

Чащин А.Н., Васильев А.А. Использование данных дистанционного зондирования
для характеристики почвенного покрова обрабатываемых полей
(Пермский край, на примере СПК «Правда»)

.....
**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

=====

УДК 631.48

**Использование данных дистанционного зондирования для
характеристики почвенного покрова обрабатываемых полей
(Пермский край, на примере СПК «Правда»)**

Чащин А.Н., Васильев А.А.

Пермский государственный аграрно-технологический университет

Аннотация

В статье представлены результаты оценки сельскохозяйственного использования почв СПК «Правда» Октябрьского района Пермского края. Цель исследований – выполнить оценку почвенного покрова обрабатываемых полей на основе данных дистанционного зондирования и крупномасштабных картографических материалов. Структура почвенного покрова оценена по коэффициенту контрастности почвенного покрова только в границах пахотных полей, которые были выделены по данным дистанционного зондирования Sentinel 2. Выполнена векторная почвенная карта обрабатываемых полей в результате векторизации контуров почв по подложке крупномасштабной почвенной карты (М 1:10000). Анализ влияния контрастности почвенного покрова на плодородие пашни проведен на основе спектрального индекса NDVI. Вегетационный индекс был рассчитан по снимкам, характеризующим летний период (с наибольшей вегетацией) и периоды всходов яровых и озимых по весеннему и осеннему снимкам, соответственно. Установлено влияние контрастности почвенного покрова на степень варьирования индекса NDVI. Наибольшее влияние контрастность почвенного покрова оказывает на неоднородность всходов озимых.

Ключевые слова: ПОЧВЕННАЯ КАРТА, КОНТРАСТНОСТЬ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА, NDVI, ПЕРМСКИЙ КРАЙ

Введение

Дистанционное зондирование Земли является одним из инновационных и эффективных методов оценки сельскохозяйственного использования почв. При этом почвенный покров часто оценивается в пределах границ полей обрабатываемых земель

Чащин А.Н., Васильев А.А. Использование данных дистанционного зондирования для характеристики почвенного покрова обрабатываемых полей

(Пермский край, на примере СПК «Правда»)

.....
Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»
=====

[1]. Способ выделения контуров полей может определяться целями исследований и объемом работ. При небольшой площади исследований, как правило, в пределах крупного масштаба, достаточно использовать традиционные прямые дешифровочные признаки: форма границ, текстура и тон изображения [2]. Для анализа больших объемов данных применяются методы автоматизированного выделения, основанные на выявлении пикселей, отделяющих открытую поверхность почвы от остального покрытия [3]; использования почвенной линии, основанной на различии отражения открытой почвы в красной и инфракрасной области спектра [4]. Поэтому данные дистанционного зондирования позволяют оперативно выявить поля пахотных земель, а оценить неоднородность почвенного покрова внутри этих полей можно при помощи существующих крупномасштабных почвенных карт. Степень влияния плодородия выделенных на карте почв оценивается также с применением данных дистанционного зондирования, по вегетационному индексу NDVI [5].

Цель исследований – выполнить оценку почвенного покрова обрабатываемых полей на основе данных дистанционного зондирования и крупномасштабных картографических материалов.

Методы и объекты исследований

Объектом исследований является почвенный покров пашни СПК «Правда» Октябрьского района Пермского края. Территория расположена в южной части региона, на границе с Республикой Башкортостан. Общая площадь землепользования, согласно архивным данным (крупномасштабной почвенной карте РОСГИПРОЗЕМ), равна 13012,9 га (рис. 1).

Источником информации для оценки структуры почвенного покрова является крупномасштабная почвенная карта (М 1:10000) СПК Колхоз «Правда» Октябрьского района Пермского края, выполненная в 1978 г. проектным институтом УРАЛГИПРОЗЕМ [6]. Сканированная почвенная карта была привязана в системе координат проекции WGS 84/UTM zone 40N. Векторизация почвенных контуров выполнена только в границах выделенных полей. Для выявления границ полей пашни и анализа на них вегетации использованы данные дистанционного зондирования Sentinel 2 с пространственным

Чащин А.Н., Васильев А.А. Использование данных дистанционного зондирования
для характеристики почвенного покрова обрабатываемых полей
(Пермский край, на примере СПК «Правда»)

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

разрешением 10 метров на пиксель. Дешифрирование полей пашни проведено по прямым дешифровочным признакам: тон изображения, характерный для спектральной отражательной способности открытой поверхности почвы; ровная форма границ, характерная для пашни; полосчатая текстура изображения, характерная для всходов посевов. Основная часть полей была векторизована по снимку от 05.05.2020 года. Но, так как на территории СПК «Правда» действует севооборот, часть полей в 2020 году была покрыта травянистой растительностью. Поэтому данные поля выделялись по более раннему безоблачному снимку – от 11 мая 2019 года.

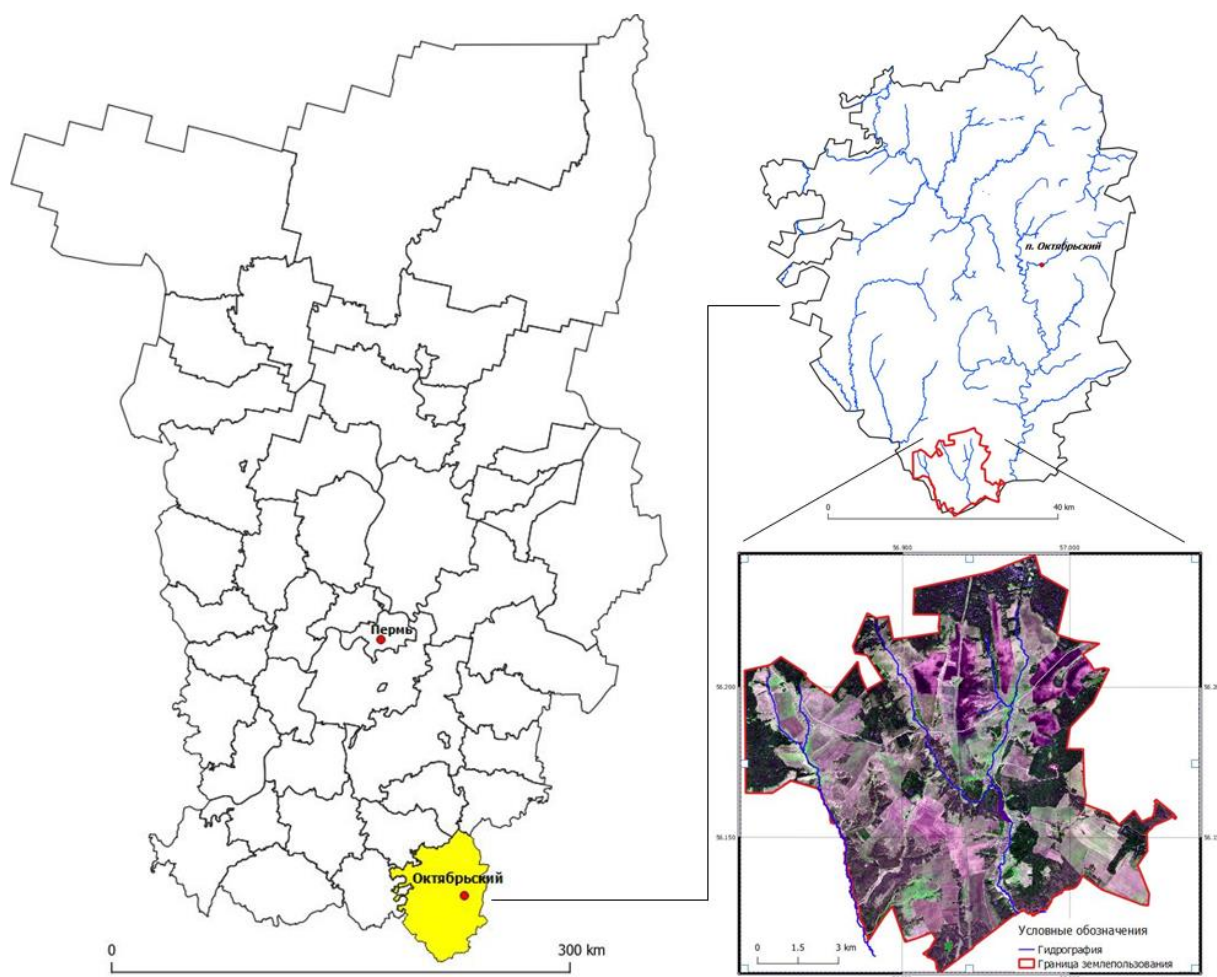


Рис. 1. Местоположение участка исследований

Характеристика решаемых задач по полученным и обработанным космическим снимкам Sentinel 2 приведена ниже (табл. 1).

Чащин А.Н., Васильев А.А. Использование данных дистанционного зондирования
для характеристики почвенного покрова обрабатываемых полей
(Пермский край, на примере СПК «Правда»)

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Таблица 1. Характеристика использованных спутниковых снимков Sentinel 2

№ п/п	Дата съемки	Решаемая задача
1	05.07.2018.	Оценка влияния контрастности почвенного покрова на значения NDVI растительного покрова обрабатываемых полей
2	11.05.2019	Выделение границ полей пашни
3	05.05.2020	Выделение границ полей пашни
4	30.05.2020	Оценка влияния контрастности почвенного покрова на значения NDVI посевов яровых культур
5	19.06.2020	Оценка влияния контрастности почвенного покрова на значения NDVI растительного покрова обрабатываемых полей
6	02.10.2020	Оценка влияния контрастности почвенного покрова на значения NDVI посевов озимых культур.

Структура почвенного покрова в границах выделенных полей оценена с использованием коэффициента контрастности почвенного покрова (K) по Юодису:

$$K = \frac{ax+by+cz}{20} \quad (1)$$

где: K – коэффициент контрастности почвенного покрова; a , b , c – процент площади почв от общей площади территории; x , y , z – степень контрастности соответствующих почв к преобладающей по площади почве (определяется как сумма различий показателей учитываемой почвы от преобладающей почвы в баллах, которые определяются по гранулометрическому составу, характеру увлажнения, оподзоленности и эродированности); 20 – условный коэффициент для уменьшения значений K [7].

Анализ влияния неоднородности почвенного покрова на посевы выполнен при помощи коэффициента вариации, рассчитанного по показателям зональной статистики вегетационного индекса NDVI. Вегетационный индекс рассчитывался в калькуляторе растров программы QGIS по формуле:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (2)$$

где: NIR – это инфракрасный канал снимка (B 08); RED – красный канал снимка (B 04) [8].

Было оценено два периода вегетации: всходы (яровые по снимку от 30.05.2020 и озимые по снимку от 02.10.2020) и период наибольшего развития биомассы растений

Чащин А.Н., Васильев А.А. Использование данных дистанционного зондирования для характеристики почвенного покрова обрабатываемых полей (Пермский край, на примере СПК «Правда»)

*Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»*

(даты снимков: 05.07.2018, 19.06.2020). Состояние растительности определялось по шкале NDVI, разработанной для сельскохозяйственных культур Пермского края [9], и по коэффициенту вариации NDVI в границах поля.

Результаты и их обсуждение

В обозначенных границах землепользования СПК «Правда» общая площадь обрабатываемых земель составила 4701,8 га, а выявленное число полей равно 83. Площадь поля варьирует от 3 до 438 га. Основная часть полей расположена вблизи населенных пунктов и дорог. Для анализа структуры почвенного покрова выявленных полей их границы сопоставлены с крупномасштабной почвенной картой. Задействованная в сельскохозяйственном производстве часть покрытия почвенной карты составила 36 % от границ землепользования по данным УРАЛГИПРОЗЕМ (рис. 2).

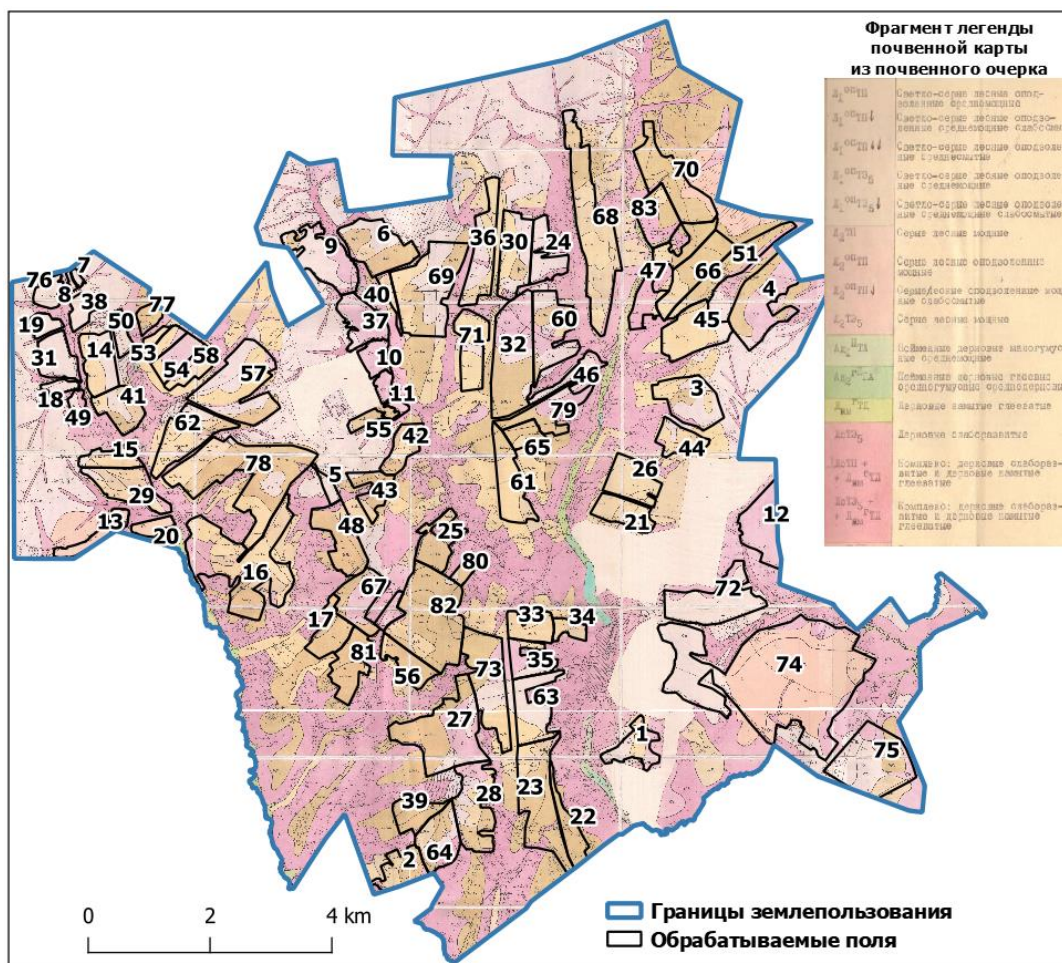


Рис. 2. Расположение полей на подложке крупномасштабной почвенной карты СПК «Правда»

Чащин А.Н., Васильев А.А. Использование данных дистанционного зондирования
для характеристики почвенного покрова обрабатываемых полей
(Пермский край, на примере СПК «Правда»)
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Внутри границ каждого поля были векторизованы почвенные контуры. Их общее число составило 466. Выполненная в результате векторизации почвенная карта обрабатываемых полей представлена на рис. 3. Цветовое оформление почвенных контуров на карте выполнено по условным обозначениям для крупномасштабных почвенных карт [10].

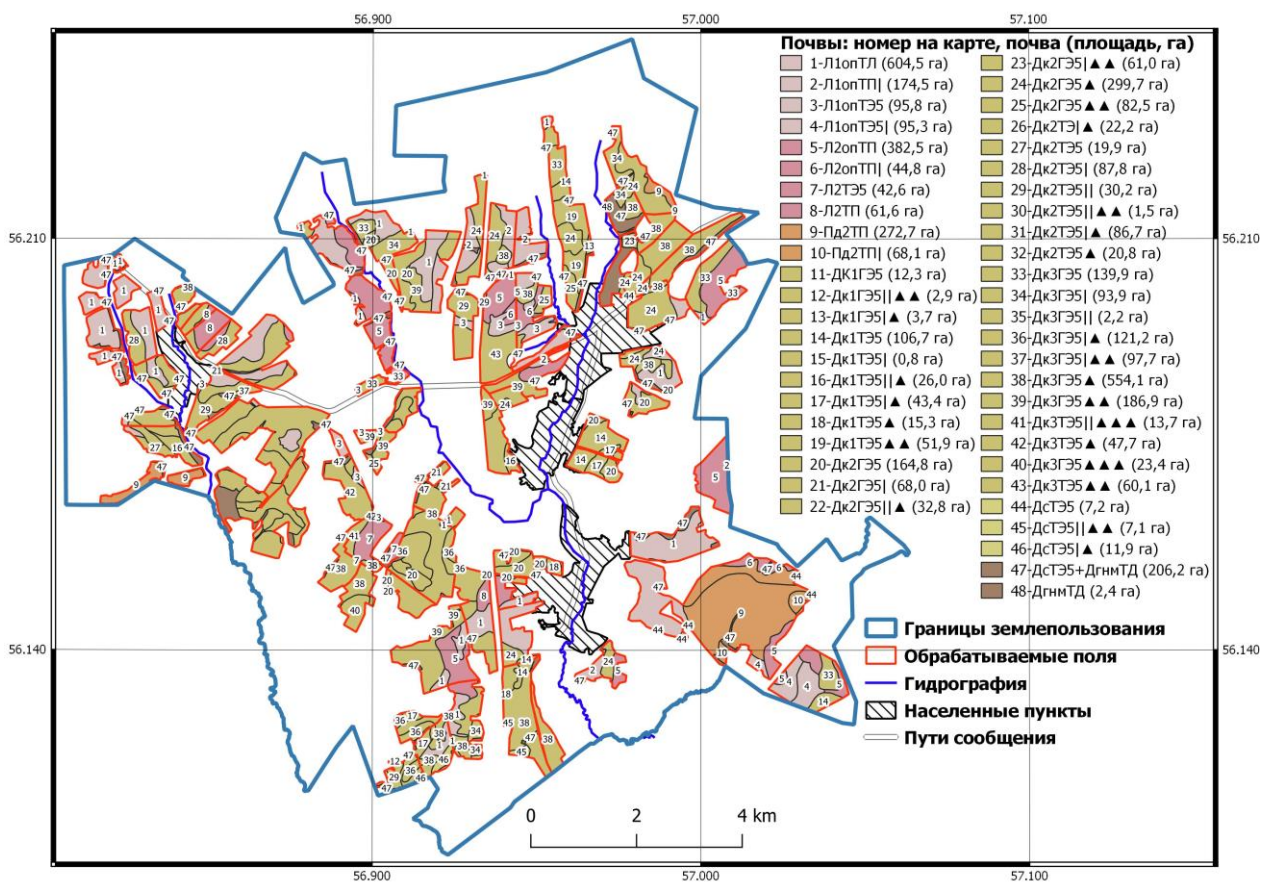


Рис. 3. Почвенная карта обрабатываемых полей

Почвенный покров полей весьма разнообразен и содержит значительную долю каменистых и смытых в различной степени почв практически на каждом поле. Преобладающими почвами являются светло-серые лесные и серые лесные. Велика доля дерново-карбонатных каменистых почв. Из 83 полей всего на одном (поле под номером 1) почвенный покров представлен только одной почвенной разностью. Поэтому для сравнительной оценки пространственной неоднородности почв в границах полей охарактеризована структура почвенного покрова по коэффициенту контрастности.

Было выявлено 4 степени контрастности почвенного покрова: слабая, средняя,

Чащин А.Н., Васильев А.А. Использование данных дистанционного зондирования
для характеристики почвенного покрова обрабатываемых полей
(Пермский край, на примере СПК «Правда»)

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

сильная и крайне сильная. Основную часть территории занимают почвы с площадью более 60 га. Их число составляет 28. Среди них преобладающей степенью контрастности является средняя. При этом доля полей с сильной и крайне сильной контрастностью оказалась значительной. Поля, имеющие слабую контрастность, характеризуются наименьшими площадями каменистых почв (табл. 2).

Таблица 2. Контрастность почвенного покрова большинства обрабатываемых полей СПК «Правда» (с площадью более 60 га)

Номер поля	Почвы	К	Степень контрастности почвенного покрова
3	Л ₁ ^{оп} ТП, Дк ₂ ГЭ ₅ , Дк ₂ ГЭ ₅ ▲, Дк ₂ ГЭ ₅ ↓▲, ДсТЭ ₅ +Д ^г нмТД	3,6	Средне контрастный
4	Л ₁ ^{оп} ТП, Л ₂ ^{оп} ТП, Дк ₃ ГЭ ₅ , ДсТП+Д ^г нмТД	3,1	Средне контрастный
6	Л ₁ ^{оп} ТП, Дк ₂ ГЭ ₅ , Дк ₃ ГЭ ₅ , Дк ₃ ГЭ ₅ ↓, ДсТЭ ₅ +Д ^г нмТД	4,1	Средне контрастный
9	Л ₁ ^{оп} ТП, Л ₂ ^{оп} ТП, Л ₂ ^{оп} ТП↓, Дк ₃ ГЭ ₅ , ДсТЭ ₅ +Д ^г нмТД	3,9	Средне контрастный
12	Л ₂ ^{оп} ТП, Л ₁ ^{оп} ТП↓	2,1	Слабо контрастный
16	Дк ₁ ГЭ ₅ , Дк ₁ ГЭ ₅ ↓, Дк ₁ ГЭ ₅ ▲, Дк ₂ ГЭ ₅ ▲, Дк ₂ ГЭ ₅ ↓▲▲, Дк ₃ ГЭ ₅ , Дк ₃ ГЭ ₅ ↓↓, Дк ₃ ГЭ ₅ ▲, Дк ₃ ГЭ ₅ ▲▲, ДсТЭ ₅ +Д ^г нмТД	7,4	Крайне контрастный
23	Дк ₁ ГЭ ₅ , Дк ₁ ГЭ ₅ ▲, Дк ₂ ГЭ ₅ ▲, Дк ₃ ГЭ ₅ ▲, ДсТЭ ₅ +Д ^г нмТД, ДсТЭ ₅ ↓▲▲, ДсТП+Д ^г нмТД	7,1	Крайне контрастный
27	Л ₁ ^{оп} ТП, Л ₂ ^{оп} ТП, Дк ₃ ГЭ ₅ ▲▲, Дк ₃ ГЭ ₅ ↓▲▲, ДсТЭ ₅ +Д ^г нмТД	4,3	Средне контрастный
28	Л ₁ ^{оп} ТП, Л ₂ ^{оп} ТП, Дк ₂ ГЭ ₅ ↓▲, Дк ₃ ГЭ ₅ ↓, Дк ₃ ГЭ ₅ ▲, ДсТЭ ₅ , ДсТЭ ₅ ↓↓▲▲, ДсТЭ ₅ ↓▲, ДсТЭ ₅ +Д ^г нмТД	7,2	Крайне контрастный
30	Л ₁ ^{оп} ТП, Л ₁ ^{оп} ТП↓, Л ₂ ^{оп} ТП, Дк ₂ ГЭ ₅ ▲, Дк ₃ ГЭ ₅ ▲, ДсТЭ ₅ +Д ^г нмТД	5,1	Сильно контрастный
32	Л ₂ ^{оп} ТП, Л ₂ ^{оп} ТП↓, Дк ₂ ГЭ ₅ ↓▲, Дк ₃ ГЭ ₅ ▲▲, Л ₁ ^{оп} ГЭ ₅	3,8	Средне контрастный
36	Л ₁ ^{оп} ТП, Л ₁ ^{оп} ТП↓, Дк ₂ ГЭ ₅ ▲, ДсТЭ ₅ +Д ^г нмТД	3,7	Средне контрастный
45	Л ₁ ^{оп} ТП, Дк ₂ ГЭ ₅ ▲, Дк ₃ ГЭ ₅ ▲, ДсТЭ ₅ , ДсТЭ ₅ +Д ^г нмТД	4,1	Средне контрастный
47	Дк ₂ ГЭ ₅ ▲, Дк ₂ ГЭ ₅ ↓▲, Дк ₃ ГЭ ₅ ▲, ДсТЭ ₅ +Д ^г нмТД, ДсТЭ ₅	4,3	Средне контрастный

Чащин А.Н., Васильев А.А. Использование данных дистанционного зондирования
для характеристики почвенного покрова обрабатываемых полей
(Пермский край, на примере СПК «Правда»)

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Номер поля	Почвы	К	Степень контрастности почвенного покрова
48	Л ₁ ^{опт} ТЭ ₅ , Дк ₂ ГЭ ₅ ▲▲, Дк ₃ ГЭ ₅ ▲, ДсТЭ ₅ +Д ^г нмТд	3,7	Средне контрастный
51	Дк ₂ ГЭ ₅ ▲, Дк ₃ ГЭ ₅ ▲, ДсТП+Д ^г нмТд	2,5	Слабо контрастный
57	Л ₁ ^{опт} ТП↓, Л ₁ ^{опт} ТЭ ₅ , Л ₁ ^{опт} ТЭ ₅ ↓, Дк ₂ ГЭ ₅ , Дк ₂ ГЭ ₅ ↓, Дк ₃ ГЭ ₅ ↓ ▲▲, ДсТЭ ₅ +Д ^г нмТд	5,6	Сильно контрастный
60	Л ₁ ^{опт} ТЭ ₅ , Л ₂ ^{опт} ТП, Л ₂ ^{опт} ТП↓, Дк ₂ ГЭ ₅ ▲▲, Дк ₃ ГЭ ₅ ▲, Дк ₃ ГЭ ₅ ▲▲, ДсТЭ ₅ +Д ^г нмТд	5,8	Сильно контрастный
62	Л ₁ ^{опт} ТЭ ₅ , Л ₁ ^{опт} ТЭ ₅ ↓, Дк ₂ ГЭ ₅ , Дк ₂ ГЭ ₅ ↓, Дк ₂ ТЭ ₅ ↓ ▲, Дк ₃ ГЭ ₅ ↓ ▲▲, ДсТЭ ₅ +Д ^г нмТд	5,7	Сильно контрастный
66	ДсТЭ ₅ , Дк ₃ ГЭ ₅ ▲, Дк ₂ ГЭ ₅ ▲	2,7	Слабо контрастный
68	Л ₁ ^{опт} ТП, Дк ₁ ТЭ ₅ , Дк ₁ ГЭ ₅ ▲▲, Дк ₁ ГЭ ₅ ↓▲▲, Дк ₂ ГЭ ₅ , Дк ₂ ГЭ ₅ ▲, Дк ₂ ГЭ ₅ ▲▲, Дк ₃ ГЭ ₅ , ДсТЭ ₅ +Д ^г нмТд, ДтТЭ ₅ +Д ^г нмТд	7,3	Крайне контрастный
69	Л ₁ ^{опт} ТП, Л ₁ ^{опт} ТП↓, Дк ₂ ГЭ ₅ , Дк ₃ ГЭ ₅ ↓, Дк ₃ ГЭ ₅ ▲▲	3,4	Средне контрастный
70	Пд ₂ ТП, Дк ₂ ГЭ ₅ ▲, Дк ₃ ГЭ ₅ ↓, Дк ₃ ГЭ ₅ ▲, ДсТЭ ₅ +Д ^г нмТд	3,8	Средне контрастный
72	Л ₁ ^{опт} ТП, ДсТП+Д ^г нмТд	2,2	Слабо контрастный
73	Л ₁ ^{опт} ТП, Л ₂ ТП, Дк ₂ ГЭ ₅ ▲, Дк ₃ ГЭ ₅ ↓▲▲, Дк ₃ ГЭ ₅ ▲, ДсТЭ ₅ +Д ^г нмТд	5,1	Сильно контрастный
74	Л ₁ ^{опт} ТП, Л ₁ ^{опт} ТП↓, Пд ₂ ТЭ ₅ , Пд ₂ ТЭ ₅ ↓, ДсТП+Д ^г нмТд, ДсТЭ ₅	4,0	Средне контрастный
75	Л ₁ ^{опт} ТЭ ₅ ↓, Л ₂ ^{опт} ТП, Дк ₁ ТЭ ₅ , Дк ₃ ГЭ ₅	3,5	Средне контрастный
78	Л ₁ ^{опт} ТЭ ₅ , Дк ₂ ГЭ ₅ ▲▲, Дк ₂ ГЭ ₅ ↓▲▲, Дк ₂ ТЭ ₅ ▲, ДсТЭ ₅ +Д ^г нмТд	4,0	Средне контрастный
82	Л ₁ ^{опт} ТП; Дк ₂ ГЭ ₅ ↓, Дк ₂ ГЭ ₅ , Дк ₃ ГЭ ₅ ▲, ДсТЭ ₅ +Д ^г нмТд	3,7	Средне контрастный

Сильная и крайняя внутрипольная контрастность почвенного покрова определяет неоднородность уровня плодородия полей. Поэтому для анализа влияния степени контрастности почвенного покрова на равномерность развития посевов использован спектральный индекс NDVI. Для сравнительной оценки неоднородности были рассчитаны показатели вариационной статистики NDVI в границах полей. Влияние коэффициента контрастности почвенного покрова на пространственную неоднородность вегетационного индекса оказалось наиболее значимым для периода всходов. Сильная корреляция

Чащин А.Н., Васильев А.А. Использование данных дистанционного зондирования
для характеристики почвенного покрова обрабатываемых полей
(Пермский край, на примере СПК «Правда»)

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

прослеживается между контрастностью почвенного покрова и значениями коэффициента вариации NDVI посевов озимых на 02.10.2020 года (табл. 3).

Таблица 3. Коэффициенты корреляции контрастности почвенного покрова и степени варьирования индекса NDVI

Даты снимков, характеризующих состояние растительного покрова обрабатываемых полей		Даты снимков, характеризующих состояние всходов яровых и озимых	
05.07.2018	19.06.2020	30.05.2020	02.10.2020
0,25	0,34	0,52	0,71

По мере роста коэффициента контрастности происходит увеличение неоднородности вегетации и ухудшение состояния растительности. Данную тенденцию отражает таблица 4, в которой представлена зональная статистика NDVI (период всходов озимых) некоторых полей.

Таблица 4. Характеристика вегетации посевов озимых по индексу NDVI от 02.10.2020 на некоторых полях с разной контрастностью почвенного покрова

Номер поля (К)	Показатели зональной статистики NDVI				Состояние растительности по шкале [9]
	среднее	min	max	V, %	
Поля со слабой контрастностью почвенного покрова					
12 (2,1)	0,56	0,32	0,71	10	удовлетворительное
51 (2,5)	0,41	0,27	0,53	11	очень плохое
72 (2,2)	0,62	0,31	0,71	11	удовлетворительное
Поля со средней контрастностью почвенного покрова					
48 (3,7)	0,44	0,22	0,55	12	очень плохое
74 (4,0)	0,53	0,12	0,69	17	очень плохое
82 (3,7)	0,49	0,17	0,72	17	очень плохое
Поля с сильной контрастностью почвенного покрова					
30 (5,1)	0,52	0,29	0,67	10	очень плохое
57 (5,6)	0,40	0,12	0,51	15	очень плохое
62 (5,7)	0,41	0,11	0,52	18	очень плохое
Поля с крайне контрастным почвенным покровом					
16 (7,4)	0,40	0,10	0,58	21	очень плохое
23 (7,1)	0,36	0,08	0,66	31	угнетенная растительность
68 (7,3)	0,51	0,31	0,67	11	очень плохое

Примечание: V, % – коэффициент вариации

Наглядное отображение степени варьирования вегетации и контрастность

Чащин А.Н., Васильев А.А. Использование данных дистанционного зондирования
для характеристики почвенного покрова обрабатываемых полей
(Пермский край, на примере СПК «Правда»)
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

почвенного покрова показывают соответствующие картосхемы (рис. 4).

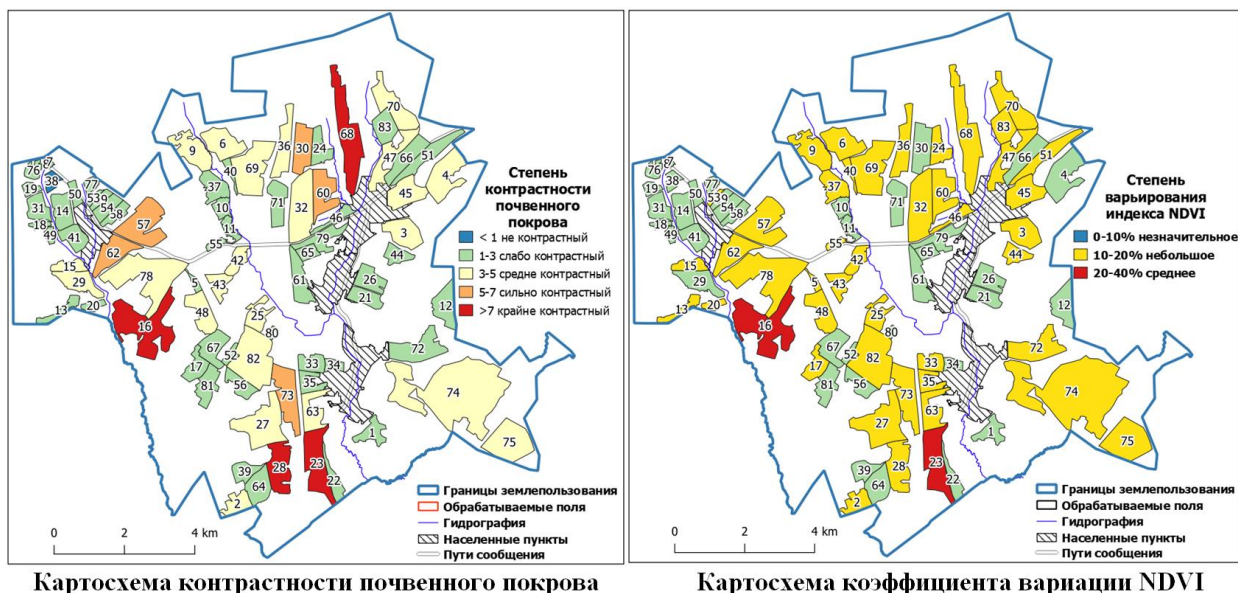


Рис. 4. Контрастность почвенного покрова и степень варьирования индекса NDVI

Из картосхем видно, что на территории СПК «Правда» наиболее однородное состояние растительности отмечается для полей с площадью от 3 до 20 га. Выраженная неоднородность вегетации посевов наблюдается у полей, имеющих сложную конфигурацию. Наиболее сильно контрастность почвенного покрова повлияла на неоднородность вегетации на полях под номерами 16 и 23.

Выводы

Таким образом, сопоставление архивных крупномасштабных почвенных карт с современными спутниковыми снимками среднего пространственного разрешения позволяет оценить степень варьирования плодородия обрабатываемых полей. Величина контрастности почвенного покрова полей влияет на варьирование вегетации растений, которая выражается через NDVI. Наиболее подходящим периодом спутниковой съемки для оценки однородности вегетации является время всходов. В условиях Пермского края это середина мая (яровые) и конец сентября – начало октября (озимые). На выявленных по данным дистанционного зондирования границах современных пахотных полей рекомендуется проводить выборочные работы по корректировке крупномасштабной почвенной карты.

Чащин А.Н., Васильев А.А. Использование данных дистанционного зондирования
для характеристики почвенного покрова обрабатываемых полей
(Пермский край, на примере СПК «Правда»)

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

Список использованных источников

1. Белорусцева Е.В. Мониторинг состояния сельскохозяйственных угодий Нечерноземной зоны Российской Федерации // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012, т. 9, № 1. – С. 57-64.
2. Евдокимова Т.И. Почвенная съемка: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ. – 1987. – 271 с.
3. Кирьянова Е.Ю., Савин И.Ю. Линия почв как индикатор неоднородности почвенного покрова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011, т. 8, № 4. – С. 310-318.
4. Белоусова А.П. Автоматизированный расчет параметров почвенной линии в целях распознавания используемых пахотных земель // Цифровая география: матер. Всерос. Науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Пермь: ПГНИУ. – 2020. – С. 21-23.
5. Савин И.Ю., Танов Э.Р. О возможностях оценки качества пахотных угодий Баксанского района Кабардино-Балкарии на основе спутникового сервиса «ВЕГА» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2014, т. 11, № 3. – С. 180-192.
6. Почвы совхоза «Правда» Октябрьского района Пермской области и рекомендации по их использованию. – Пермь: Пермский филиал УРАЛГИПРОЗЕМ. – 1978. – 130 с.
7. Скрыбина О.А. Структура почвенного покрова, методы ее изучения: Учебное пособие. – Пермь: ПГСХА. – 2007. – 206 с.
8. Черепанов А.С. Вегетационные индексы // Геоматика. – 2011, №2. – С. 98-102.
9. Пьянков С.В. Калинин Н.А., Связов Е.М., Смирнова А.А., Некрасов И.Б. Мониторинг состояния сельскохозяйственных культур в Пермском крае по данным дистанционного зондирования земли // Вестник Пермского университета. Серия Биология. – 2009, №10 (36). – С. 147-153.
10. Жиров А.А., Немцов В.М., Кальван В.К. Условные обозначения для крупномасштабных почвенных карт, «Росгипрозем». – М.: Картографический филиал института «Росгипрозем». – 1974. – 47 с.

=====

Цитирование:

Чащин А.Н., Васильев А.А. Использование данных дистанционного зондирования для характеристики почвенного покрова обрабатываемых полей (Пермский край, на примере СПК «Правда») // АгроЭкоИнфо. – 2020, №4. – http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/4/st_427.pdf.