

хотных и подпахотных слоях схож между собой и характеризуется высоким уровнем водопрочности. Несмотря на то, что «точки» водопрочности структуры визуально перекрываются по слоям, дисперсионный анализ указывает на статистические различия по содержанию ВА в пахотном и подпахотном горизонтах ($p = 0,004$). Эти различия подтверждаются также дискриминантным анализом. Он указывает на возможность разделения образцов на группы со статистической значимостью на уровне $p < 0,0001$. Структурный состав пахотного и подпахотного слоя имеет разнокачественную оценку и статистически достоверно различается при уровне значимости $p < 0,001$.

Выводы

1. Структурно-агрегатный состав элементарных вариационных ареалов пахотных почв Красноярской лесостепи обладает различной изменчивостью. Чернозем выщелоченный при небольшом варьировании содержания агрономически ценных фракций в пахотном слое ($V = 15\%$) обладает средней изменчивостью содержания водопрочных агрегатов ($V = 22\%$). В серой лесной почве средняя величина варьирования АЦФ в слое 0-20 и 20-40 см сопровождается стабильным распределением водопрочных агрегатов в пространстве ($V = 7\%$).

2. Неодинаковый характер пространственного распределения структурно-агре-

гатного состава и его разнокачественная оценка обусловлены различиями в экологических условиях образования и функционирования почв. В целом, величина варьирования содержания агрономически ценных и водопрочных агрегатов, не превышающая 30%, позволяет судить об однородности пространственного распределения этих показателей.

Библиографический список

1. Липкина Г.С. Изучение параметров почв в полевых и приближенных к полевых условиям / Г.С. Липкина // Теоретические основы и методы определения оптимальных параметров почв. – М., 1980. – С. 29-42.
2. Методическое руководство по изучению почвенной структуры. – Л.: Колос, 1969. – 430 с.
3. Глобус А.М. Почвенно-гидрофизическое обеспечение агроэкологических математических моделей / А.М. Глобус. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 427 с.
4. Михеева И.В. Вероятностно-статистические модели свойств почв / И.В. Михеева. – Новосибирск: Изд-во Сиб. отд. РАН, 2001. – 197 с.
5. Шугалей Л.С. Экологическая оценка антропогенно-нарушенных почв юга Средней Сибири: автореф. дис. ... докт. биол. наук / Л.С. Шугалей. – Красноярск, 1991. – 37 с.



УДК 528.7:631.445.53 О.С. Сергеева,
А.М. Гиндемит

ВЛИЯНИЕ ВАРИАНТОВ СИНТЕЗИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ СПУТНИКА LANDSAT-7 НА ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА СОЛОНЦОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Ключевые слова: солонцовые комплексы, космические снимки, синтезирование, химическая мелиорация, глубокое рыхление, экономическая эффективность.

Введение

Одной из наиболее характерных черт почвенного покрова юга Западной Сибири является весьма широкое распространение черноземно-солонцовых комплексов [1-3]. Реорганизация почвенной службы

обусловила прекращение работ по крупномасштабному почвенному картированию и поставила сложные проблемы специалистам хозяйств и агрохимической службы при выборе путей рационального использования и мелиорации этих земель, которые занимают третью часть сельскохозяйственных угодий и четверть пахотных земель региона. В современных условиях наиболее доступным материалом для решения данных задач оказалось использование космической информации. Искусственные спутники Земли (ИСЗ) типа Aster, Landsat и другие регулярно 2 раза в месяц по стационарным орбитам производят съемку всего Земного шара. Свободная продажа снимков с разрешением от 10 до 60 м в пикселе при площади одной «сцены» снимка от 60x60 до 180x180 км позволяет применять космическую информацию в самых широких целях от геологических исследований до таксации лесных ресурсов [4].

Совместные исследования Омского аграрного университета и Западно-Сибирского филиала «Госземкадастрсъемка» по разработке методики почвенного дешифрирования многозональных космических снимков ИСЗ Landsat-7 проводились в центральной части Ишим-Иртышского лесостепного междуречья и вблизи дренированной части Иртыша [5]. Их цель – используя специфичность отражательной способности агрофитоценозов, обосновать дешифровочные показатели почвенного покрова и на этой основе предложить мелиоративную группировку солонцовых комплексов.

Солонцы и комплексы почв с их участием занимают в пашне черноземной полосы России около 27 млн га, из которых свыше 10 млн га расположено в Западной Сибири. Следует отметить, что третья часть природных кормовых угодий и 25% всех пахотных земель (930 тыс. га) Омской области расположены на солонцовых комплексных массивах. Согласно группировке почвенных комплексов Л.М. Фридланда семейство солонцовых почв Азиатской части России разделяется на два типа, занимающие обширные территории [3]. Первый из них приурочен к югу Западной Сибири, а второй – к почвенному покрову Алтайской степной и лесостепной провинции. При этом в обоих случаях сохраняются принципиальные различия между типами комплексов по соотношению доли зональных и интразональных почв. Эти типы были обоснованы при

разработке методики крупномасштабного почвенного картирования, проводимого на основе черно-белой аэрофотосъемки. В современных условиях, когда проектировщик мелиоративных работ имеет возможность видеть на снимке уже генерализованное изображение почвенного покрова каждого поля и его участков, нет необходимости выделения типов комплексов. Для каждого мелиорируемого массива могут быть даны конкретные рекомендации. На рисунке 1 для сравнения приведены фрагменты почвенной карты (а) и космического снимка (б, в) части земель ОПХ «Омское», расположенного в лесостепной зоне Прииртышья.

Детальность крупномасштабной почвенной карты 1:25000 не отражает особенностей расположения солонцовых элементарных почвенных ареалов (ЭПА) и тем самым ограничивает возможность дифференциации мелиоративных мероприятий. На космическом снимке четко проявляется наличие всех участков, нуждающихся в мелиоративных мероприятиях.

Вопрос о рациональном использовании этих почв имеет большое значение, так как залегая пятнами среди зональных почв, солонцы препятствуют проведению полевых работ в оптимальные сроки. Высокая степень комплексности резко снижает продуктивность всего массива и, по существу, требуется либо мелиорация, либо исключение его из активного сельскохозяйственного оборота.

Источником оперативного получения наиболее полных картографических материалов для разработки конкретных предложений по рациональному использованию всех земель хозяйства или района могут служить результаты космической съемки в сочетании с выборочным изучением почвенного покрова на ключевых (эталонных) участках традиционными наземными методами, но по сокращенной программе.

Объекты и методы

В качестве исходного материала анализировались черно-белые снимки, полученных в семи различных спектральных диапазонах от 0,40-1,7 нм с ИСЗ «Landsat-7». За счет синтезирования (сочетания) этих каналов в программном комплексе Corel Draw-12 можно судить об отражении и поглощении в данных линиях спектра. Благодаря неоднородности цветопередачи полей в виде пятнистостей выявляется комплексность почвенного покрова (ПП).

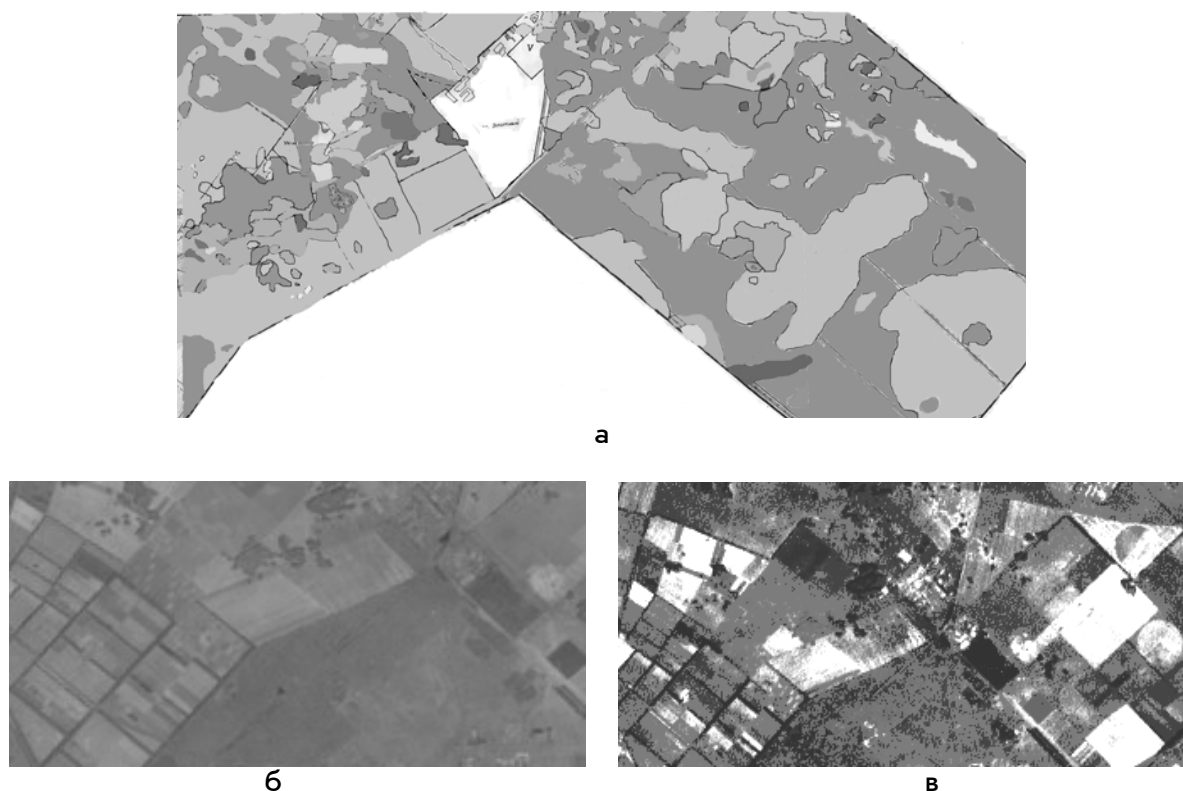


Рис. 1. Фрагмент почвенной карты и космического снимка ОПХ «Омское»

Различные типы комплексов по-разному отображаются на космических снимках, так как они характеризуются различной отражательной способностью. Для дешифрирования почвенного покрова отбираются те космические снимки, на которых наблюдается большая неоднородность цветопередачи полей в виде пятнистостей. При этом различий между разными агрофитоценозами при определенных вариантах синтезирования может не обнаруживаться.

При традиционных каналах синтезирования, например, 40/40/40, наблюдается отличие культур по полям севооборотов, но особенности почвенного покрова нивелируются. И лишь при специфическом подборе, сделанном в различных диапазонах, удастся вычленить компоненты почвенного комплекса. Солонцовые почвы наиболее четко определяются, например, при вариантах синтезирования каналов 20/30/70-R, 30/40/50-G.

Экспериментальная часть. На многозональных космических снимках наиболее четко можно выявить солонцовые комплексы, и на этой основе разработать рекомендации по дифференцированному применению приемов мелиорации солонцовых почв. Комплексность почвенного покрова на космических снимках выявляется благодаря неоднородности цветопе-

редачи полей в виде пятнистостей. При этом солонцовая пятнистость проявляется в полях севооборотов независимо от коэффициента спектральной яркости возделываемых культур и в целом отражательной способности фитоценоза. Это показала спектральная наземная съемка ключевых участков цифровой фотокамерой с набором светофильтров. Она была проведена в фазу созревания зерновых культур на опытных полях СибНИИСХ на участках, где проводилось сортоиспытание зерновых культур и оценка эффективности применения азотно-фосфорных удобрений. Однако в зависимости от варианта синтезирования многозональных космических снимков характер отображения контрастности различий ЭПА существенно различался.

В основу современной генетической классификации ряда почв включая солонцы положено их разделение по типу гидрологического режима, засолению, содержанию обменного натрия и мощности надсолонцового горизонта. Однако распространение солонцов не в чистом виде, а в составе сложных комплексов при чрезвычайно высокой динамичности уровня капиллярной каймы и грунтовых вод, динамичности обменного натрия и степени засоления дают право отойти от традиционного подхода [6].

В этом плане более обоснован подход П.С. Панина, который при составлении областных почвенно-мелиоративных карт рекомендовал разделять мелиоративные группы земель в зависимости от их расположения по элементам ландшафта и характеру использования в сельском хозяйстве [7]. С учетом этих рекомендаций, применительно к особенностям мелиорируемых солонцовых земель, в данном регионе в пределах одного лесостепного Западно-Сибирского типа солонцовых комплексов выделяется четыре категории (класса) солонцовых комплексов [8]:

1) комплексы луговых в разной степени засоленных и солонцеватых почв, которые расположены в приболотной и приозерной полосе, по долинам и дельтам рек при периодическом или постоянном переувлажнении;

2) комплексы солонцов, сформированные в межгрядных понижениях, вблизи приболотных и озерных понижениях, по долинам современного и древнего стока с неупорядоченным поверхностным и постоянным грунтовым увлажнением;

3) комплексы солонцовых почв, развитые на пологих склонах с неустойчивыми гидрологическим и солевым режимами;

4) комплексы солонцовых почв, развитые на плакорных частях водораздельных пространств с развитым микрорельефом.

Результаты и их обсуждение

В первой группе изучались комплексы луговых почв в разной степени засоленных и солонцеватых вблизи озера Эбейты (рис. 2).

Такие солонцы используются в основном как низкопродуктивные сенокосы и пастбища. Отображаются они самой светлой окраской. Химическая мелиорация на таких почвах совершенно невозможна, а агротехническая при высоком засолении малоэффективна. Оптимальным является

в целях повышения эффективности угодий проведение поверхностного улучшения, применение минеральных удобрений и подсев солевыносливых трав.

Ко второй группе можно отнести комплексы солонцов, развитые в межгрядных понижениях, вблизи приболотных и озерных понижениях в хозяйстве ОПХ «Боевое» возле Кривого озера. Наиболее четко они отображаются при синтезировании снимков 20/30/70 в канале R.

Такие почвы используются обычно в качестве сенокосов и пастбищ и являются массивами первоочередного улучшения лугов агротехническими приемами.

При участии в составе комплексов корковых и мелких солонцов менее 30% площади и невысокой степени засоления они чаще всего используются в пашне, преимущественно в кормовых севооборотах.

Благодаря многолетним исследованиям ученых ОмГАУ и агрохимического центра «Омский» для практически бесплодных корковых и мелких солонцов с разным содержанием обменного натрия разработана технология выборочной (поконтурной) химической мелиорации гипсованием. В Омской области загипсовано 78% таких почв на площади около 280 тыс. га, в том числе 50 тыс. га повторно.

В третьей группе рассмотрены комплексы солонцовых почв, развитые на пологих склонах с неустойчивыми гидрологическим и солевым режимами, расположенные в долине между озерами (рис. 3).

Основной путь окультуривания – периодическое применение глубокого рыхления для облегчения рассоления и предупреждения подтягивания солей из капиллярной каймы. При слабой и средней степени засоления и высокой солонцеватости радикальный путь окультуривания – гипсование.



Рис. 2. Солонцовые комплексы первой группы



Рис. 3. Солонцовые комплексы третьей группы

Рекомендованная в регионе безотвальная обработка почв этой группы не изменяет показателей почвенного плодородия, и урожайность повышается за счет улучшения водно-воздушного режима в первые 2-3 года.

Разработанная ОмГАУ технология агротехнической мелиорации солонцов включает: возделывание сидеральных культур до высоты 30 см; глубокое рыхление на 35-40 см; заделку в подпахотный горизонт пожнивных остатков и органических (сидеральных) удобрений без выноса на поверхность почвы из малоплодородного горизонта.

Технология осуществляется комбинированным орудием РН-4, которое разработано ОмГАУ совместно с ОКБ СибНИИСХ в 2005 г. Основная обработка почвы производится рыхлящими серийными корпусами с шахматной расстановкой. Следом за рыхлящими корпусами расположены вырезные диски специальной конструкции. Они измельчают растительные остатки и втрамбовывают их в щели, образованные основными рабочими органами. Обработка почвы рыхлителем завершается выравниванием поверхности поля либо пластинчатым катком, либо игольчатой бороной, в зависимости от влажности почвы в период полевых работ.

Рыхлитель обеспечивает глубокий дренаж, который длительно сохраняется за счет заделки в подпахотный слой пожнивных остатков и сидератов; создает условия для ускоренного развития корневой системы, ускоренного разложения растительных остатков, оптимизации водного режима повышением влагоемкости и водопроницаемости при уменьшении испаряемости и эродированности поверхности.

Комплексы солонцовых почв четвертой группы, развитые на плакорных частях водораздельных пространств с развитым микрорельефом, были изучены как в

междуречье Омь-Иртыш (ОПХ «Омское»), так и центральной части лесостепного Ишим-Иртышского междуречья ОПХ «Боевое». Их отражение на космическом снимке выделяется отдельными беспорядочно расположенными пятнами более светлой окраски среди относительно однородного по тону отражения агроценозов на зональных почвах черноземного ряда (лугово-черноземных, черноземах обыкновенных и южных).

Проведенное нами обобщение многолетних исследований ОмГАУ и СибНИИСХ свидетельствует, что в пашне преобладают на подобных комплексах солонцы малонатриевые. Различить по химизму пятна много- и малонатриевых солонцов, когда их размер – от 10 до 100 м и на космических снимках типа Landsat и TERRA (ASTER) с разрешением от 15 до 90 м не представляется возможным, и лишь запуск спутника ALOS (январь 2006 г.), имеющего пространственное разрешение от 2,5 до 10 м, очевидно, поможет в решении данной задачи.

Радикальное их улучшение достигается выборочным гипсованием в целях ликвидации солонцовой пятнистости в дозах от 6 до 15 т/га. При этом наши наблюдения на опорном пункте СибНИИСХ «Малиновский» показали, что даже через 20 лет после разового гипсования сохраняется последствие данного мелиоративного приема. Но дальнейшее их улучшение следует проводить не за счет повторного внесения гипса, а применения органических удобрений [9]. При этом весьма важно отметить, что детальный анализ космических снимков позволяет отличить почвы с различным содержанием гумуса и на этой основе обосновать дозы органических удобрений, что подтверждено полученным патентом на данный способ [10].

Величина чистого дохода на вариантах опытов
в зависимости от доли солонца в комплексе, тыс. руб.

| Вариант | Содержание солонца в комплексе, % | | | | |
|--|-----------------------------------|-------|-------------|-------|-------------|
| | 0 | до 10 | 10-25 | 25-40 | больше 40** |
| Малонатриевый солонец | | | | | |
| Контроль | 26,1 | 24,2 | 19,8 | 14,5 | 4,7 |
| Фосфогипс, 1984 г. | 26,1 | 24,1 | 19,4 | 13,7 | 5,3 |
| Фосфогипс, 1984 г. + перегной, 1992 г. | 22,5 | 20,9 | 16,9 | 12,2 | 7,1 |
| Многонатриевый солонец | | | | | |
| Контроль | 34,5 | 31,6 | 25,9 | 18,6 | -14,3 |
| 32 т/га однократно | 37,5 | 35,1 | 35,0 | 21,3 | 13,2 |
| Фон + 32 т/га | 37,5 | 34,8 | 34,1 | 19,7 | 12,7 |

* Зональная лугово-черноземная почва.

** На почвенных картах выделяется ареалами сплошных солонцов.

Экономическая эффективность гипсования почвенных комплексов, рассчитанная по результатам многолетних исследований, показала, что на пятнах солонцов этой группы на контроле без мелиорации чистый доход в 5 раз ниже, чем на окружающей их более плодородной зональной почве (табл.). При использовании многонатриевого солонца производство несет убыток в размере 50% от чистого дохода, полученного при использовании зональной почвы. Экономический эффект может быть достигнут лишь на комплексах с долей солонца не более 30% площади массива. В этом случае чистый доход на малонатриевом солонце составляет 70% от чистого дохода на окружающих более плодородных почвах, а на многонатриевом солонце при проведении повторного гипсования сокращенной нормой достигает 90%.

Заключение

Таким образом, на основании углубленного анализа спектрозональных космических снимков на этапе синтезирования снимков, полученных в разных диапазонах спектра, выявляются четкие различия в структуре почвенного покрова, с помощью которых можно произвести анализ рационального землепользования хозяйства и обосновать пути дифференциации приемов мелиорации солонцовых и засоленных почв.

Библиографический список

- Освоение и улучшение солонцовых комплексов Западно-Сибирской низменности / К.П. Горшенин // Земледелие. – 1959. – № 10. – С. 43-48.
- Градобоев Н.Д. Почвы Омской области / Н.Д. Градобоев, В.М. Прудникова, И.С. Сметанин. – Омск: Омское кн. изд-во, 1960. – 375 с.

- Фридланд В.М. Структура почвенного покрова / В.М. Фридланд. – М.: Мысль, 1972. – 422 с.

- О проблеме организации аэрокосмического почвенного мониторинга / В.Л. Андроников, Т.В. Королук, Е.И. Панкова // Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве. – М.: Наука, 1990. – С. 154-161.

- Аэрокосмический мониторинг динамики почвенного покрова / Б.В. Виноградов // Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве. – М.: Наука, 1990. – С. 55-61.

- Солонцы Сибири: их особенности и мелиорация / Л.В. Березин // Мелиорация и водное хозяйство. – 1995. – № 3. – С. 18-20.

- Почвенно-мелиоративные особенности северо-востока земледельческого пояса Западной Сибири / П.С. Панин, Х.Х. Мелеск, И.Н. Угланов // Проблемы сибирского почвоведения. – Новосибирск: Наука, 1977. – С. 142-158.

- О производственно-мелиоративной группировке солонцов Западной Сибири / Л.В. Березин // Влияние перераспределения стока вод на природные условия Сибири. – Новосибирск: Наука, 1980. – С. 25-31.

- Оценка длительного последствия гипсования солонцов лесостепи Прииртышья / Л.В. Березин, А.М. Семенов, Т.С. Федоренко // Омский научный вестник. – 2006. – № 10. – С. 12-15.

- Пат. 2337518 Российская Федерация, МПК А01С 21/00. Способ внесения органических удобрений / О.С. Сергеева, Л.В. Березин, Д.А. Климович; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО ОмГАУ. – № 2006143977/12; заявл. 11.12.06; опубл. 10.11.08, бюл. № 31 (II ч.). – 421 с.