

надлежит Суздальскому району области, тогда как минимальный – Судогодскому району. Преобразованная градация оценки почвенного плодородия показывает, что почвенный покров в районах имеет неоднородную структуру. Результаты исследований могут быть полезными для департаментов сельского хозяйства районов с целью контроля и повышения уровня плодородия.

#### Библиографический список

1. Ягодин Б.А. и др. Агрохимия: учебник по агрономическим специальностям / под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1989. – 654 с.
2. Благовидов Н.Л. Качественная оценка земель и их рациональное использование. – Л., 1962.
3. Благовидов Н.Л. Качественная оценка земель: Бонитировка почв и оценка земель. – М.: МСХ СССР, 1960. – 79 с.
4. Цховребов В.С., Фаизова В.И., Марьин А.Н. и др. Бонитировка и качественная оценка почв: учебно-методическое пособие. – Ставрополь: Параграф, 2011. – 61 с.
5. Владимирская область: анализ экономического положения РИА новости. – М., 2011. – 36 с.
6. Гаврилук Ф.Я. Бонитировка почв. – М., 1970.
7. ГОСТ 26484-85 Почвы. Метод определения обменной кислотности.

8. Гришина А.В. Агроэкологическая оценка уровней содержания тяжелых металлов в экосистемах Владимирской области: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04. – М., 2001. – 233 с.: ил.

9. Земледелие с почвоведением: учебно-методический комплекс для студентов, обучающихся по специальности 110201.51 «Агрономия». – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2010. – 128 с.

10. Комаров В.И., Барина К.Е. Агрохимическая и агроэкологическая характеристика почв сельскохозяйственного назначения Владимирской области. – Владимир, 2008. – 179 с.

11. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.

12. Минеев В.Г. Агрохимия. – М.: МГУ: КолосС, 2004. – 2-е изд., перераб. и доп. – 720 с.

13. Практикум по агрохимии: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. акад. РАСХН В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.

14. Тюменцев Н.Ф. Как оценить качество почв. – Новосибирск, 1966.

15. Приказ Минсельхоза России № 5 от 11 января 2013 г. «Об утверждении методики расчета показателя почвенного плодородия в субъекте Российской Федерации».

16. <http://ru.wikipedia.org/>.



УДК 63:911.52:631.445.4 (571.15)

**Г.Г. Морковкин,  
Е.А. Литвиненко,  
Т.В. Байкалова,  
Н.Б. Максимова**

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ СТРУКТУРЫ АГРОЛАНДШАФТОВ И СВОЙСТВ ПОЧВ НА ПРИМЕРЕ УМЕРЕННО-ЗАСУШЛИВОЙ И КОЛОЧНОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

**Ключевые слова:** агроландшафты, умеренно-засушливая и колючая степь, черноземы обыкновенные и выщелоченные, данные дистанционного зондирования, NDVI, морфология почв.

#### Введение

Ландшафты лесостепной и степной зоны подвергаются наиболее интенсивному сельскохозяйственному воздействию и вместе с

тем являются наиболее благоприятным ресурсом для развития земледелия, в связи с этим они находятся в условиях повышенного риска и нуждаются в контроле и грамотном природопользовании для сохранения своего аграрно-природного потенциала [6].

Сельскохозяйственное использование земель связано с возрастающим влиянием человека на почву. Длительное использование приводит к широкому распространению

процессов деградации почв. Антропогенная деградация почв – это необратимые изменения в структуре и функционировании почв, которые вызваны физическими, химическими или биотическими антропогенными воздействиями, превышающими природную устойчивость почв и ведут к невозможности выполнения почвами их экологических функций [20].

Основной характеристикой сформированного сельскохозяйственным использованием природного комплекса является упрощение ландшафта, то есть уменьшение сложности его структуры [2].

Замена естественной растительности агроценозами приводит к тому, что преобразованный ландшафт в большей степени реагирует на нагрузки [10]. Формируются вторичные по отношению к исходным ландшафтам агроландшафты, преобразованные хозяйственной деятельностью настолько, что изменяется связь природных компонентов в степени, ведущей к возникновению нового по сравнению с ранее существовавшим на этом месте природного комплекса [17].

Сельскохозяйственное производство ведет через изменение растительности к изменению почвенного покрова. Возникают новые взаимоотношения культурных растений с животным населением почвы, с окружающей средой, нарушается установившийся естественный баланс органического вещества в почве в результате его отчуждения с урожаем [5]. Это приводит к процессам деградации почв: минерализации, дегумификации, опустыниванию, водной и ветровой эрозии [13], изменению физических показателей почв (плотности, агрегатного состава, влагоемкости, водопроницаемости, водопропрочности агрегатов, почвенной структуры) [8].

**Объект исследования** – агроландшафты умеренно-засушливой и колючей степи Алтайского края.

**Предмет исследования** – возможности использования ГИС-технологий для оценки динамики структуры агроландшафтов и свойств почв на примере зоны умеренно-засушливой и колючей степи Алтайского края.

Временная динамика горизонтальной структуры агроландшафта позволяет судить о степени интенсивности сельскохозяйственного использования земель, а также о реакции ландшафта в целом и отдельных его компонентов на изменения в характере использования территории.

В связи с этим **целью работы** являлось изучение изменений структуры агроландшафтов и свойств почв при длительном использовании в составе сельхозугодий.

Исследования проведены на реперных участках, в качестве которых были определены три типичных хозяйства Ребрихинского района (для соблюдения временного соответствия территорий исследований в анализ включены территории расположения хозяйств в 60-70-е годы XX в., в тексте статьи сохранены изначальные названия указанных хозяйств). Территория района расположена в подзоне обыкновенных черноземов умеренно-засушливой и колючей степи [3]. Согласно агроклиматическому районированию Алтайского края Ребрихинский район находится, преимущественно, в теплом слабоувлажненном подрайоне [1]. Климат отличается жарким, но коротким летом, холодной малоснежной зимой с сильными ветрами и метелями. Среднегодовая температура воздуха –  $-0,4^{\circ}\text{C}$ , средняя температура самого холодного месяца (январь) –  $-18,6^{\circ}\text{C}$ , самого теплого (июль) –  $+18,8^{\circ}\text{C}$ . Сумма активных температур за период с температурой выше  $+10^{\circ}\text{C}$  составляет  $2208^{\circ}\text{C}$ . Влагообеспеченность территории определяется количеством выпавших осадков и условиями испарения. Сумма осадков за год – 327 мм, из них на теплый период (апрель-октябрь) приходится 290 мм, коэффициент увлажнения для исследуемого района составляет 0,5 [16].

Для выполнения поставленной цели проводился сравнительный анализ архивных данных 2 туров почвенных обследований, проведенных в 60-70-е годы и в 80-90-е годы XX в. и предоставленных ОАО «Алтай-НИИГипрозем», а также анализ данных дистанционного зондирования (космоснимки, 2000-е годы). Указанные сведения использовались при изучении динамики площадей сельскохозяйственных угодий, степени проявления ветровой и водной эрозии, показателей содержания гумуса в почвах, состояния мощности гумусового горизонта почв.

Картографические материалы, имеющиеся в наличии, в значительной степени устарели и не могут служить источником достоверной информации об актуальном состоянии сельскохозяйственных угодий. Поэтому данные о современном состоянии угодий получены с помощью снимков среднего разрешения в нескольких спектральных диапазонах со спутниковой системы LANDSAT. Для реализации задач исследования использовался программный комплекс ENVI, позволяющий осуществить визуализацию, классификацию и спектральный анализ космических снимков.

Дешифрирование снимков в значительной степени облегчается наличием картматериалов второго тура почвенных обследований. Задача решается путем сравнения карт, от-

ражающих раннее состояние угодий, и космоснимков 2000-х годов.

На первом шаге снимки и картматериалы взаимно трансформировались – приводились к единой системе координат WGS 84 для создания векторных слоев структуры землепользования на современном этапе (2000-2010 гг.).

Выделение всех контуров осуществляли визуальным способом: контуры сельскохозяйственных угодий векторизовали по космоснимкам, с уточнением границ по имеющимся картматериалам. Выбор этого метода обусловлен тем, что визуальное дешифрирование обеспечивает более быстрый результат и требует меньше наземных эталонов, чем любой из алгоритмов автоматического выявления изменений. Векторизацию проводили в программе MapInfo Professional v.10.5. MapInfo является полнофункциональной геоинформационной системой, возможности которой позволяют отображать, редактировать и обрабатывать картографические данные, хранящиеся в базе данных, с учетом пространственных отношений объектов [4].

Вторым этапом работы является формирование цветного изображения в синтезе CIR (Color Infra Red) с последующей оцифровкой контуров лесной и кустарниковой растительности.

Характерной особенностью растительности является относительно малое отражение в красной области спектра и большее в ближней инфракрасной [7], поэтому векторизация лесной и кустарниковой растительности по материалам космической съемки производится с помощью цветного изображения в синтезе CIR. Такое изображение получается при синтезировании трех спектральных каналов: ближнего инфракрасного, красного и зеленого (NIR-R-G). В результате чего формируется изображение, окрашенное в красные и зеленые цвета, где изменение оттенков изображения от ярко-красного до темного красно-коричневого связано с различиями в видовом составе растительных сообществ или фазе вегетации и густоте растительного покрова [12]. Так, сплошные лесные массивы и заросли кустарников имеют более интенсивный красный цвет, чем сельскохозяйственные поля (рис. 1).

На третьем этапе проводили расчет нормализованного разностного индекса вегетации растений (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index) для последующей векторизации земель различного сельскохозяйственного использования (рис. 2).

Индекс рассчитывали по формуле  

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red),$$

где NIR – это значение отражения в инфракрасной области спектра;

Red – в красной.

Эти области связаны с активностью вегетации и мало зависят от прочих факторов. То есть чем активнее вегетация, тем больше поглощать хлорофилл (меньшее отражение в красной области) и больше отражать клеточная структура (увеличение отражения в инфракрасной) [11].



Условные обозначения:

 лес и кустарники

Рис. 1. Результаты дешифрирования контуров лесной и кустарниковой растительности по синтезированному изображению на примере к-за «Партизанский штаб» Ребрихинского района

В результате расчета NDVI получили изображение, где более светлые участки соответствуют большему значению индекса и более активной вегетации. Таким образом, можно выделить на снимке распаханые поля и участки, занятые различными сельскохозяйственными культурами (рис. 3).

Итогом проведенной работы является формирование векторных слоев «лесная и кустарниковая растительность», «пашня» и «сенокосы и пастбища» (рис. 4-6), на основе которых получена информация о площадях угодий на современном этапе.

Итогом проведенной работы является формирование векторных слоев «лесная и кустарниковая растительность», «пашня» и «сенокосы и пастбища» (рис. 4-6), на основе которых получена информация о площадях угодий на современном этапе.

Анализ данных почвенных обследований и результатов дешифрирования показал, что структура землепользования изучаемых хозяйств претерпела значительные изменения

(табл. 1). Во всех рассматриваемых хозяйствах уменьшилась доля пашни. В среднем площадь пашни сократилась на 18%, причем на 12% из них в период с 1991 по 2000 гг.

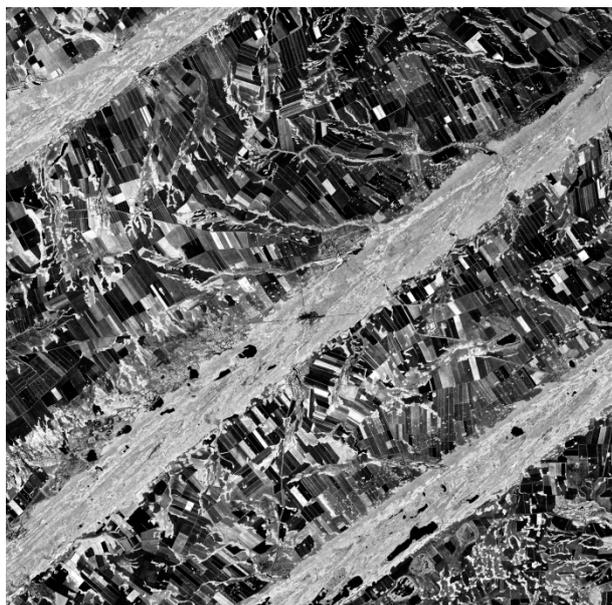


Рис. 2. Фрагмент изображения территории Ребрихинского района с рассчитанным индексом NDVI

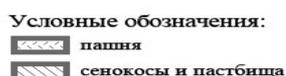
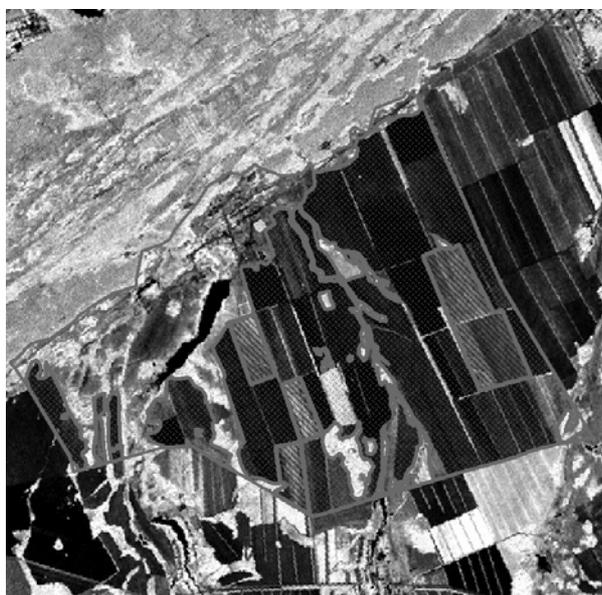


Рис. 3. Результаты дешифрирования контуров пашни и пастбищ на примере к-за «Партизанский штаб» Ребрихинского района

В целом по всем хозяйствам наблюдается снижение доли пашни с 79 до 61% за счет увеличения доли лесов и кустарников и

прочих 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.

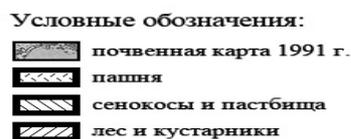


Рис. 4. Схема структуры агроландшафтов к-за «Партизанский штаб» Ребрихинского района по данным на 2000 г., совмещенная с почвенной картой

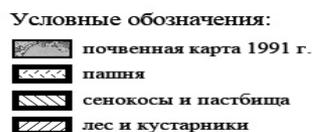
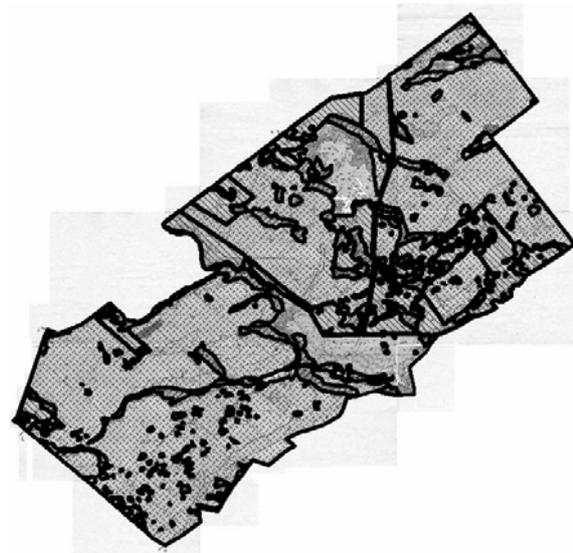
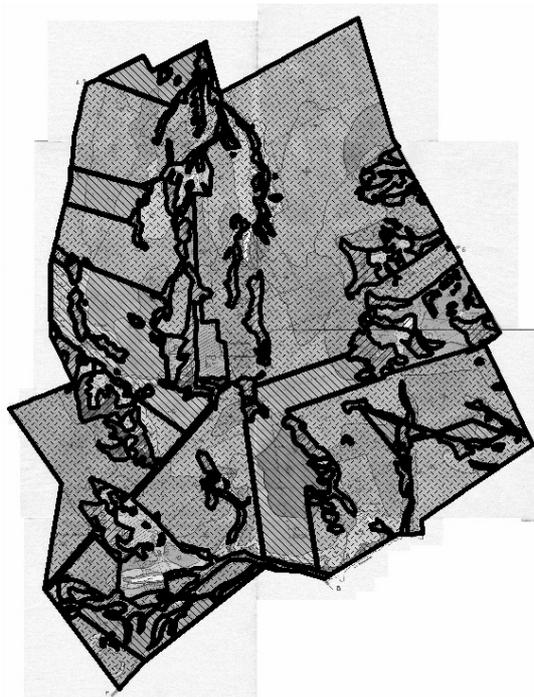


Рис. 5. Схема структуры агроландшафтов к-за «Имени Мамонтова» Ребрихинского района по данным на 2000 г., совмещенная с почвенной картой



Условные обозначения:  
 [grey box] почвенная карта 1991 г.  
 [diagonal lines box] пашня  
 [horizontal lines box] сенокосы и пастбища  
 [vertical lines box] лес и кустарники

Рис. 6. Схема структуры агроландшафтов к-за «Красный партизан» Ребрихинского района по данным на 2000 г., совмещенная с почвенной картой

Таблица 1  
 Динамика изменения площади сельскохозяйственных угодий

Доля угодий в общей площади, %	В среднем по реперным участкам		
	1973 г.	1991 г.	2000 г.
Пашня	78	73	61
Пастбища и сенокосы	14	12	13
Лес и кустарники	3	6	14
Прочие земли	5	9	12

Рассматриваемая территория занимает промежуточное положение между степной и лесостепной зоной, поэтому можно предположить, что согласно данным, приведенным Н.Ф. Реймерсом, для устойчивого функционирования ландшафтов данной местности доля природных и природно-антропогенных ландшафтов должна составлять 30-50% [18].

Таким образом, даже снижение доли пашни в среднем до 61% и увеличение площади леса до 14% не позволяют ландшафтам рассматриваемой природно-почвенной подзоны достичь необходимого

минимума устойчивого функционирования, что приводит к неизбежной деградации ландшафтов в целом и почвенного покрова в частности.

При проведении полевых исследований осенью 2012 г. была дана оценка изменения морфологической структуры почвенных профилей на реперных участках по сравнению с данными результатов второго тура почвенного обследования в 80-90-е годы XX в. (табл. 2, 3).

Таблица 2  
 Сравнительная морфологическая характеристика черноземов обыкновенных

Разрез № 10 – 1991 г.	Разрез № 3 – 2012 г.
Апах 0-23 см. Свежий, темно-серый, комковато-пылеватый, рыхлый, корни растений, переход постепенный	Апах 0-13 см. Свежий, серый, комковато-пылеватый, рыхлый, корни растений, переход ясный
	А 13-27 см. Свежий, серый, комковато-глыбистый, плотный, единичные корни растений, переход постепенный
АВ 23-44 см. Свежий, серый с буроватым оттенком, комковатый, уплотненный, единичные корни растений, переход постепенный	АВ 27-40 см. Свежий, серый с буроватым оттенком, глыбисто-комковатый, плотный, единичные корни растений, переход постепенный
В 44-65 см. Свежий, серовато-бурый, комковатый, уплотненный, единичные корни растений, переход постепенный	Вк 40 см. Свежий, белесо-бурый, глыбисто-комковатый, плотный, пропитка карбонаты, псевдомицелий

Для почв умеренно-засушливой и колючной степи в 90-х годах по описанию, указанному в почвенном очерке, характерно следующее строение гумусовых горизонтов: Ап – свежий, темно-серый, комковато-пылеватый, рыхлый; АВ – свежий, серый с буроватым оттенком, комковатый, уплотненный [14, 15].

К 2012 г. по нашим данным строению верхних горизонтов присущи признаки: Ап – свежий, серый, комковато-пылеватый, рыхлый; А – свежий, серый, комковато-глыбистый, плотный; АВ – свежий, серый с буроватым оттенком, комковатый-глыбистый, плотный.

На современном этапе использования почв наблюдается резкое уплотнение почвы по генетическим горизонтам. Так, если в 1991 г. почвы имели уплотненное сложение, то на данный момент преобладает категория «плотные» почвы, реже – «очень плотные». Также произошло укрупнение почвенных агрегатов. Структура почвы изменилась с комковатой на комковато-глыбистую

и глыбисто-комковатую. Эти процессы являются, преимущественно, следствием механического воздействия мобильной сельскохозяйственной техники: давление ходовых систем, вибрация почвы, буксирование, воздействие рабочих органов на почву [19]. В связи с этим возникает настоятельная необходимость применения агротехнических мероприятий, направленных на ликвидацию и предотвращение переуплотнения почв: минимизация обработки почв, организация севооборотов, внесение органических удобрений, мульчирование поверхности почвы [9].

Таблица 3

*Сравнительная морфологическая характеристика черноземов выщелоченных*

Разрез № 106 – 1991 г.	Разрез № 6 – 2012 г.
Апах 0-24 см. Свежий, темно-серый, комковато-пылеватый, рыхлый, корни растений, переход постепенный	Апах 0-13 см. Свежий, серый, комковато-пылеватый, рыхлый, корни растений, переход ясный
АВ 24-44 см. Свежий, серый с буроватым оттенком, комковатый, уплотненный, единичные корни растений, пропитка карбонаты, переход постепенный	АВ 13-39 см. Свежий, серый с буроватым оттенком, комковато-глыбистый, плотный, единичные корни растений, переход постепенный
В 44-73 см. Свежий, буровато-серый, комковатый, плотный, пропитка карбонаты, переход ясный	Вт 39-56 см. Свежий, бурый, комковато-глыбистый, плотный, переход постепенный
	Вк 56 см. Свежий, светло-бурый, комковато-глыбистый, плотный, карбонаты псевдомицелий

За период с 1991 по 2012 гг. мощность гумусовых горизонтов в среднем существенно не изменилась, составив для черноземов обыкновенных 42 см и черноземов выщелоченных – 45 см.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие **выводы**:

1. Метод совместного использования данных дистанционного зондирования и современных результатов почвенных обследований является эффективным для определения динамики структуры агроландшафтов.

2. За рассмотренный временной период (1960-е – 2000-е годы) в условиях умеренно-засушливой и колочной степи Алтайского края в структуре агроландшафтов произошли значительные изменения, в частности снижение доли пашни за счет увеличения доли лесов и кустарников и прочих земель.

3. Почвы изученной природно-почвенной подзоны (черноземы обыкновенные и вы-

щелоченные) претерпели явные изменения морфологических признаков в части переуплотнения подпахотных горизонтов почв и укрупнения структурных агрегатов, что явилось следствием интенсивной сельскохозяйственной деятельности.

**Библиографический список**

1. Агроклиматические ресурсы Алтайского края (без Горно-Алтайской автономной области). – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 156 с.
2. 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.
3. Бурлакова Л.М. Плодородие Алтайских черноземов в системе агроценоза. – Новосибирск: Наука, 1984. – 199 с.
4. Жуков В.Т., Новаковский Б.А., Чумаченко А.Н. Компьютерное геоэкологическое картографирование. – М.: Научный мир, 1999. – 128 с.
5. Ковриго В.П., Кауричев И.С., Бурлакова Л.М. Почвоведение с основами геологии. – М.: Колос, 2000. – 416 с.
6. Красноярова Б.А. Территориальная организация аграрного природопользования Алтайского края. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1999. – 161 с.
7. Крылов А.М., Владимирова Н.А. Дистанционный мониторинг состояния лесов по данным космической съемки // Геоматика. – 2011. – № 3. – С. 53-57.
8. Кухарук Н.С., Чендев Ю.Г., Петин А.Н. Микроморфологические особенности органического вещества при агрогенной трансформации почв лесостепной зоны // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – Серия: Естественные науки. – 2011. – Т. 16. – № 15. – С. 168-179.
9. Муха В.Д., Картамышев Н.И., Кочетов И.С. и др. Агрочвоведение. – М.: Колос, 1994. – 528 с.
10. Мухин Ю.П., Кузьмина Т.С., Баранов В.А. Устойчивое развитие: Экологическая оптимизация агро- и урболандшафтов. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2002. – 122 с.
11. Новохатин В.В., Казаков А.А. Использование данных дистанционного зондирования земли в оценке процесса вторичного заболачивания осушенных болот Западной Сибири // Вестник Тюменского государственного университета. – 2012. – № 7. – С. 167-173.
12. Особенности отображения объектов в различных спектральных зонах / Межуниверситетский аэрокосмический центр при Географическом факультете МГУ им.

М.В. Ломоносова (Интернет-семинар) // [http://www.geogr.msu.ru/science/aero/academic/int\\_sem2/Theme3.htm](http://www.geogr.msu.ru/science/aero/academic/int_sem2/Theme3.htm).

13. Петров К.М. Общая экология: Взаимодействие общества и природы. – СПб.: Химия, 1998. – 352 с.

14. Пояснительная записка по корректировке материалов почвенного обследования колхоза «Имени Мамонтова» Ребрихинского района Алтайского края. – Барнаул, 1991. – 65 с.

15. Пояснительная записка по корректировке материалов почвенного обследования колхоза «Красный Партизан» Ребрихинского района Алтайского края. – Барнаул, 1991. – 64 с.

16. Природно-климатический очерк по Ребрихинскому району Алтайского края. – Барнаул, 1991. – 37 с.

17. Реймерс Н.Ф. Охрана природы и окружающей человека среды: слов.-справ. – М.: Просвещение, 1992. – 320 с.

18. Реймерс Н.Ф. Природопользование: слов.-справ. – М.: Мысль, 1990. – 639 с.

19. Черников В.А., Алексахин Р.М., Голубев А.В. и др. Агроэкология. – М.: Колос, 2000. – 536 с.

20. Языков Е.Г., Шатилов А.Ю. Геоэкологический мониторинг. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 276 с.



УДК 631.95+631.153.3+631.454

**И.А. Самофалова,  
Н.М. Мудрых,  
Н.Ю. Каменских,  
Ю.А. Лобанова**

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ КАК ОСНОВА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ СЕВОБОРОТОВ И УДОБРЕНИЙ

**Ключевые слова:** агроэкологическая оценка, агроэкологическая типизация земель, агроэкологические группы земель, агроэкологические типы земель, агроландшафты, почвы, севообороты, мероприятия по повышению плодородия почв, дозы удобрений.

### Введение

Необходимость учёта природных свойств территории для целей сельского хозяйства и землеустройства была востребована и осознана аграрной наукой на самых ранних этапах её становления. Традиционное деление земель России на категории по признакам отраслевого назначения, а также по пригодности не может обеспечить получение правильных землеустроительных решений в конкретных хозяйствах и на конкретных участках земли [1]. Длительное нерациональное антропогенное воздействие на

природные ландшафты (экосистемы) привело к нарушению их природного цикла, деградации. Возникла необходимость поиска способов повышения устойчивости вновь образованных природно-антропогенных ландшафтов – агроэкосистем. С помощью зональных систем земледелия, применявшихся в 70-80-е годы, решить эту проблему не удалось [2]. Современная земледельческая наука усовершенствовала известные в прошлом адаптивные подходы, предложив для практического применения адаптивно-ландшафтные системы земледелия (АЛСЗ). Только адаптивный подход может обеспечить учёт природных свойств территории и привязать к земле систему ведения сельскохозяйственного производства с помощью агроэкологической оценки [3, 4].

В современных условиях возрастает необходимость использования земельных ресурсов на основе агроэкологической типизации.