

## НОВЫЙ СПОСОБ ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ РАВНИННЫХ РЕГИОНОВ

В.М. Красницкий<sup>1</sup>, А.Г. Шмидт<sup>1</sup>, Л.В. Березин<sup>2</sup>, М.Р. Шаяхметов<sup>2</sup>.

1. ФГБУ Центр агрохимической службы «Омский»

2. ФГБОУ ВПО Омский государственный аграрный университет

*На основе графо-аналитического и статистического анализа спектра отраженной солнечной радиации по мультиспектральным снимкам космических аппаратов усовершенствован способ почвенно-агрохимического обследования земель сельскохозяйственного назначения в равнинных регионах без построения цифровой модели рельефа. Способ основан на дифференцированном изучении влияния диапазонов съемки путем усложненного кластерного анализа светоотражения экосистем с учетом возможности варьирования цветовыми каналами в системе RGB для отдельного учета поглощения солнечной радиации почвенным и растительным покровом. По космическим снимкам высокого разрешения (5 м на пиксель) космического аппарата RapidEye (Германия) изучалось светоотражение агроценозов в период парования поля и последующего возделывания на этих полях яровой мягкой пшеницы в фазе ее цветения, а также на залежных землях, намечаемых к повторному освоению.*

*Ключевые слова. Почвенный покров, дистанционное зондирование, мультиспектральные снимки, спектр солнечной радиации, светоотражение.*

Федеральная служба РФ по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ) в последних числах сентября 2015 г. в результате экспертизы коллективной заявки на изобретение, поданной 28.03.2014 г. почвоведом Омского аграрного университета имени П.А. Столыпина и Центра агрохимической службы «Омский», приняла решение о выдаче патента на изобретение «Способ агрохимического обследования почв» по группе МПК G01N 33/24 и G01S13/89 [1]. Изобретение, предусматривающее использование материалов дистанционного зондирования Земли, может быть использовано в сельском хозяйстве равнинных регионов и является усовершенствованным способом изучения почвенного покрова в целях мониторинга и его рационального использования.

В практике агрохимической службы РФ оценку плодородия почв в основном проводят лишь по результатам определения содержания гумуса и подвижных элементов питания растений NPK и иногда ряда микроэлементов. Эта методика вполне оправдана для регионов с однородным почвенным покровом. Но для Западной Сибири, Южного Поволжья и территории Волго-Донского междуречья, где в пашне господствуют черноземно-солонцовые комплексы почв или солонцовые комплексы среди почв каштанового типа

необходимо предлагать специалистам крестьянско-фермерских хозяйств и акционерных объединений дифференцированную характеристику плодородия всех компонентов почвенного покрова.

Ранее хозяйства периодически получали материалы целевого почвенного покрова с приложением почвенной карты и почвенного очерка. Вместе с данными агрохимической службы специалисты хозяйств имели возможность разрабатывать дифференцированную агротехнологию с учетом всех особенностей почвенного покрова. Но после 1995 года работа почвенной службы России была упразднена. В результате земельный налог и все планы производства сельскохозяйственной продукции рассчитываются по устаревшим данным почвенного обследования 1985-1990 гг., хотя нормативный срок их информационности лишь 15 лет.

В этих условиях единственный выход для специалистов агрохимической службы регионов по корректировке почвенных планов и выдаче хозяйствам полной характеристики плодородия почвенного покрова – использование дешифрованных материалов дистанционного зондирования Земли космическими аппаратами, которые в настоящее время обеспечивают не только среднее, но и высокое разрешение, соответствующее почвенным планам масштаба 1:25 000.

В последние годы агрохимические Центры получили космические снимки среднего разрешения аппаратов типа Landsat, которые дают возможность выделять поля с различными культурами, но не отражают особенности почвенного покрова, так как получаемая по ним информация соответствует масштабу 1:200 000, реже 1:100 000. По этой причине специалисты агрохимической службы даже при желании не могут по ним дать оценку особенностей полей, различающихся по почвенному покрову.

Предложен способ определения параметров состояния почвенно-растительного покрова по данным многоспектрального аэрокосмического зондирования. Способ включает прием и регистрацию цифровых данных аэрокосмического зондирования, обработку этих данных путем проведения их географической привязки, тематическую обработку с выделением класса «растительность». Проводят определение объема фитомассы, и определение биопродуктивности выделяемых полигонов [2] (Патент № 2424540, 20.07.2011).

Недостатком известного способа является низкая объективность агрохимического обследования почв без реального учета состояния почвенного покрова.

Наиболее близким по технической сущности к предложенному нами решению проблемы является усовершенствованный способ агрохимического обследования почв, включающий выделение контуров по результатам дистанционного зондирования полей с открытой (вспаханной) почвой на обработанных радиолокационных аэрокосмических снимках и перенесение контуров на карты землепользования. С помощью выделенных контуров намечают элементарные участки для отбора почвенных образцов с переносом их на бумажные носители и на натуру, контуры выделяют с

помощью отраженных сигналов радиолокатора бокового обзора дециметрового диапазона длин волн и судят о их плодородии на основании коэффициента криволинейной корреляции, который определяют отношением величины отраженного сигнала радиолокатора к агрохимическим показателям [3]. (Патент № 2102748 G01N33/24, G01S13/89 20.01.1998).

Недостатками данного способа агрохимического обследования почв, являются низкая оперативность, ограниченная применимость, низкое качество картографического изображения почвенного покрова.

Техническим результатом предложенного нашим коллективом усовершенствованного способа агрохимического обследования почв являются, повышение оперативности, расширение применимости, повышение качества.

Технический результат достигается тем, что способ агрохимического обследования почв, включающий выделение контуров по результатам дистанционного зондирования полей, перенесение контуров на карты землепользования, выделение элементарных участков для отбора почвенных образцов **отличается от аналогов тем, что** выделение контуров проводят на мультиспектральных космических снимках высокого разрешения; географически привязанные контура, объединяют методом синтеза, разделяя на группы на основе спектральных характеристик объектов. На типичных ключевых участках, определяемых на этапе дешифрирования проводят выборочное обследование почв. При этом еще до выхода в поле по спектру отражения намечают координаты почвенных выделов (разрезов, полей, прикопок), а после полевого уточнения почвенных разностей рассчитывают по точкам отбора почвенных образцов путем многофакторного анализа специфическую величину отношения яркости свечения изучаемого биогеоценоза к показателям длинно- и коротковолновой части спектра солнечной радиации; создают наглядную модель исследуемого почвенного покрова в виде электронных картограмм.

Информация космических снимков о состоянии почвенного покрова отличается от аэрофотоснимков, положенных в основу традиционной методики почвенного картирования тем, что она определяется не по открытой поверхности поля, которая поглощает более 90 % приходящей радиации, а по спектральному анализу отраженной ее части агроценозами, преобладающих в регионе полевых культур, либо биогеоценозами типичных природных экосистем (Рис.1)

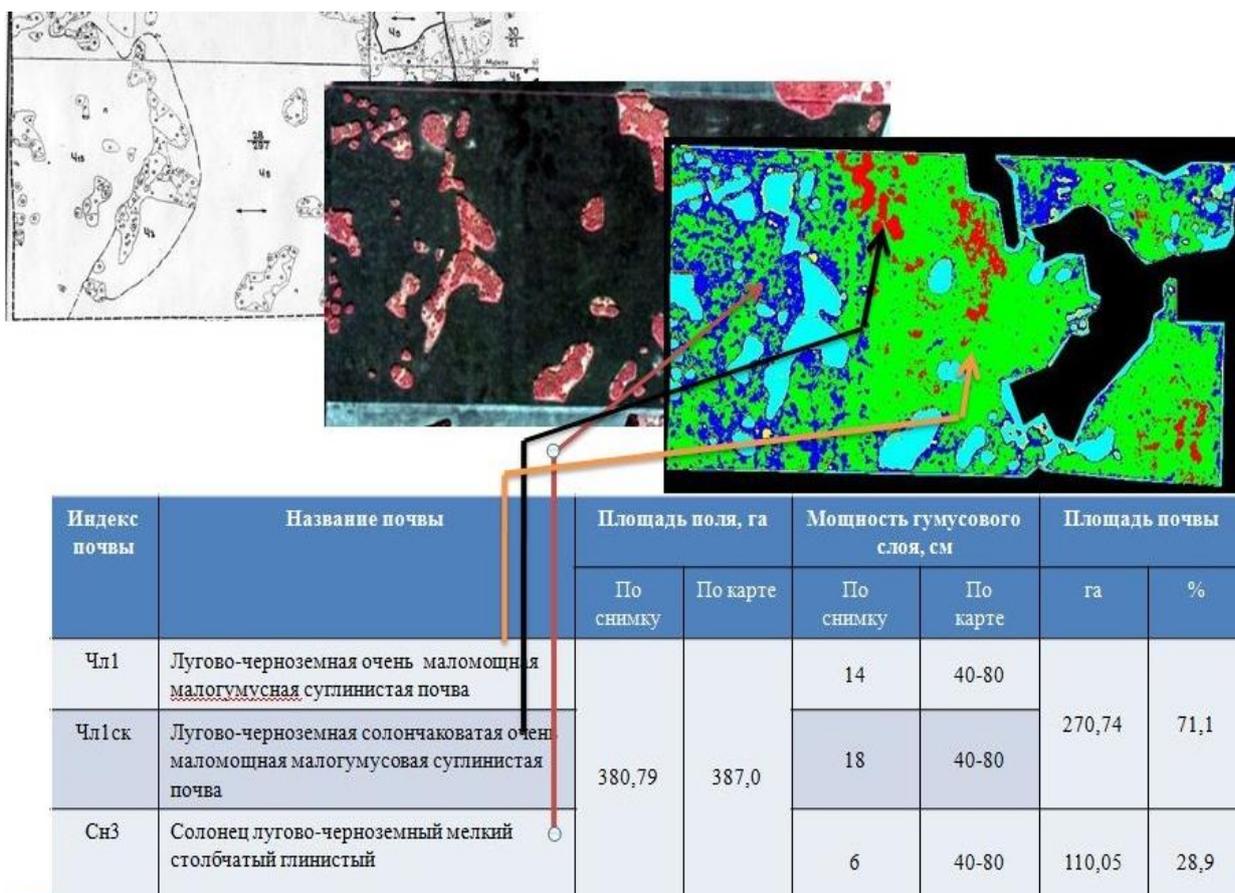


Рис. 1. Отражение состава почвенного покрова одного из полей лесостепной зоны на почвенной карте (а), на космическом снимке парового поля (б) и на посеве пшеницы по пару после обработки снимка методом кластеризации (в).

Эти особенности четко проявились при сопоставлении устаревающих почвенных карт и современных космических снимков с разрешением 5 м на пиксель. Приведенное на рисунке 1 сравнение двухлетней информации о состоянии одного из полей крестьянско-фермерского хозяйства «Яша» Марьяновского района Омской области, расположенного в южной части лесостепной зоны показало, что традиционная почвенная карта М 1:25 000 (а) лишь свидетельствует о наличии комплексности почвенного покрова, без указания местонахождения того или иного компонента этого комплекса. Но и космический снимок парового поля (б) показывает только наличие лесных участков на темном фоне обработанной почвы. И только светоотражение посева пшеницы на снимке после усложненной компьютерной обработки в целях кластерного анализа (в) позволяет выявлять по этому показателю ареалы различных почв, определять их площадь и долю в составе комплекса.

Аналогичные снимки экосистем, имеются и в Интернете. Однако они отражают информацию о посевах полевых культур и лесов лишь после общепринятого варианта синтезирования снимков по системе RGB при сочетании диапазонов 5-3-2, которое близко по цветовому восприятию глазу человека.

Выделение контуров на мультиспектральных космических снимках

позволяет использовать предлагаемый способ для обследования территорий с равнинным почвенным покровом; и расширяет применимость способа агрохимического обследования почв.

Выделение контуров на мультиспектральных космических снимках высокого разрешения, различающиеся по спектральным характеристикам объектов позволяет выделять наиболее близкие по почвенному плодородию участки, что повышает достоверность агрохимического обследования почв.

Анализ мультиспектральных космических снимков в период вегетации биогеоценозов повышает оперативность агрохимического обследования почв. Анализ специфичности сочетания яркости свечения исследуемого биогеоценоза и показателей длинно- и коротковолновой части спектра отраженной солнечной радиации повышает качество обследования почв и объективность картографического изображения почвенного покрова

Объединение методом синтезирования, географически привязанных контуров и разделение их на группы на основе спектральных характеристик уточняет их границы и позволяет выделять типичные элементарные участки для выборочного обследования почв, что повышает качества обследования

Расчет по точкам отбора почвенных образцов путем многофакторного анализа специфической величины отношения яркости свечения изучаемого биогеоценоза к показателям длинно- и коротковолновой части спектра солнечной радиации позволяет дифференцировать специфический спектр поглощения-отражения солнечной радиации культурой, обследуемого земельного массива, а также использовать диагностические показатели образцов почв и агрохимические показатели их плодородия для обоснования дифференцированной системы повышения их плодородия, тем самым формировать основы Precision Agriculture - поконтурного «точечного» земледелия.

Создание наглядной модели исследуемого почвенного покрова в виде электронных картограмм повышает возможность реализации способа в рядовых хозяйствах равнинных территорий по результатам анализа материалов дистанционного зондирования Земли космическими аппаратами высокого разрешения.

*Способ агрохимического обследования почв осуществляют следующим образом.*

До начала полевых работ проводится синтезирование снимков высокого пространственного разрешения с помощью программного комплекса ENVI с существенным преобладанием данных красного и инфракрасного диапазонов съемки над частотами диапазонов съемки синей и зеленой частей спектра солнечной радиации. После наложения на синтезированный космоснимок в соответствии с ГИС-технологиями планов землепользования хозяйства по выраженному тону цветовой гаммы выделяются относительно однородные полигоны, объединяющие участки различного типа и почвенного плодородия, которые группируют на основе различия светоотражения объектов по модулю K-Means программного комплекса ENVI в 5-6 классов интераций, уточняют их границы, после чего проводят на типичных

ключевых участках выборочное полевое почвенное обследование с отбором почвенных образцов в центре почвенных ареалов в 3-5 кратной повторности с последующим послойным анализом смешанных образцов стандартного перечня агрохимических и ряда воднофизических (типичных диагностических показателей той или иной почвы).

Использованием программного комплекса Adobe Photoshop (GIMP), определяют по синтезированному снимку на точках отбора почвенных образцов яркость свечения направленного светоотражения (Glow), и по величине коэффициентов спектральной яркости (по системе RGB) устанавливают для каждой из выделенных почв спектр отраженной солнечной радиации. Специфичность спектра поглощения-отражения солнечной радиации, и ее дифференциация по компонентам почвенного покрова определяется при углубленном анализе соотношения длинно- и коротковолновой части частот отраженной солнечной радиации и определения яркости свечения направленного отраженного сигнала исследуемого объекта.

В программном комплексе Statistica проводят многофакторный анализ поглощения-отражения солнечной радиации, и в системе XYZ рассчитывают специфическую величину отношения яркости свечения изучаемого биогеоценоза к показателям длинно- и коротковолновой части спектра солнечной радиации. В программном комплексе ArcGIS создают наглядную модель исследуемого почвенного покрова в виде электронных картограмм, систематизируют базу космических снимков и информационных данных каждого обследуемого полигона.

Заявляемый способ агрохимического обследования почв опробован в лесостепной зоне по космическому снимку RapidEye, при разрешении на местности 5 м на пиксель в четырех крестьянско-фермерских хозяйствах Марьяновского района Омской области общей площадью 17000 га. Это позволило сделать заключение о наличии в пашне более 20% солонцовых почв низкого плодородия, которые ранее на основе черно-белых аэрофотоснимков выделялись частично и их площадь оценивалась менее 10% пахотного фонда.

В хозяйствах северной лесостепи, где высок удельный вес пашни, выведенной из оборота, после совместного рекогносцировочного обследования всех залежных массивов на основе космического снимка RapidEye (Германия), приобретенного самим хозяйством, составлен перспективный план освоения с учетом сложности необходимых мелиоративных работ и возможности его осуществления своими силами, без привлечения подрядных организаций.

По итогам агрохимического обследования почв, с учетом проведенных почвенных анализов, хозяйствам могут быть выданы файлы с рассчитанными дозами удобрений и мелиорантов, соответствующие картограммы удобрения и обработки полей, которые перед началом полевых работ по химизации и мелиорации земель могут быть загружены в портативный компьютер трактора с GPS - навигатором.

## Формула изобретения

Способ агрохимического обследования почв, включающий выделение контуров по результатам дистанционного зондирования полей, перенесение контуров на карты землепользования, выделение элементарных участков для отбора почвенных образцов отличающейся тем, что выделение контуров проводят на мультиспектральных космических снимках высокого разрешения; географически привязанные контура, объединяют методом синтезирования, разделяя на группы на основе спектральных характеристик объектов, проводят на типичных ключевых участках выборочное обследование почв, рассчитывают по точкам отбора почвенных образцов путем многофакторного анализа специфическую величину отношения яркости свечения изучаемого биогеоценоза к показателям длинно- и коротковолновой части спектра солнечной радиации; создают наглядную модель исследуемого почвенного покрова в виде электронных картограмм.

### Литература

1. Пат. по заявке 2014112148/15 Российская Федерация, МПК G01N 33/24 (2006/01). Способ агрохимического обследования почв. /Л.В. Березин, М.Р. Шаяхметов, В.М. Красниций, А.Г. Шмидт. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО ОмГАУ и ФГБУ Центр агрохимической службы «Омский» –заявл. 28.03.2014; утверждено 28.09.2015.
2. Пат. Российская Федерация № 2424540, 20.07.2011.
3. Пат. Российская Федерация № 2102748 G01N33/24, G01S13/89 20.01.1998