

Научная статья

Original article

УДК 631.434.52.1

DOI 10.55186/25876740_2022_6_6_57

**МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ ДЕГРАДАЦИИ
ПОЧВ АЗОВО-КУБАНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ**

**METHODOLOGY OF STUDY OF TECHNOGENIC SOIL DEGRADATION OF
THE AZOV-KUBAN LOWLAND**



В.П. Власенко, доктор с.-х. наук, профессор, «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Россия

В.В. Костенко, аспирант, «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Россия

V.P. Vlasenko, Doctor of Agriculture. Prof., "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin", Krasnodar, Russia

B.B. Kostenko, Postgraduate Student, "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin", Krasnodar, Russia

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ-19-44230008p_a «Техногенная деградация почв Азово-Кубанской низменности и методы регулирования».

The work was carried out with the financial support of the RFBR-19-44230008 ruble grant "Technogenic soil degradation of the Azov-Kuban lowland and methods of regulation".

Аннотация. Техногенная деградация почв, являющаяся «...непреднамеренным последствием земледелия...» приводит к весьма существенным изменениям в структуре почвенного покрова, составе и свойствах почв, приводящих к снижению их производственной ценности. Проведено исследование подходов и методов выявления техногенно деградированных почв, интенсивно используемых в сельскохозяйственном производстве. Предложена методика исследования техногенно деградированных почв – ключевые площадки вдоль катены, статистически обоснована их площадь.

Установлены закономерности формирования плужной подошвы – мощность от 10-12 см на территории, прилегающей к западине до 8-9 см на бортах (склонах) и 6-7 см в днище западины. Глубина ее появления – от 24-27 см на плакоре до 19-22 см в днище западины. Получены данные о рельефе и относительных высотах мест заложения почвенных разрезов путем построения цифровой модели рельефа (DEM), использован свободно распространяемый SRTM снимок, размер пикселя которого составляет 30x20 метров. Дискретность распределения значений высоты составляет 1 м.

Для извлечения данных об относительных высотах линии траектории маршрутного хода и почвенных разрезов, в ГИС был запрограммирован специальный стиль визуализации географически распределенных данных, включающий в себя команду извлечения числового значения высоты в синтаксисе языка «Python», что позволило получить представление о неоднородности рельефа поверхности почвенного покрова.

Исследованы возможности использования материалов дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), установлены их достоинства и ограничения. С использованием космоснимков Quick Bird и Google изготовлена карта техногенной деградации фрагмента территории Тимашевского района Краснодарского края. Выявлены преимущества и недостатки нивелирной съемки по сравнению с материалами ДЗЗ.

Abstract. Man-made soil degradation, which is "... an unintended consequence of farming..." leads to very significant changes in the structure of the soil cover, composition and properties of soils, leading to a decrease in their production value. A study of approaches and methods for identifying technogenically degraded soils intensively used in agricultural production. A methodology for studying technogenically degraded soils - key sites along the catena is proposed, their area is statistically substantiated.. The regularities of the formation of the plow sole have been established - the power from 10-12 cm in the territory adjacent to the west is up to 8-9 cm on the sides (slopes) and 6-7 cm in the bottom of the west. The depth of its appearance is from 24-27 cm on the plaque to 19-22 cm in the bottom of the west. Data on the relief and relative heights of the places of laying soil sections by constructing a digital model of the relief (DEM) are irradiated.), used a freely distributed SRTM image, the pixel size of which is 30x20 meters. The discreteness of the distribution of height values is 1 m. To extract data on the relative heights of the route path line and soil sections, a special style of visualization of geographically distributed data was programmed into the GIS, which includes a command for extracting the numerical value of the height in the Python language syntax, which made it possible to obtain an idea of the heterogeneity of the surface relief of the soil cover. The possibilities of using remote sensing materials of the earth (ERS) have been studied, their advantages and limitations have been established. Using Quick Bird and Google satellite images, a map of technogenic degradation of a fragment of the territory of the Timashevsky district of the Krasnodar Territory has been prepared. Advantages and disadvantages of level surveying in comparison with remote sensing materials.

Ключевые слова: деградация, плужная подошва, картографирование, дистанционные методы исследования, catena, цифровая модель

Keywords: degradation, plow sole, mapping, remote research methods, catena, digital model

Введение. Динамика физических свойств почв под влиянием сложного комплекса взаимодействующих между собой факторов природного и антропогенного характера в деградиационном направлении является причиной изменения генезиса почв, в частности, водного режима территории и снижения производственной ценности почв. Совокупность свойств почв и факторов, оказывающих на них влияние, целесообразно рассматривать как динамическую систему, являющуюся неотъемлемой частью экосистемы.

В то время как основополагающими природными факторами генезиса почв являются подстилающие породы, рельеф, климатические условия территории и эндемичная растительность, воздействие антропогенного фактора проявляется в физическом воздействии на эти факторы и обусловлено деятельностью человека, что порождает весьма сложный динамичный комплекс взаимоотношений между элементами системы.

Главным вопросом в этой системе является определение наличия причинно-следственной связи между изменением природных предпосылок и степенью влияния их на структуру почвенного покрова, состава и свойств почв.

Воздействие антропогенного фактора имеет диапазоны степени выраженности и ограничено базовыми свойствами системы - факторами природного и антропогенного характера.

Изучение свойств почв под влиянием совместного действия комплекса природных предпосылок и антропогенных факторов требует разработки специальных подходов и методологии, которая даст возможность произвести экстраполирование результатов на системы с похожими базовыми свойствами, что, в свою очередь, позволит производить управление динамикой этих свойств, т.е., в некоторой степени, управлять изменением производственной ценности почв.

Целью данного исследования являлось изучение пространственной конфигурации плужной подошвы (мощность и глубина залегания) крупной

западины и прилегающей территории, а также комплекса свойств почв, как наиболее репрезентативного случая проявления взаимоотношений природных (рельеф и климатические условия) и антропогенных (агротехника) факторов, в связи с крайней степенью их проявления.

Объектом исследования выступил почвенный покров низменно-западного агроландшафта в Тимашевском районе Краснодарского края, подверженный мощному воздействию антропогенного фактора - применяемой в хозяйстве агротехники, неадаптированной к уровню устойчивости агроэкосистем к внешнему воздействию.

Методология и методика. Для установления свойств почв и пространственной конфигурации плужной подошвы в почвах, сформировавшихся в границах объекта исследования, были построены маршрутный ход и ключевая площадка вдоль него, а также произведен отбор почвенных образцов по профилю почв вдоль катены [3,5,6].

В качестве среды для обработки географически распределенной информации и построения маршрутного хода карты-гипотезы использовались следующие подходы:

Исследование плужной подошвы, установление глубины ее залегания и мощности. Сущность такого образования как «плужная подошва» заключается в обособленном, пространственно-ограниченном изменении физических параметров строения профиля на глубинах, близких к глубине обработки плугом, вследствие чего и возник данный термин. На данный момент, в научном сообществе широко распространилась теория, которая связывает образование плужной подошвы непосредственно с особенностями физического воздействия на структуру почвы агротехнических операций, производимых регулярно и систематически (давление рабочей части плуга на одной и той же глубине). Однако, ряд авторов отмечает [7,8,9], что основополагающими в данном случае являются особенности водного режима территории, а воздействие на всю толщу почвы

массивной техники является катализатором проявления динамики водопроницаемости в сторону ее увеличения [10,11,12].

Мы разделяем данные взгляды и считаем, что изучение такого явления, как «плужная подошва», требует комплексного подхода со смещением фокуса в сторону установления особенностей морфологии почвы и не должно ограничиваться рамками этимологии термина [11-13].

Для установления свойств почв и пространственной конфигурации плужной подошвы в почвах, сформировавшихся в границах объекта исследования, был построен маршрутный ход, ключевая площадка вдоль него и произведен отбор почвенных образцов по профилю.

В качестве среды для обработки географически распределенной информации и построения маршрутного хода карты-гипотезы использовалась ГИС («геоинформационная система»). Маршрутный ход строился на основании данных ранее произведенной нивелирной съемки, которые были формализованы и перенесены на спутниковый снимок в виде набора точек кривой. На полученную, таким путем, кривую размещались точки, координаты которых были перенесены на карту-гипотезу для отбора почвенных образцов, выступившую в качестве плана закладывания почвенных разрезов.

Непосредственно в полевых условиях, заложение разрезов производилось с помощью спутниковой навигации по «катене», согласно карте-гипотезе. Фактическое положение разреза фиксировалось и переносилось в ГИС. Это связано с изменением координат фактического положения разреза, относительно запланированного, что обусловлено различными, не очевидными и сложно прогнозируемыми с помощью анализа данных дистанционного зондирования Земли факторами.

Для установления пространственной конфигурации плужной подошвы с привязкой к рельефу, необходимо определить относительные высоты точек заложения почвенных разрезов и отрисовать «линию поверхности» почвы

маршрутного хода. Для решения данной задачи мы рассматриваем два варианта реализации процесса извлечения пространственных данных:

- нивелирная съемка местности;
- построение DEM («Digital Elevation Model» – «цифровая модель рельефа») на основании SRTM («Shuttle Radar Topography Mission» – «радиолокационная топографическая миссия шаттла») снимка.

Принципиальное отличие данных подходов заключается в способе реализации, полевом – в случае с нивелирной съемкой; дистанционном – в случае с построением цифровой модели рельефа на основании SRTM снимка.

Мы использовали оба варианта и сделали выводы об их применимости, достоинствах и недостатках в зависимости от особенностей объекта исследования.

При определении подхода к установлению наличия и изучению плужной подошвы в полевых условиях, необходим набор параметров ее характеризующих. Исходя из этого, свидетельством наличия плужной подошвы является морфологическое описание профиля почвы, плотность, агрегатный состав.

Полученные нами в ходе исследования результаты анализов почвенных образцов, отобранных по профилю заложенных разрезов, отображают динамику такого физического свойства почвы, как плотность, которая, в свою очередь, влечет за собой изменение влажности, и характер этих изменений дает достаточные основания для выявления «плужной подошвы».

Глубина начала залегания плужной подошвы относительно поверхности почвы колеблется и составляет от 19 до 27 см, окончания – от 27 до 37 см. Данный подход статистически достоверен и соответствует условиям решения задачи (таблица 1).

Однако, для решения задачи выявления закономерностей ее формирования, как элемента комплексной системы – составной части

экосистемы, для чего требуется увязать данные о плужной подошве с линией поверхности почвы по маршрутному ходу.

Построение модели пространственной конфигурации «плужной подошвы». Полученные в процессе полевого исследования координаты фактического местоположения разрезов были формализованы и внесены в базу данных ГИС в виде точек, наложенных на спутниковый снимок. Для оптимизации процесса обработки исходных данных, в площади расположения маршрутного хода была исследована ключевая площадка прямоугольной формы площадью 74 га (рис. 1).

Таблица 1 – Залегание плужной подошвы в почвах фрагмента территории Тимашевского района, 2022 г.

№ почвенного разреза	Глубина залегания плужной подошвы, см		
	начало	окончание	мощность
1	2	3	4
P1	25	37	12
P2	25	35	10
P3	25	35	10
P4	26	35	9
P5	27	36	9
P6	26	34	8
P7	26	34	8
P8	24	33	9
P9	22	30	8
P10	22	29	7
P11	21	27	6
P12	20	26	6
P13	20	26	6
P14	19	25	6
P15	19	26	7
P16	20	26	6
P17	21	27	6
P18	20	25	5
P19	22	32	10
P20	22	32	10
P21	23	33	10
P22	23	34	11
P23	24	35	11
P24	27	37	10

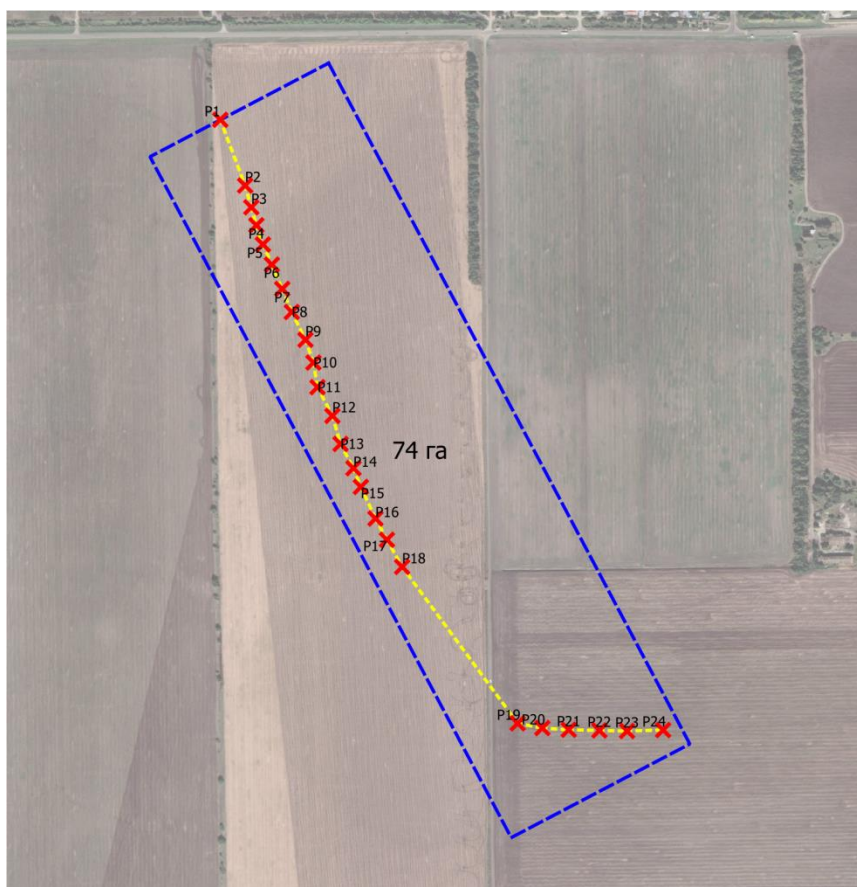


Рисунок 1 – Ключевая площадка в пределах маршрутного хода площадью 74 га, P1,2,3... – номера почвенных разрезов

Особенность данного подхода заключается в том, что получение информации весьма трудозатратно, поскольку подразумевает полевой этап работ по непосредственной съемке данных с использованием дополнительных (геодезических) инструментов.

Построение «линии поверхности» почвы на основании данных нивелирной съемки производилось по маршрутному ходу, с шагом в примерно 14 м. Возможная вертикальная дискретность значений, при применении такого способа довольно высока.

Значения высот были внесены в табличный процессор и обработаны.

Построение DEM на основании SRTM снимка и извлечение данных высоты точки поверхности над уровнем моря

Для получения данных о рельефе и относительных высотах мест заложения почвенных разрезов путем построения цифровой модели рельефа (DEM), был использован свободно распространяемый SRTM снимок, загруженный из открытого источника, размер пикселя которого составляет 30х20 метров. Что касается дискретности распределения значений высоты, она составляет в данном снимке 1 м.

Для извлечения данных об относительных высотах линии траектории маршрутного хода и почвенных разрезов, в ГИС был запрограммирован специальный стиль визуализации географически распределенных данных, включающий в себя команду извлечения числового значения высоты в синтаксисе языка «Python», что позволило получить представление о неоднородности рельефа поверхности почвенного покрова (Рис. 2).

Анализ пространственной конфигурации плужной подошвы относительно рельефа поверхности почвенного покрова. Извлечение данных высот и построение «линии поверхности» почвы по маршрутному ходу, дает возможность сопоставить глубину залегания плужной подошвы с рельефом (пространственная конфигурация) в единой системе координат и форме масштабированной продольной проекции почвенного профиля по длине маршрутного хода, включающую в себя такие элементы, как «линия поверхности», глубина «начала плужной подошвы» и глубина «окончания плужной подошвы».

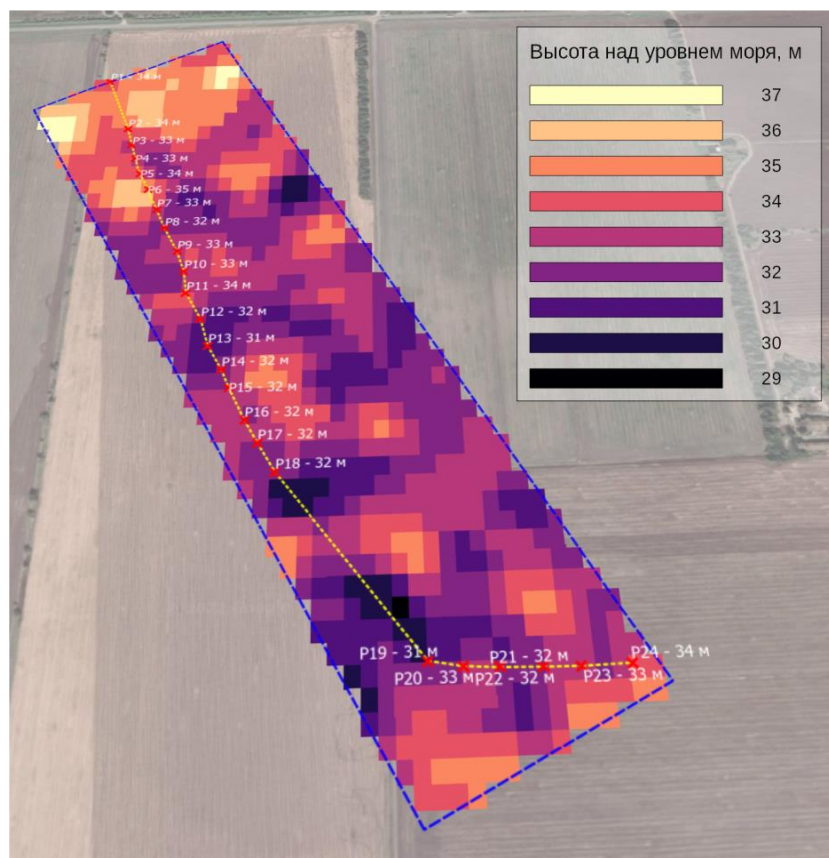


Рисунок 2 – Пространственная неоднородность рельефа ключевой площадки (на основании SRTM снимка, где «P14 – 32 м» – номер почвенного разреза и высота поверхности почвы относительно уровня моря в метрах)

Масштабированные продольные проекции были сформированы по результатам расчета высот нивелирной съемки (рисунок 3).

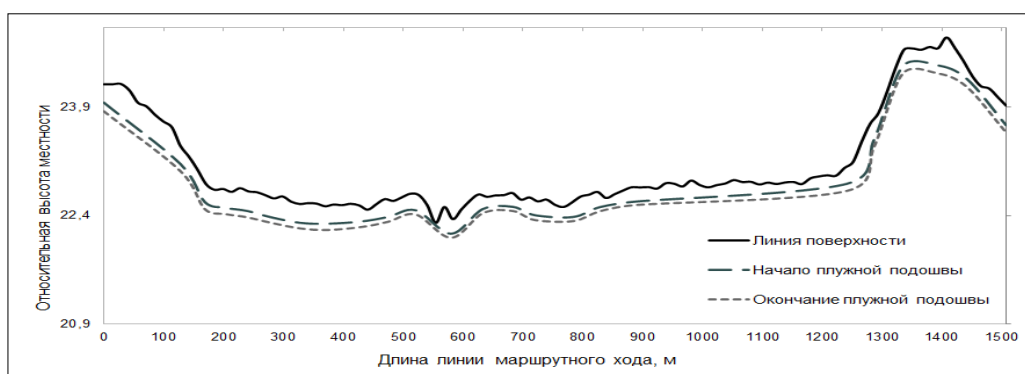


Рисунок 3 – Масштабированная продольная проекция почвенного профиля по маршрутному ходу на основании нивелирной съемки

Масштабированная продольная проекция почвенного профиля по маршрутному ходу на основании SRTM (рис. 2) снимка построена путем извлечения высот из снимка радиолокационной съемки (рисунок 4).

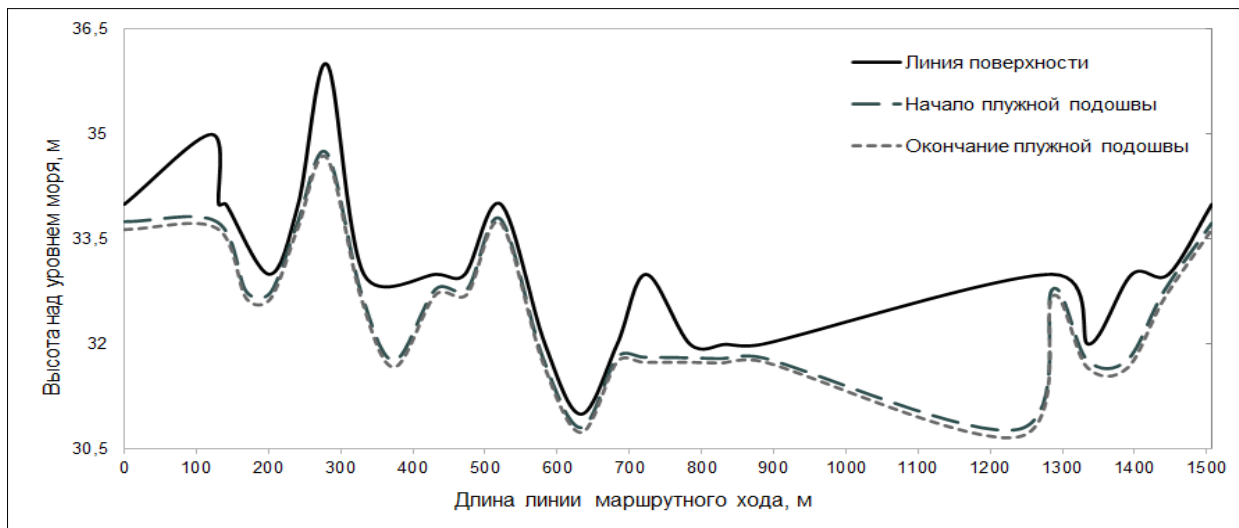


Рисунок 4 – Масштабированная продольная проекция почвенного профиля по маршрутному ходу на основании SRTM снимка

Продольная проекция, с использованием обоих подходов, демонстрирует зависимость между глубиной залегания плужной подошвы и неоднородностью рельефа, а также, что не очевидно без применения подобной методологии ее изучения, разную степень выраженности этой зависимости.

В случае использования SRTM снимка, продольная проекция демонстрирует общие тенденции, однако, ввиду низкой разрешающей способности и большим шагом вертикальной дискретности, наблюдается несколько другая визуализация зависимости.

Таким образом, наилучшим подходом в данном случае выступает использование данных нивелирной съемки. Однако, следует отметить, что в случае использования в качестве источника данных о высотах, хорошо демонстрируется неоднородность рельефа, при этом точность определения значений страдает ввиду низкой разрешающей способности снимка. Это

решаемо путем увеличения разрешающей способности исходных данных, которые могут быть получены, например, с помощью БПЛА (беспилотного летательного аппарата).

Составление карты техногенно обусловленной динамики структуры почвенного покрова с использованием дистанционных методов зондирования

Возможность решения проблем дистанционного зондирования состояния почвенного покрова в значительной степени зависит от спектральной отражательной способности почв различных типов. На отражательную способность почв влияют такие факторы, как физико-химические свойства, гранулометрический состав, влажность почв, глыбистость поверхности, размер и шероховатость почвенных агрегатов [14]. Эти факторы влияют на отражательную способность почв и хоть напрямую и не являются свидетельством наличия или отсутствия плужной подошвы в почвенном профиле, косвенно позволяют получить необходимую информацию.

В настоящее время уже имеется определенный опыт изучения почвенного покрова в естественных условиях по данным дистанционных измерений [14].

Определяющее значение для дистанционного исследования почвенного покрова имеют свойства самого отражающего объекта и в первую очередь химический состав почв (содержание гумуса, окисного железа, карбонатов, легкорастворимых солей), влажность, гранулометрический состав, структура, сложение.

Особенно заметное уменьшение коэффициентов отражения наблюдается при увлажнении почв с малым содержанием органического вещества, тогда как для черноземов влияние влажности менее заметно. Увлажнение почв до полной капиллярной влагоемкости снижает отражательную способность в 2—3 раза, но вид и форма спектральных

кривых, как правило, остаются неизменными. При дальнейшем увлажнении существенных изменений отражательной способности не происходит. Значительное изменение в окраске почв при повышенной влажности наблюдается в том случае, когда на поверхности частиц находится водная пленка и влажность почв превышает полную гигроскопичность. Наличие гигроскопической влаги не ведет к заметному потемнению. Действие воды заключается в том, что, занимая поровое пространство, вода частично или полностью вытесняет воздух.

Коэффициент рассеяния зависит от отношения коэффициентов преломления образца и окружающей среды. Наличие воды вызывает уменьшение этого отношения, коэффициент рассеяния падает. В определенных интервалах влажности могут сказываться эффекты рекристаллизации и растворения компонентов почвы (хлористого и сернокислого натрия, хлористого и сернокислого магния). В исследованиях Садовникова Ю.Н. [14] экспериментально установлено следующее:

- зависимость спектрального состава отраженных излучений от увлажнения почвы;
- характер изменения отражательной способности различных типов почв и генетических горизонтов;
- взаимосвязь между отражательной способностью и физическими и физиологическими показателями содержания влаги в почве [2,4].

Отражательная способность большинства сухих почв характеризуется сравнительно плавным нарастанием яркости с увеличением длины волны в интервале от 0,4 до 1,6-2,0 мкм и постепенным уменьшением при дальнейшем увеличении λ , до 2,5 мкм [2].

Кривые r_λ влажных почв имеют прогибы в зонах поглощения солнечной радиации водой при максимумах в точках $\lambda = 1,45$ мкм и $\lambda = 1,95$ мкм. Уровень кривой r зависит от минеральной основы почвы, содержания гумуса, окислов железа и воды, а также от структуры поверхности.

Значительное изменение яркости почв обуславливается их влажностью. Понижение яркости почв в видимой области спектра с увеличением влажности нелинейно.

Яркость остается практически постоянной до определенного уровня влажности - максимальной гигроскопичности почв. Далее, до двойной максимальной гигроскопичности (умеренное увлажнение) изменение яркости становится заметным и хорошо коррелирует с влагосодержанием: увеличение влажности на 1% соответствует понижению яркости на 0,02. Затем градиент уменьшается, яркость стабилизируется на определенном уровне при появлении гравитационной влаги.

В ближней инфракрасной зоне спектра ($\lambda = 0,75-1,3$ мкм) наибольшие градиенты влажности наблюдаются при среднем влагосодержании. Следовательно, анализ изображений в ближней инфракрасной зоне спектра электромагнитных излучений дает более полное представление о распределении влаги в почве, а следовательно, и местонахождении подтопленных и залитых водой земель [2,4,14]

Полное представление о распределении влаги в почве дает совместный анализ изображений в видимой области и ближней инфракрасной зоне спектра [2,4,14]. Интенсивное снижение отражательной способности наблюдается в интервале длин волн 1400-1500 нм, что обусловлено полосой поглощения воды. Между коэффициентом отражения (диапазон спектра 1400-1500 нм) и влажностью существует обратно пропорциональная зависимость.

По материалам аэрофотосъемки такие явления, как подтопление и затопление водой земель уверенно распознаются по прямым дешифровочным признакам, но в качестве вспомогательных для этих целей используются и косвенные признаки.

Основные прямые дешифровочные признаки:

1. Форма и фототон;

- 2.Текстура изображения;
- 3.Местоположение контура.

Использование космических снимков

Результаты исследований и практический опыт показывают, что информационное обеспечение системы мониторинга земель для большой территории России возможно лишь на основе использования космической информации обладающей уникальными свойствами единовременного охвата больших площадей (миллионы га) в сочетании с высокой детальностью на местности (метры), и космических навигационных систем, позволяющих определить координаты земельных участков с сантиметровой точностью.

Для выполнения работ нами использовалась информация зарубежных объектов Landsat -7 и Quick Bird (США).

На рис. 3 изображен фрагмент территории АФ «Нива» Тимашевского района, снятый космическим аппаратом Landsat -7.

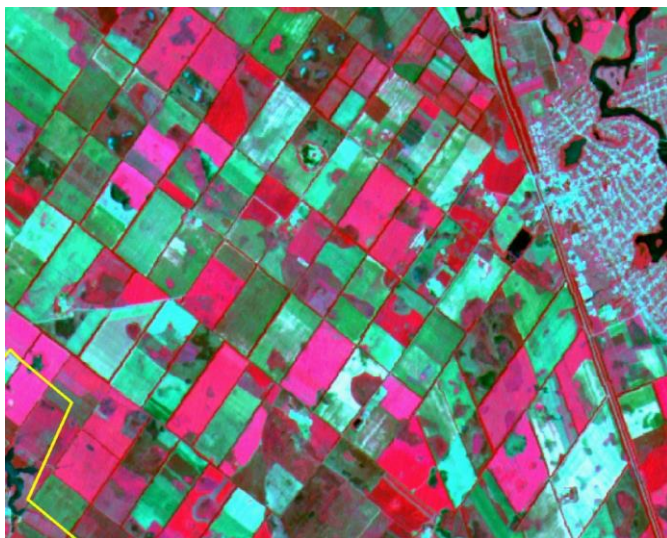


Рисунок 3 Фрагмент снимка с КА Landsat-7 (южная часть Тимашевского района, западнее ст. Медведовская)

Его технические характеристики (разрешение на местности 30м) позволяют выявить только общую схему расположения контуров длительно переувлажняемых земель, приуроченных к днищам наиболее

глубоких западин, занятых пастбищами угодьями. Контура временного переувлажнения на пахотных угодьях по этим снимкам не выявляются.

При дешифрировании космических снимков, выполненных с КА Quick Bird на рис. 4 (б) хорошо видны участки длительно переувлажненных и подтопляемых земель контура 1,3-6,9,10 и практически не различаются участки временно переувлажняемых земель.

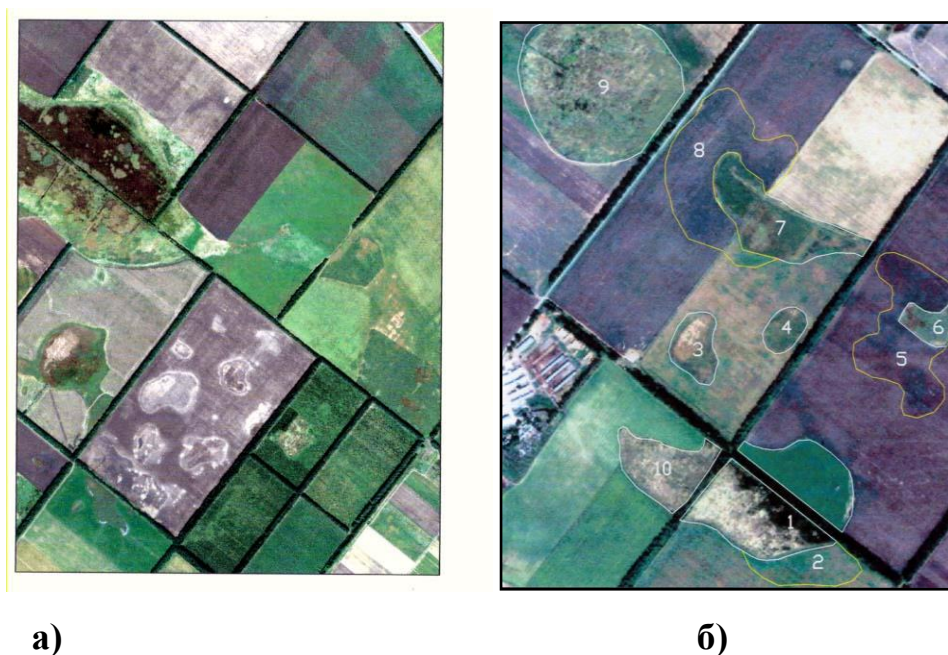


Рисунок. 4 Низменно-западинные ландшафты Тимашевского района на спутниковых снимках с Quick Bird (2004.04.02)

На рис.4 (б) контур №1, занятый пастбищами дешифрируется четко и устойчиво, контур №2 практически не отличается от окружающей территории, сложенной автоморфными почвами.

Наконец на рис. 5 космоснимок рассматриваемого фрагмента, вследствие распашки поля, вообще не является информативным.

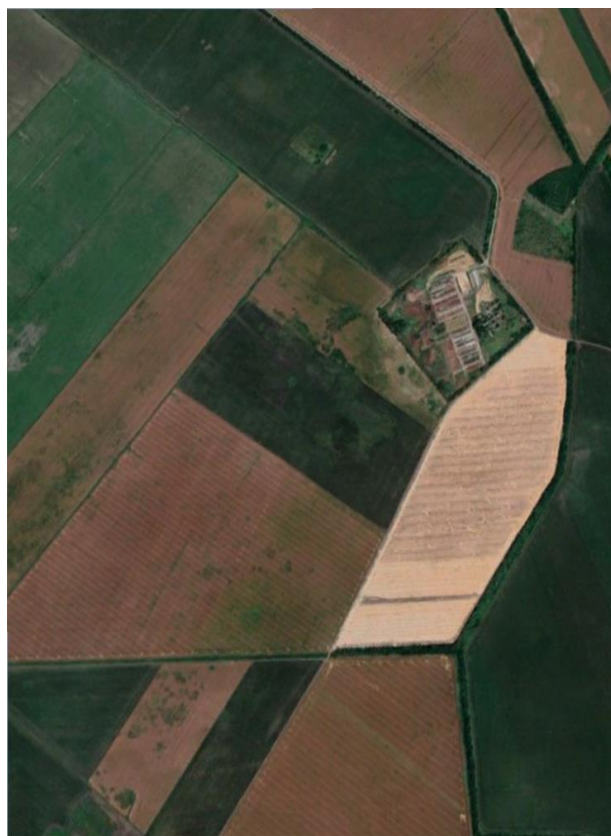
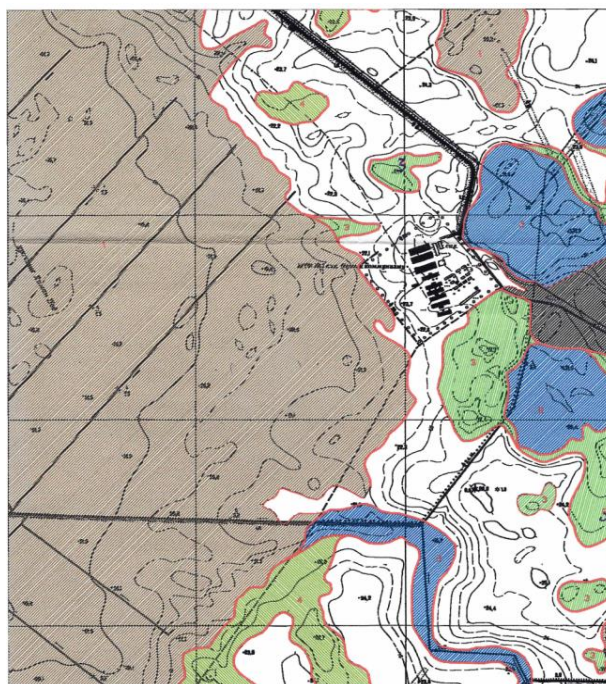


Рисунок 5 Фрагмент космического снимка (Google) исследованного земельного массива в Тимашевском районе Краснодарского края, 2022 г.

Отмеченные обстоятельства указывает на ограниченные возможности применения космических снимков для картографирования почв, соответствующих начальной стадии техногенной деградации почв, тем не менее, при отсутствии актуализированной информации о состоянии почвенного покрова, динамике его структуры, состава и свойств компонентов вследствие прекращения работ по сплошному почвенному обследованию земель сельскохозяйственного назначения могут служить обоснованием принимаемых решений. Пример такого решения приведен на рис. 6, на котором приведен фрагмент карты техногенной (агрогенной) деградации почвенного покрова объекта исследования.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

№ на карте	Окраска	Наименование почвы
Данные 1972 г.		
1		Луговые и лугово-черноземные слитые, в т.ч. осолодевшие
0 (без номера)	Нет окраски	Черноземы типичные и выщелоченные
Данные 2008 г. (прирост)		
2		Луговато- и лугово-черноземные слитые (временно переувлажняемые)
0 (без номера)	Нет окраски	Черноземы типичные и выщелоченные
Данные 2022 г.		
3		Луговато- и лугово-черноземные уплотненные (кратковременно переувлажняемые)
4		Лугово-черноземные слитые (временно переувлажняемые)
0 (без номера)	Нет окраски	Черноземы типичные и выщелоченные

Рисунок 6 Фрагмент карты «Динамика развития техногенной деградации почв Тимашевского района Краснодарского края», 2022 г

Заключение

1. На почвах, подверженных воздействию комплекса антропогенных и природных факторов, установлена зависимость между рельефом территории и особенностями пространственной конфигурации плужной подошвы путем построения географически распределенной модели.
2. Для построения географически распределенной модели физических формаций почвы, таких как плужная подошва, которые являются

составной частью сложной системы взаимоотношений природных и антропогенных факторов, применимо как использование стандартных инструментальных методов, таких как нивелирная съемка, так и методов дистанционного зондирования Земли.

3. Использование данных дистанционного зондирования Земли призвано сократить затраты труда на достижение результата, который может быть сопоставим по своей достаточности со стандартными инструментальными методами, с точки зрения достижения поставленной цели и, при этом, позволяет изменять уровень точности, путем изменения разрешающей способности исходных данных.

Использованные источники

1. Ачканов, А.Я. Научный отчёт по теме: Изучение причин деградации земель Краснодарского края/ А.Я. Ачканов// Краснодар. 1993. (рукопись).
2. Виноградов, Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем/ Б.В Вино-градов. // М.: Наука, 1984. -320 с.
3. Власенко, В.П. Деградационные процессы в почвах Краснодарского края и методы их регулирования: монография/Власенко В.П., Терпелец В.И.// Краснодар, КубГАУ, 2012.-205с.
4. Власенко, В.П. Методологические аспекты выбора диагностических критериев гидрометаморфизма в черноземах Западного Предкавказья/ Власенко В.П., Терпелец В.И.// сб. научн. тр. КубГАУ – Краснодар, 2010. – Вып. 6(27)-С. 19-24.
5. Глобус А.М. Почвенно-гидрофизическое обеспечение агроэкологических математических моделей/А.М. Глобус // Л.: Гидрометеиздат. 1987. 428с.
6. Димитрова, Р. И. Исследование природы усадки глинистых грунтов/
Р. И. Димитрова// Автореф. канд. дисс. М.: МГУ, 1974. С. 26.

7. Зайдельман, Ф.Р. Генетические особенности и гидрофизические свойства почв степных и мочарных ландшафтов / Ф.Р. Зайдельман, А.И. Да-выдов, И.Ю. Давыдова // Вестн. Моск. ун-та. Сер. Почвоведение. 1993.№ 1. С. 15-21.
8. Зайдельман Ф.Р., Тюльпанов В.И. ,Е.Н. Ангелов, Давыдова И.Ю. Почвы мочарных ландшафтов - формирование, агроэкология и мелиорация/ Ф.Р.Зайдельман, В.И. Тюльпанов, Е.Н. Ангелов, И.Ю. Давыдова // М.: Изд. МГУ, 1998 ,160 с.
9. Козловский, Ф. И. Об антропогенной деградации южного чернозема в связи с уплотнением/Козловский Ф. И., Целищева Л. К.// География и генезис антропогенноизмененных почв. М.: Тр. Почв, ин-та им. В. В. Докучаева, 1986. С. 62-71.
10. Корнблум, Э.А. О роли изменения плотности и твердости в образовании слитых почв Кубани / Э.А Корнблум., И.Н. Любимова, А.М. Иванов // Почвоведение. 1977. № 1. С. 14-30.
11. Назаренко, О.Г. Современные процессы развития локальных гидро-морфных комплексов в степных агроландшафтах/ О.Г. Назаренко // Автореф. дисс. на соискание уч. ст. докт. б. н., М-2002, 46 с.
12. Прохоров, А.Н., Подходы к расчёту показателей мониторинга физического состояния почв/ А.Н. Прохоров, П.М. Сапожников // Почвоведение.1992. №9. С.52-64.
13. Переуплотнение пахотных почв. Причины, следствия, пути уменьшения// М.: Наука, 1987. 215 с.
14. Садовников, Ю.Н. Спектрофотометрический метод характеристики почв, почвенной окраски и количественные закономерности отражения света почвами/ Ю.Н. Садовников, Д.С. Орлов // Агрохимия, 1978, №4, С. 133-151.

References

1. Achkanov, A.Y. Scientific report on the topic: Studying the causes of land degradation of the Krasnodar Territory / A.Y. Achkanov // Krasnodar. 1993. (manuscript).
2. Vinogradov, B.V. Aerospace monitoring of ecosystems / B.V. Vinogradov. M.: Nauka, 1984. -320 p.
3. Vlasenko, V.P. Degradation processes in the soils of the Krasnodar Territory and methods of their regulation: monograph / Vlasenko V.P., Terpelets V.I.// Krasnodar, KubGAU, 2012.-205p.
4. Vlasenko, V.P. Methodological aspects of the choice of diagnostic criteria for hydrometeorology in the chernozems of the Western Ciscaucasia / Vlasenko V.P., Terpelets V.I.// sb. scientific. Tr. KubGAU – Krasnodar, 2010. –Vol. 6(27)-S. 19-24.
5. Globus A.M. Soil-hydrophysical support of agroecological mathematical models/A.M. Globus // L.: Gidrometeoizdat. 1987. 428s. Dimitrova, R. I. Issledovanie nastya shrinkage claynykh gruntov / R. I.
6. Dimitrova// Avtoref. cand. diss. M.: MGU, 1974. p. 26.
7. Zaydelman, F.R. Genetic features and hydrophysical properties of soils of steppe and mocharnye landscapes / F.R. Zaydelman, A.I. Davydov, I.Y. Davydova // Vestn. Mosk. un-ta. Ser. Soil science. 1993.№ 1. S. 15-21.
8. Zaydelman F.R., Tulipanov V.I., E.N. Angelov, Davydova I.Y. Soils of urinary landscapes - formation, agroecology and melioration / F.R. Zaydelman, V.I. Tulipanov, E.N. Angelov, I.Yu. Davydova // M.: Izd. Moscow State University, 1998, 160 p.
9. Kozlovsky, F. I. On the anthropogenic degradation of the southern chernozem in connection with compaction / Kozlovsky F. I., Tselishcheva L. K.// Geography and genesis of anthropogenic soils. M.: Tr. Soil, institute named after V. V. Dokuchaev, 1986. S. 62-71.

10. Kornblum, E.A. On the role of changes in density and hardness in the formation of merged soils of kuban / E.A. Kornblum., I.N. Lyubimova, A.M. Ivanov // Soil Science. 1977. № 1. S. 14-30.
11. Nazarenko, O.G. Modern processes of development of local hydro-morphic complexes in steppe agrolandscapes/ O.G. Nazarenko // Avtoref. diss. for the purpose of academic art. ...
12. Prokhorov, A.N., Approaches to the calculation of indicators for monitoring the physical state of soils / A.N. Prokhorov, P.M. Sapozhnikov // Soil Science. 1992. №9. P.52-64.
13. Overcompaction of arable soils. Causes, consequences, ways of reduction // M.: Nauka, 1987. 215 p.
14. Sadovnikov, Yu.N. Spectrophotometric method of soil characteristics, soil color and quantitative regularities of light reflection by soils / Yu.N. Sadovnikov, D.S. Orlov // Agrochemistry, 1978, No4, P. 133-151.

© В.П. Власенко, В.В. Костенко 2022. *International agricultural journal*, 2022, № 6, 1476-1497

Для цитирования: В.П. Власенко, В.В. Костенко Методология исследования техногенной деградации почв Азово-Кубанской низменности//*International agricultural journal*. 2022. № 6, 1476-1497