черноземы, плодородие почв, дистанционное зондирование.

Введение

В составе сельскохозяйственных угодий Алтайского края пахотные земли составляют в среднем 64%, причем в степных районах доля пашни достигает 70-80%. Анализ данных качественного состава земель в Алтайском крае по состоянию на 01.01.96 г. показывает, что на 96,3% земли пахотных угодий дефляционно- и эрозивноопасны, дефлированы и эродированы, засолены, заболочены [1]. На долю благоприятных земель, не затронутых

эрозией и дефляцией, непереувлажненных, незасоленных приходится всего 3,7% пахотных угодий края, или 258211 га.

При распашке земель и смене естественной растительности сельскохозяйственными культурами резко уменьшается количество органического вещества, поступающего в почву [2]. Вместе с тем в пахотном слое возрастает интенсивность процессов минерализации органического вещества.

Распаханные почвы часто подвержены воздействию водной и ветровой эрозии. Б.И. Кочуров приводит вычисления, что на территории бывшего СССР эрозией охвачены 373 тыс. км² земель, дефляцией – 670 тыс. км² [3].

В.А. Ковда, обобщая многочисленные литературные данные, отмечает, что почвы после 50-75 лет сельскохозяйственного использования без органических удобрений и травосеяния подвержены эрозии и могут утратить 20-50% запасов гумуса и до 10-30 см гумусового горизонта [4]. Потеря 1 см гумусового слоя влечет снижение потенциального урожая сельскохозяйственных культур до 1 ц/га.

В связи с вышеизложенным актуальным является современная оценка вовлеченности земель в состав пахотных угодий и изучение временной динамики состояния плодородия почв по природно-почвенным зонам Алтайского края.

Объекты и методы исследований

Для выполнения поставленных задач проводился сравнительный анализ данных результатов туров почвенных обследований на основе архивных материалов, предоставленных для изучения ОАО «АлтайНИИГи-прозем», а также анализ данных дистанционного зондирования (многозональные сканерные космоснимки Landsat территории Славгородского и Немецкого районов от 4.08.2006 г., Романовского района от 25.05.2006 г., Ребрихинского района от 2000 г.). Основные характеристики системы: полоса захвата – 185 м; 6 спектральных диапазонов – 0.45-0.515, 0.525-0.605, 0.63-0.690, 0.75-0.90, 1.55-1.75, 2.09-2.35; разрешение на местности – 30 м. Для обработки данных дистанционного зондирования и построения векторных карт использовались программный комплекс ENVI 5.0 и геоинформационная система MapInfo 10.5.

Изучали динамику площадей сельскохозяйственных угодий, степень проявления ветровой и водной эрозии, показатели содержания гумуса в почвах, состояние мощности гумусового горизонта почв. В работе представлены результаты аналитических исследований, проведенных на реперных участках (по три типичных хозяйства каждой природно-почвенной зоны) для условий природно-почвенных зон и подзон Алтайского края: каштановых почв сухой степи, черноземов южных засушливой степи, черноземов обыкновенных умеренно засушливой колючей степи.

При проведении исследований авторы опирались на следующие положения. Характерным признаком растительности и ее состояния является спектральная отражательная способность, характеризующаяся большими различиями в отражении излучения разных длин волн. Знания о связи структуры и состояния растительности с ее спектрально отражательными способностями позволяют использовать космические сним-

ки для картографирования и идентификации типов растительности и их стрессового состояния [5]. Для работы со спектральной информацией часто прибегают к созданию изображений, основанных на расчетах вегетационных индексов.

Вегетационный индекс – показатель, получаемый в результате операций с разными спектральными диапазонами (каналами) данных дистанционного зондирования и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка. Индексы отражают общее количество растительности и исключают влияние таких факторов, как содержание хлорофилла, площадь листовой поверхности, сомкнутость и структуру растительного покрова. Основное назначение этих индексов – картирование растительного покрова, выявление площадей покрытых и непокрытых растительностью, оценка и мониторинг состояния растительного покрова, оценка продуктивности и урожайности.

Расчет большей части вегетационных индексов базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках кривой спектральной отражательной способности растений. На красную зону спектра (0.63-0.690 мкм) приходится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, а на ближнюю инфракрасную зону (0.75-0.90 мкм) максимальное отражение энергии клеточной структурой листа. Высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с большой фитомассой растительности) ведет к более низким значениям коэффициентов отражения в красной зоне спектра и большим значениям в ближней инфракрасной. Хорошо известно, что отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять растительность от прочих природных объектов.

В данной работе использовалась концепция наиболее популярного и часто используемого индекса – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный разностный индекс растительности.

Индекс вычисляется по следующей формуле:

$$NDVI = (L_2 - L_1) / (L_2 + L_1),$$

где L_2 – коэффициент отражения в ближней инфракрасной области спектра;

L_1 – коэффициент отражения в красной области спектра.

Использование нормализованной разности между минимумом и максимумом отражений увеличивает точность измерения, позволяет уменьшить влияние таких явлений, как различия в освещенности снимка, облачности, дымки, поглощение радиации атмосферой и пр.

Для растительности индекс NDVI принимает положительные значения, и чем больше зеленая фитомасса, тем они выше (рис. 1, 2). На значения индекса влияют также видовой состав растительности, ее сомкнутость, состояние, экспозиция и угол наклона поверхности, цвет почвы под разреженной растительностью. Индекс умеренно чувствителен к изменениям почвенного фона, кроме случаев, когда густота растительного покрова ниже 30%. Индекс может принимать значения от -1 до 1. Для зеленой растительности индекс обычно принимает значения от 0.2 до 0.8. Нулевые значения NDVI соответствуют зеркалу озера и открытой почве, поэтому отрицательные значения исключались из гистограммы распределения индексов. В результате расчета NDVI было получено изображение, на котором дешифрируются сельскохозяйственные поля с максимальной биомассой растительности и участки, занятые лесной и кустарниковой растительностью (светлый тон изображения), поля с различными видами сельскохозяйственных культур (серый тон изображения), открытые поля (черный тон изображения), пастбища и сенокосы (темно-серый и светло-серый тон изображения).

Для последующей площадной оценки и формирования векторных слоев исходное космическое изображение обрабатывалось методом автоматической классификации с использованием алгоритма ISODATA. Данный алгоритм относится к категории самоорганизующихся, поскольку требует минимальных априорных знаний для задания исходных параметров, он использует критерий близости точек в пространстве признаков.

Под классификацией понимают процедуру, позволяющую вынести решение о принадлежности данного изображения или его фрагмента к одному из тематических классов. Основанием для этого служит некоторая совокупность критериев близости значений свойственных им признаков. В качестве минимальных объектов при классификации изображения используются минимальные элементы – пиксели. Классификация базируется на теории распознавания образов, основанной на извлечении и анализе статистик по спектральным, текстурным или геометрическим свойствам объектов. При классификации формируется виртуальное n -мерное пространство признаков, которое на основе заложенных в алгоритм классификации математических критериев разделяется на замкнутые области, каждая из которых приписывается тому или иному тематическому классу. На основании этого деления формируется новое изображение, представляющее собой растровую карту пространственного распре-

деления участков, отнесенных классификатором к анализируемым классам.

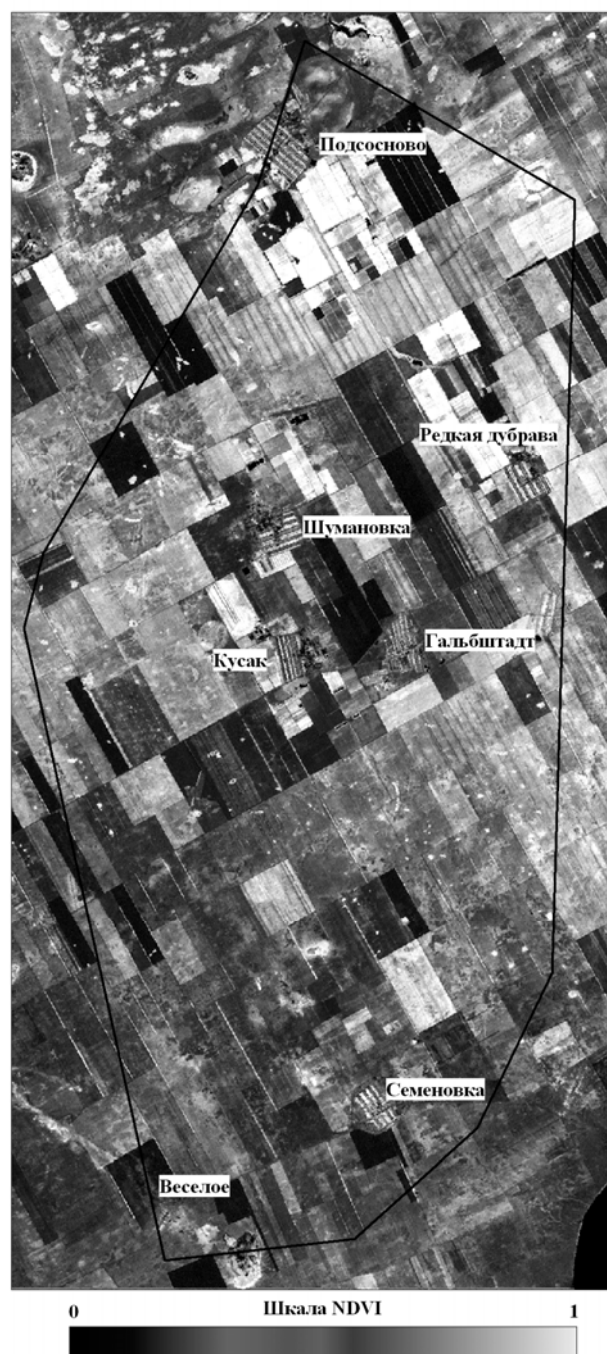


Рис. 1. Результат расчета NDVI растительности на исследуемой территории сухой степи (Славгородский и Немецкий районы Алтайского края)

В результате обработки исходного изображения алгоритмом ISODATA на исходном изображении получены классы, соответствующие сельскохозяйственным полям с различной густотой и видовым составом растительности, поля без растительности, участки, занятые лесной и кустарниковой растительностью, населенные пункты (рис. 3, 4). При совместном анализе результатов расчета вегетационного индекса

NDVI и классификации были сформированы следующие векторные слои: «пашня», «сенокосы и пастбища», «лесная и кустарниковая растительность», «прочие земли» (рис. 5, 6). Границы населенных пунктов и дорожная сеть дешифрировались на исходном изображении с использованием сельскохозяйственных карт и землеустроительных материалов. Площадная оценка векторных слоев проводилась в геоинформационной системе MapInfo 10.5 в процентном соотношении к площади исследуемой территории.

Расчеты современного состояния сельскохозяйственных угодий территории умеренно-засушливой степи приведены нами в статье [6].

Результаты исследований

Естественный принцип, обеспечивающий устойчивое функционирование природных ландшафтов, нарушается в агроландшафтах. В результате хозяйственной деятельности человека создается малокомпонентная, в сравнении с естественной, система, которая характеризуется искусственным отбором растений и животных и последующим отчуждением фитомассы [7]. Соответственно, в результате антропогенной нагрузки на ландшафт происходит упрощение агроландшафтов, то есть уменьшение сложности их структуры и экологического (видового) разнообразия [8].

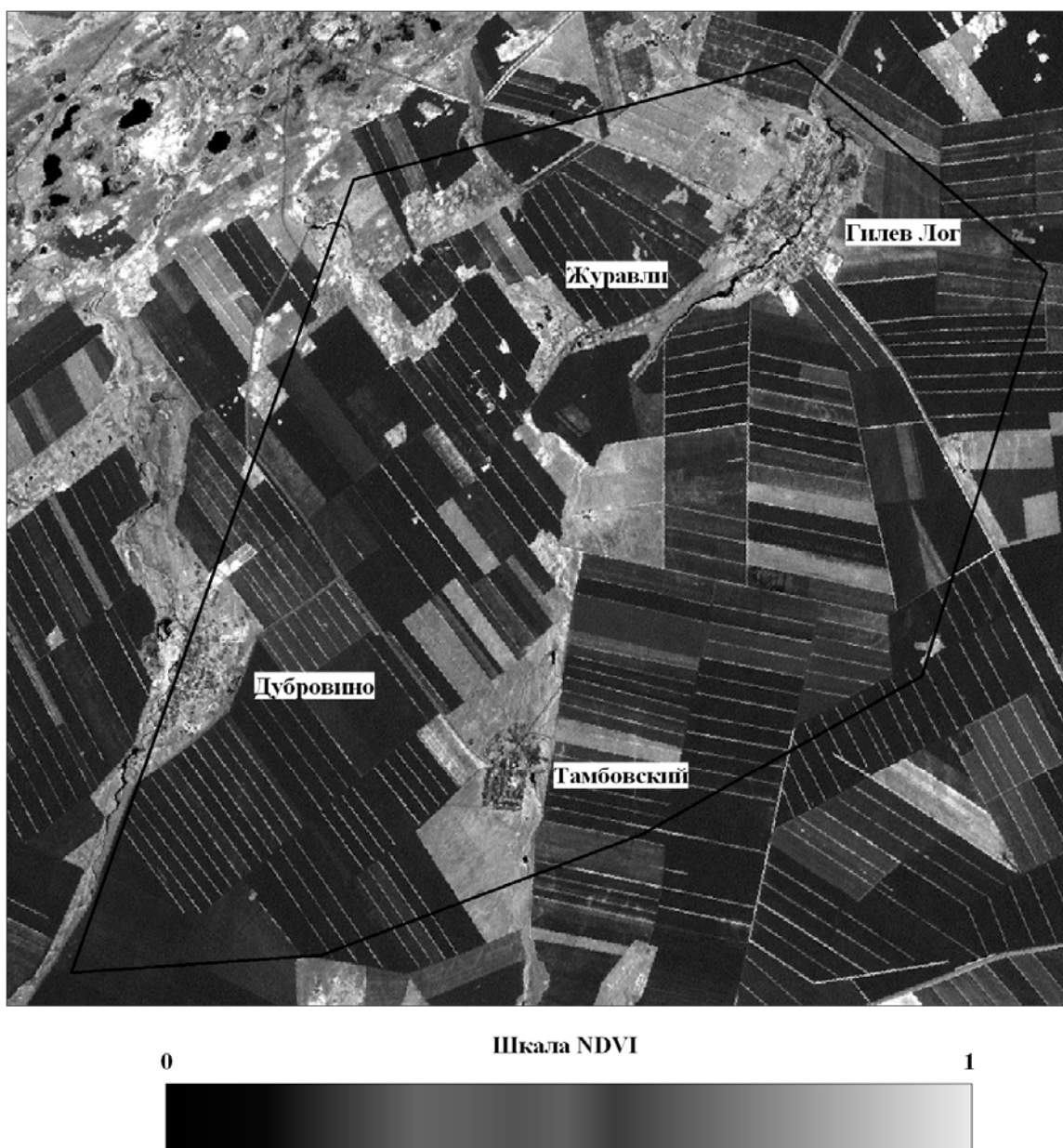
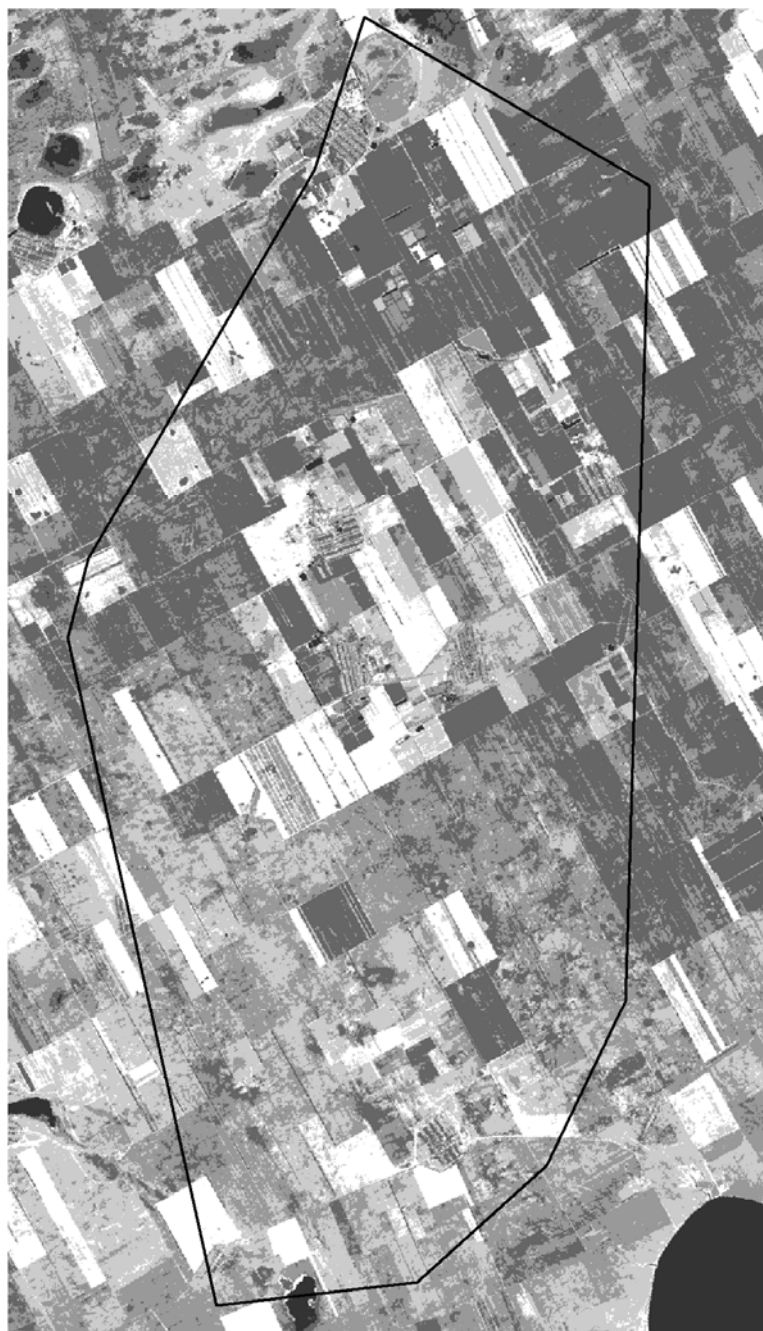


Рис. 2. Результат расчета NDVI растительности на исследуемой территории засушливой степи (Романовский район Алтайского края)



Условные обозначения:

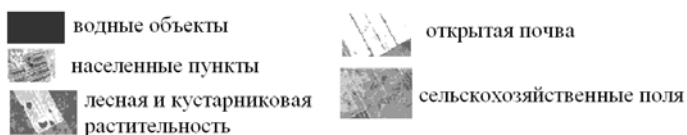


Рис. 3. Классификация изображения алгоритмом ISODATA территории сухой степи (Славгородский и Немецкий районы Алтайского края)

Воздействие человека имеет общие черты во всех зонах: уничтожение естественного растительного покрова, систематическое перемешивание верхнего слоя почвы, изменение физико-химических и биологических свойств почв [9]. Зональные различия проявляются в конкретных показателях, харак-

теризующих почвы и интенсивность их изменения.

О тенденциях трансформации ландшафтов изучаемой территории можно судить по структуре землепользования на реперных участках каждой из рассматриваемых зон (табл. 1).



Условные обозначения:

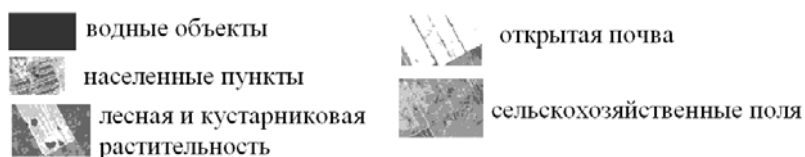


Рис. 4. Классификация изображения алгоритмом ISODATA территории засушливой степи (Романовский район Алтайского края)

В целом необходимо отметить, что исторически наиболее освоенной, с точки зрения вовлеченности в состав пахотных угодий, была территория сухой степи, в частности современного Славгородского района, что связано с переселенческой политикой начала XX в. при реализации аграрной реформы П.А. Столыпина, а также территория умеренно-засушливой степи, вблизи крупных населенных пунктов и наличием удобных транспортных узлов.

После освоения целинных и залежных земель, когда в Алтайском крае было дополнительно распаханно 2 млн 789,2 тыс. га земель, распаханность в зоне сухой степи превысила 80% [11].

На современном этапе, по данным дистанционного зондирования на реперных участках, площади пашни в зонах сухой и засушливой степи практически не изменились со времени первого тура почвенных обследований, распаханность территории составляет 89 и 82% соответственно.

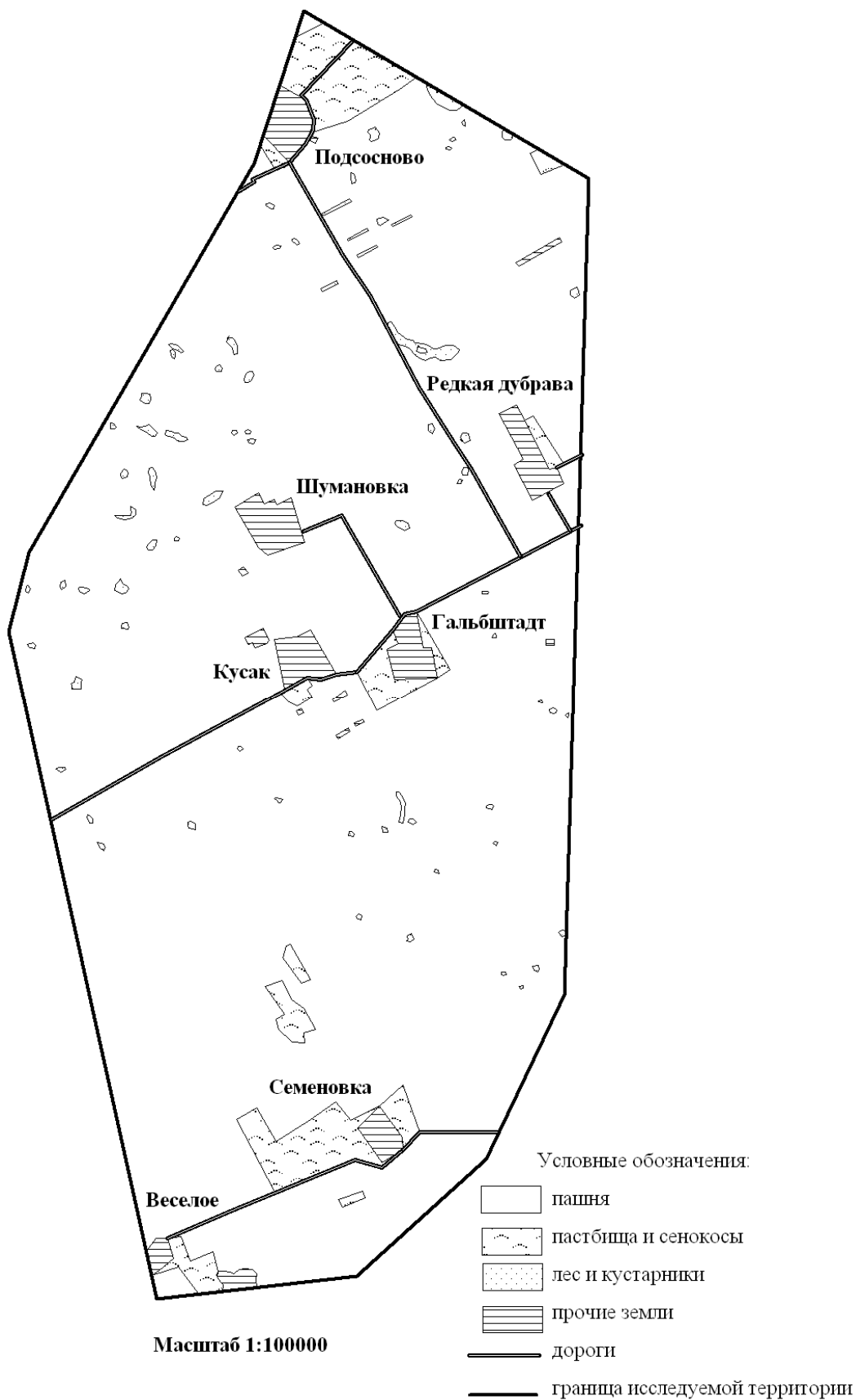


Рис. 5. Векторная карта территории сухой степи (Славгородский и Немецкий районы Алтайского края)

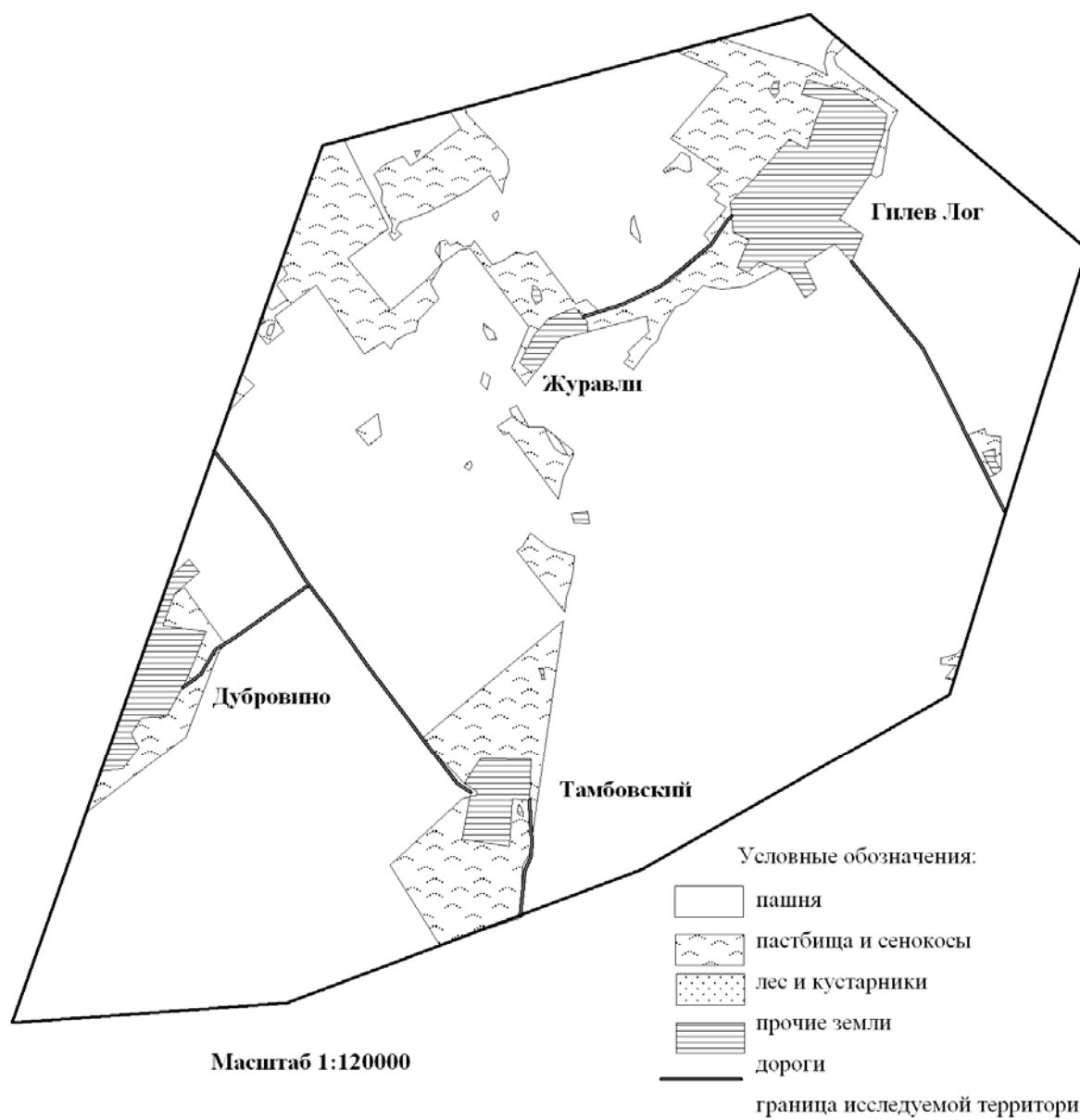


Рис. 6. Векторная карта территории засушливой степи (Романовский район Алтайского края)

Динамика изменения площади сельскохозяйственных угодий, % Таблица 1

Виды землепользования	Сухая степь			Засушливая степь			Умеренно-засушливая степь		
	1917 г.	1960-1970 гг.	2006 г.	1917 г.	1960-1970 гг.	2006 г.	1917 г.	1960-1970 гг.	2000 г.
Пашня	35-41	87	89	15-25	81	82	25-35	79	61
Пастбища и сенокосы		7	7		13	13		13	13
Лес и кустарники		1	1		2	1		3	14
Прочие земли		5	3		4	4		5	12

Данные о пахотных угодьях по природным зонам за 1917 г. приведены по Атласу Алтайского края [10].

Вместе с тем в подзоне умеренно-засушливой колючей степи наблюдается снижение доли пашни с 79 до 61% за счет увеличения доли лесов и кустарников и про-

чих земель. По увеличению процентного соотношения лесов и кустарников в общей структуре землепользования хозяйств можно констатировать факт зарастания бросовых земель, то есть о восстановлении естественного для данной природно-почвенной подзоны фитоценоза.

Согласно Н.Ф. Реймерсу, для устойчивого функционирования ландшафтов степной зоны примерная доля преобразованных ландшафтов должна составлять 40-60% [12]. В соответствии с этим положением в природных зонах сухой и засушливой степи агроландшафты испытывают интенсивную антропогенную нагрузку и находятся в неустойчивом состоянии, что приводит к неизбежной деградации ландшафтов в целом и почвенного покрова в частности. В подзоне умеренно-засушливой колючей степи даже снижение доли пашни в среднем до 61% и увеличение площади леса до 14% не позволяют ландшафтам данной подзоны достичь необходимого минимума устойчивого функционирования.

Наиболее важными процессами образования почв степной зоны, в частности черноземов, является господствующий дерновый процесс черноземной стадии почвообразования и сопутствующий элювиальный процесс. Эти процессы формируют гумусовый и карбонатный профили чернозема. Они привели к образованию чернозема в девственной степи и продолжают оставаться главными процессами, хотя количественно измененными, в распаханых черноземах [13].

Дерновый процесс в целинных черноземах получает мощное развитие. Он заключается в аккумуляции большого количества гуматно-кальциевого гумуса, прочно связанного с минеральной частью. В черноземах, в отличие от других почв, выражена резкая биогеохимическая аккумуляция биофильных макро- и микроэлементов (С, N, P, Ca, Sr, K, S, Si, J, B, Mg, Co, Ni, Zn, Cu, Fe, Mn и др.) [14]. Дерновый процесс черноземообразования характеризуется ускоренным биологическим круговоротом,

обусловленным развитием травянистой растительности. Важной стороной дернового процесса является оструктурирование почвенной массы – создание той комковато-зернистой структуры, которой славится чернозем [13].

Влияние дернового процесса почвообразования играет решающую роль и в образовании каштановых почв сухой степи.

Таким образом, наиболее важными показателями при оценке плодородия почв степной зоны являются содержание гумуса в гумусовоаккумулятивных горизонтах и мощность гумусовых горизонтов.

Нами были рассчитана интенсивность изменения площадей видов почв по гумусированности и мощности гумусовых горизонтов между двумя турами почвенных обследований (60-70-е годы и 80-90-е годы XX в.) (табл. 2, 3).

Во всех вовлеченных в исследования природно-почвенных зонах наблюдаются сокращение доли площадей видов почв с относительно высоким содержанием гумуса и соответственное увеличение площадей видов почв с более низким содержанием гумуса. Наиболее ярко эти процессы проявляются в условиях засушливой и умеренно-засушливой степи.

По природно-почвенным зонам в почвах наблюдается уменьшение мощности гумусового горизонта. В период между двумя турами почвенных обследований увеличилась площадь маломощных почв и, соответственно, сократилась площадь среднеспособных почв. Наибольшая интенсивность изменения площадей почв зафиксирована в зонах каштановых почв сухой степи и южных черноземов засушливой степи и составила, соответственно, 2,3 и 2,09% в год.

Таблица 2

Интенсивность изменения площадей видов почв по гумусированности, % в год

Виды почв по содержанию гумуса	Сухая степь	Засушливая степь	Умеренно-засушливая степь
Слабогумусированные	+0,08	+2,73	+1,09
Малогумусные	+0,55	-2,46	-1,05
Среднегумусные	-0,63	-0,27	-0,04

Таблица 3

Интенсивность изменения площадей видов почв по мощности гумусового горизонта, % в год

Виды почв по мощности гумусового горизонта	Сухая степь	Засушливая степь	Умеренно-засушливая степь
Маломощные	2,30	2,09	1,34
Среднеспособные	-2,30	-2,09	-1,34

Выводы

В настоящее время наибольшая распаханность территории характерна для природных зон сухой и засушливой степей и составляет 89 и 82% соответственно. Агрорландшафты указанных зон испытывают интенсивную антропогенную нагрузку и находятся в неустойчивом состоянии, что приводит к неизбежной деградации ландшафтов в целом и почвенного покрова в частности.

Сельскохозяйственное использование привело к активному проявлению процессов дегумификации и снижению мощности гумусового горизонта почв.

Наибольшая интенсивность процессов дегумификации наблюдается в условиях засушливой и умеренно-засушливой степи, а большая скорость изменения площадей видов почв по мощности гумусового горизонта, в сторону его уменьшения, зафиксирована в зоне каштановых почв сухой степи и подзоне черноземов южных засушливой степи.

Библиографический список

1. Бивалькевич В.И., Бурлакова Л.М., Поляков Ю.А., Пудовкина Т.А. Концепция рационального использования земель сельскохозяйственного назначения Алтайского края в современных условиях // Производство продукции сельского хозяйства в Алтайском крае в современных условиях: проблемы и решения. – Барнаул, 1998. – С. 370-401.
2. Тюрин И.В. Органическое вещество почв и его роль в плодородии. – М.: Наука, 1965. – 320 с.
3. Кочуров Б.И. На пути к созданию экологической карты СССР // Природа. – 1989. – № 8. – С. 10-17.
4. Ковда В.А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана. – М.: Наука, 1981. – 182 с.
5. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: учебное пособие. – М.: Логос, 2001. – 264 с.

6. 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

7. Уразаев Н.А., Вакулин А.А., Никитин А.В. и др. Сельскохозяйственная экология. – М.: Колос, 2000. – 304 с.

8. Бунина Н.П., Шабанов В.В. К вопросу территориальной организации культурного ландшафта // Проблемы научного обеспечения развития эколого-экономического потенциала России: сб. тр. МГУП. – М., 2004. – С. 147-150.

9. Муха В.Д., Картамышев Н.И., Кочетов И.С. и др. Агрочвоведение. – М.: Колос, 1994. – 528 с.

10. Атлас. Алтайский край. – Т. 2. – М.; Барнаул: ГУГК, 1980. – 236 с.

11. Андреенков С.Н. Руководство партийных комитетов Западной Сибири сельским хозяйством в период освоения целинных и залежных земель 1954-1960 гг. // Сибирь: проблемы истории и повседневности XVII-XX вв. Бахрушинские чтения-2005. – Новосибирск: НГУ, 2005.

12. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник – М.: Мысль, 1990. – 639 с.

13. Почвоведение: учеб. для ун-тов; в 2 ч. / Под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. Ч. 2. Типы почв, их география использование / Богатырев Л.Г., Васильевская В.Д., Владыченский А.С. и др. – М.: Высш. шк., 1988. – 368 с.

14. Ковда В.А. Прошлое и будущее чернозема // Русский чернозем – 100 лет после Докучаева. – М.: Наука, 1983. – С. 253-280.

Работа выполнена при финансовой поддержке фонда РФФИ и Администрации Алтайского края, гранты № 13-04-98055 и № 25-13ф по региональному конкурсу.

