

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **045476**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.11.28

(51) Int. Cl. **G01N 33/24** (2006.01)
G06V 10/44 (2022.01)

(21) Номер заявки
202292093

(22) Дата подачи заявки
2022.06.17

**(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕГРАДИРОВАННОСТИ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ НА
ОСНОВЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

(31) 2022/0253.1

(32) 2022.04.26

(33) KZ

(43) 2023.10.31

(96) KZ2022/035 (KZ) 2022.06.17

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**НЕКОММЕРЧЕСКОЕ
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Д. СЕРИКБАЕВА" (KZ)**

(72) Изобретатель:

**Апшикур Байтак, Саденова Маржан
Ануарбековна, Куленова Наталья
Анатольевна, Шаймарданов Жасулан
Кудайбергенович, Шаймарданова
Ботагоз Хасымовна (KZ)**

(74) Представитель:

Сабиева М.К. (KZ)

(56) RU-C1-2265839
RU-C2-2489846
RU-C1-2705549
CN-A-105204516
US-A1-20050165552
RU-U1-48453

(57) Изобретение относится к области сельского хозяйства и информационных технологий и может быть использовано в системах управления агропромышленными комплексами, использующими технологию точного земледелия при оценке состояния почвенного покрова пахотных земель с различным уклоном местности по данным ДЗЗ. Сущность изобретения заключается в том, что для оценки деградации участков пахотных земель предлагается комплексное решение, включающее оценку деградации почвы на основе снимков ДЗЗ, анализа морфометрическим способом рельефа местности (точное определение уклона, склона, LS фактора, детальная классификация рельефа и возможные годовые потери почвы) и расчет содержания гумуса с учетом эрозионных потерь почвы. Техническим результатом способа является повышение эффективности обработки многоспектральных изображений путем использования метода морфометрического анализа, который позволяет учитывать величину уклона и смывы почвенного слоя предгорных покровов, повышение информативности и расширение применимости. Указанный технический результат достигается тем, что оценку деградации участков пахотных земель, находящихся под различным уклоном, проводят дополнительно с использованием топографического фактора - LS-factor, на основании которого можно прогнозировать среднегодовые потери почвы. Использование указанного способа способствует своевременному внедрению комплекса профилактических и противоэрозионных мероприятий для уменьшения размыва почвенного покрова со склонов предгорных земельных участков.

B1

045476

045476 B1

Настоящее изобретение относится к области сельского хозяйства и информационных технологий и может быть использовано в системах управления агропромышленными комплексами, использующими технологию точного земледелия при оценке состояния почвенного покрова пахотных земель с различным уклоном местности по данным ДЗЗ.

Технический результат изобретения заключается в повышении эффективности обработки многоспектральных изображений путем использования алгоритма морфометрического анализа, который позволяет классифицировать высотную модель по различным элементам ландшафта на основе геоинформационного моделирования, учитывать величину уклона и смывы почвенного слоя предгорных посевов, а также повышать информативность и расширять применимость.

Качество и оперативность оценки состояния посевов сельскохозяйственных культур зависит от результатов своевременного выявления состояния пахотных земель [Совершенствование методик обработки космических снимков в системе регионального мониторинга состояния сельскохозяйственных культур, тема диссертации и автореферата по ВАК РФ 25.00.34, кандидат наук Сахарова, Елена Юрьевна].

Существующие способы оценки состояния посевных площадей, базирующиеся на обработке космических снимков, как правило, не учитывают морфометрических особенностей ландшафта, сложившегося на склоновых участках предгорных пахотных земель.

Одним из важнейших факторов, влияющих на сельскохозяйственную сферу в горных районах, является смыв и эрозия почв с поверхности. Известно, что эрозия почвы в горных условиях имеет ряд специфических особенностей, которые по масштабам и повреждениям приводят пахотные земли в катастрофическое состояние.

Учет смыва почвенного слоя предгорных посевов производится измерением количества почвы, сбрасываемой с определенной площади в единицу времени. До использования космических снимков на указанные цели, эти измерения проводились при натурном изучении количественных характеристик продуктов смыва почв с сельскохозяйственных угодий предгорных зон, в основном путем учета стока воды и отложений в замкнутом створе борозды, методом замера водной растительности в низинах в пределах территории и контролем в районах стока. В настоящее время результаты космической съемки позволяют определить характер и величину текущего проявления водно-эрозионного процесса, наблюдения за размывом и эрозией почвенного слоя во времени.

Известен способ оценки устойчивости почв в условных баллах ["Почвенно-экологический мониторинг" учебное пособие под редакцией Д.С. Орлова, из-во МГУЛ, 1994, стр.77-76, табл. 18, "Экспертная оценка почвенного покрова по показателям, определяющим его интегральную устойчивость (баллы)"]. В данном способе-аналоге для оценки устойчивости определенной почвы использованы 10 показателей: кислотность, увлажненность, интенсивность разложения растительных остатков, запас гумуса, рельеф, сельскохозяйственная освоенность, годичный прирост, насыщенность основания, почвообразующие породы, теплообеспеченность. По сумме баллов выделяют четыре зоны: первая - неустойчивая до 14 баллов, вторая - малоустойчивая от 18 до 20, третья - относительно устойчивая от 23 до 26 и четвертая - устойчивая от 26 до 30 баллов.

Недостатками аналога следует считать:

- субъективность балльной экспертной оценки каждого из 10 показателей;
- неоперативность и трудоемкость наземного обследования больших площадей;
- недопустимо большое количество частных показателей, затрудняющих практическую применимость;
- отсутствие документально установленных границ зон.

Известен способ определения параметров состояния почвенно-растительного покрова по данным многоспектрального аэрокосмического зондирования [RU 2424540, 20.07.2011], включающий прием и регистрацию на магнитном носителе цифровых данных аэрокосмического зондирования, обработку этих данных путем проведения их географической привязки, тематическую обработку с выделением класса "растительность".

Недостатком способа является низкая объективность параметров обследования состояния почвенного покрова

Известен способ обработки многоспектральных изображений, который заключается в том, что после приема и регистрации на магнитном носителе цифровых данных аэрокосмического зондирования производится их географическая привязка, учет геометрических, радиометрических, радиационных, спектральных искажений данных, их отображение в определенной проекции карты [Сазонов Н.В., Дедаев Ю.Н., Вандышева Н.М. Назад, в будущее - к 30-летию создания автоматизированной информационно-управляющей системы "АИУС-Агроресурсы"//Информационный бюллетень, 2009, №2(69) и/или на сайте по адресу <http://www.gisa.ru/53086.html?searchstring=сазонов>]. На базе этого способа был создан автоматизированный комплекс, известный, как АИУС-Агроресурсы (Автоматизированная информационно-управляющая система - Агроресурсы), позволявший осуществлять обработку аэрокосмических Основной недостаток известного способа состоит в том, что вместо реальных количественных оценок параметров состояния природных объектов рассчитываются лишь упрощенные эмпирические характеристики, известные как "вегетационные индексы". На практике при построении тематических карт вегетационных

индексов или близких к ним "информационных продуктов" используется лишь два спектральных канала, охватывающих полосу поглощения хлорофилла (основного пигмента фото синтезирующей растительности) и область максимума спектральной отражательной способности вегетирующей растительности в ближней инфракрасной части спектра.

Известен способ внесения органических удобрений, включающий непосредственное прямое определение содержания гумуса в почве, выделение на поле участков или почвенных контуров с последующим определением содержания гумуса в почве с использованием дистанционного зондирования [RU 2260930, 27.09.2005].

Недостатком рассмотренного способа является большая трудоемкость традиционного способа внесения удобрений, что требует значительных затрат времени и средств для определения содержания гумуса в почвах по каждому из выделенных почвенных контуров (элементарных участков). В тоже время, способ способствует определению содержания гумуса в определенных точках отбора проб, что не позволяет рассчитать содержание гумуса на остальные участки для точного внесения оптимальных доз удобрений.

Известен способ внесения органических удобрений [RU 2337518, 10.11.2008], включающий выделение на поле участков, определение содержания гумуса в почве и дифференцированных доз органических удобрений исходя из предназначенной для всего поля средней дозы удобрений с помощью дистанционного зондирования.

Недостатком данного способа является то, что, во-первых, не учитываются различия в плодородии различных участков в пределах хозяйства или отдельного массива, а во-вторых, практически всегда в севообороте чередуются культуры, отличающиеся по потребности в мелиорантах или удобрениях, и необходимая для них норма органических удобрений (или мелиорантов) может варьировать от 10 до 60 т/га.

Ближайшим аналогом (прототипом) к заявленному изобретению является способ определения состояния почвы, подверженной деградации [RU 2265839 C1], включающий аэрокосмическую съемку поверхности открытых участков почвы в ранний весенний или поздний осенний период, преобразование полученного изображения, оценку фотона этих площадей по 256 - уровневой шкале серого цвета, выделение контуров по уровням шкалы серого цвета, вычисление площадей выделенных контуров, привязку обработанного изображения к почвенной карте и его трансформацию, оценку деградации почв проводят по содержанию гумуса в почвенном покрове.

Недостатком этого способа является необходимость дополнительного наземного исследования после каждой съемки и в оценке деградации почвы только по содержанию в ней гумуса без учета особенностей рельефа пахотных земель.

Предлагаемый способ определения состояния пахотных земель, подверженных деградации устраняет недостатки известного прототипа и повышает эффективность обработки космических снимков с минимизацией затрат на определение содержания гумуса. В дополнение к процедурам оценки деградации почв по содержанию гумуса обозначенном в прототипе учитываются особенности ландшафта пахотных земель, расположенных в предгорных зонах.

Сущность заявленного изобретения заключается в том, что для оценки деградации участков пахотных земель предлагается комплексное решение, включающее оценку деградации почвы на основе снимков ДЗЗ, анализа морфометрическим способом рельефа местности (точное определение уклона, склона, LS фактора, детальная классификация рельефа и возможные годовые потери почвы) и расчет содержания гумуса с учетом эрозионных потерь почвы.

Техническим результатом предлагаемого способа является повышение эффективности обработки многоспектральных изображений путем использования метода морфометрического анализа, который позволяет учитывать величину уклона и смывы почвенного слоя предгорных посевов, повышение информативности и расширение применимости.

Указанный технический результат достигается тем, что оценку деградации участков пахотных земель, находящихся под различным уклоном проводят дополнительно с использованием топографического фактора - LS-factor, на основании которого можно прогнозировать среднегодовые потери почвы.

Использование указанного способа способствует своевременному внедрению комплекса профилактических и противоэрозионных мероприятий для уменьшения размыва почвенного покрова со склонов предгорных земельных участков.

Реализация предложенного способа осуществляется в несколько этапов:

первый - с помощью базы открытых данных SRTM и Aster GDEM из NASA Earthdata и Japan Space Systems методом космической съемки с разрешением до 17 метров в 1 пикселе получают цифровую модель исследуемой территории. Данная модель представляет собой космический снимок земной поверхности, основное назначение которого отображение данных рельефа исследуемой местности;

второй - заключается в обработке полученной модели с помощью программы SAGA-GIS (System for Automated Geoscientific Analyses) и расчете LS-factor (эрозионный потенциал рельефа). Для расчета LS-factor использовался новый DEM Европейского Союза с высоким разрешением (10-17 м) (GDEM из NASA Earthdata и Japan Space Systems), представляющий собой гибридный продукт, включающий пока-

зания Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) и Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Global Digital Elevation Model (GDEM) и Japan Space Systems [7]. С помощью GDEM получают общеевропейские данные о высоте со скоростью 1 угловая секунда. LS factor используется при количественной оценке потенциальной опасности эрозии по уравнению Уишмейера-Смита

$$A = 0,224 * R * K * L * S * C * P \quad (1)$$

где A - смыв почвы с единицы площади, кг/м²; R - фактор осадков, выраженный в единицах эрозионного индекса; K - фактор эродированности почв; L - фактор длины склона; S - фактор уклона; C - фактор севооборота; P - фактор, учитывающий влияние противоэрозионных мероприятий, [Горбачева Е.Н. Применение универсального уравнения потерь почвы от эрозии (RUSLE) при оценке интенсивности водно-эрозионных процессов на основе ГИС//Почвоведение и агрохимия. 2011. № 2 (47). С. 42-51].

Объем эрозии, рассчитанный в соответствии с этим уравнением, является ландшафтно-экологическим показателем, который имеет важное значение при планировании землепользования, организации охраны земель и водных объектов, прогнозировании месторасположения эрозионной сети и др. Этот индекс напрямую связан с уклоном геосистем и показывает наибольшую интенсивность поверхностных потоков с определенной территории.

Модель универсального уравнения потерь почвы (USLE) является наиболее часто используемой моделью для оценки риска эрозии почвы. Среди шести входных слоев комбинированная длина склона и угол наклона (LS-factor) оказывает наибольшее влияние на потери почвы. S-фактор измеряет влияние крутизны склона, а L-фактор определяет влияние длины склона. Комбинированный LS-фактор описывает влияние рельефа на эрозию почвы.

Далее в соответствии с классификацией категории потенциальной эродированности почв (табл. 1), представляющей зависимость уклона земельного участка от его потенциальной эродированности проводится его оцифровка [Земледелие от А до Я [Электронный ресурс]: официальный сайт [сайт] - URL: <http://rusechro.ru/pochvennaya-semka/3417-mezorelef-chast-3.html> Сравнительная характеристика потенциальной эродированности почв по землепользованиям].

Таблица 1

Классификация категории потенциальной эродированности почв по СИ. Сильверстову

Класс	Уклон, в градусах	Рельеф	Потенциальная эродированность
1	<1	Ровные участки	Неэродированные
2	1-2	Пологие склоны	Слабосмытые
3	2-3	От пологих к покатым склонам	Слабо и среднесмытые
4	3-4	Покатые склоны	Среднесмытые
5	4-5	От покатых к крутым склонам	Средне и сильносмытые
6	5-10 и более	Крутые склоны	Сильносмытые

третий - полученные растровые данные переводят в полигонные объекты (в результате получается изображение в виде векторной карты, показывающей эродированность исследуемых земельных участков в предгорных зонах), площадь и объем собирающейся воды и смытого гумуса;

четвертый - проводится расчет содержания гумуса по данным ДЗЗ и наносятся контуры рассчитанных значений гумуса на карту (в соответствии с прототипом).

Предлагаемый способ апробирован на полях крестьянского хозяйства с. Березовка, расположенного в предгорной территории Глубоковского района Восточно-Казахстанской области. Хозяйство специализируется на выращивании в предгорных зонах зерновых и технических культур.

Исследуемые участки представлены темно-каштановыми почвами. Горно-степной регион с резко континентальным климатом. Атмосферные осадки колеблются от 300 до 650 мм.

Выбран мультиспектральный космический снимок со спутника Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) и Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Global Digital Elevation Model (GDEM) и Japan Space Systems (<https://search.earthdata.nasa.gov/search/>). <https://www.dwtkns.com/srtm30nV> (фиг. 1).

По космическому снимку на исследуемой территории видны река, овраги ущелья и долина. Поля обследовались в июле 2021 г. (фиг. 1).

Для определения LS - factor изображения исследуемых участков со спутников дистанционного зондирования Земли переводятся из системы координат DATUM ("World Geodetic System 1984") командой программы SAGA-GIS ("Geoprocessing-Projection-UTM Projection-UTM Projection Grid в систему координат "WGS 84/Pseudo-Mercator"). После этого в полученной системе координат проводится геоморфомет-

рический анализ рельефа.

На фиг. 2 представлена детальная карта исследуемых участков местности (значения склонов и уклонов в соответствии со световой экспозицией рельефа).

Далее с использованием программы SAGA

(Usage: saga_cmd ta_compound 0 [-ELEVATION <str>] [-SHADE <str>] [-SLOPE <str>] [-ASPECT <str>] [-HCURV <str>] [-VCURV <str>] [-CONVERGENCE <str>] [-SINKS <str>] [-FLOW <str>] [-WETNESS <str>] [-LSFACTOR <str>] [-CHANNELS <str>] [-BASINS <str>] [-CHNL_BASE <str>] [-CHNL_DIST <str>] [-VALL_DEPTH <str>] [-RSP <str>] [-THRESHOLD <num>])

рассчитывался LS фактор, характеризующий влияние особенностей рельефа на протекание эрозийных процессов (фиг. 3).

Как следует из снимка на фиг. 3 значение коэффициента LS factor на исследуемых пахотных землях изменяется в пределах от 1 до 16.

Следующий этап заключался в построении карты в программе SAGA, показывающей эродированность исследуемых земельных участков в соответствии с классификацией потенциальной эродированности почв (табл. 1). Результаты классификации рельефа получают в виде карты (фиг. 4).

С использованием SAGA GIS и уравнения 1 было рассчитано возможное значение А, характеризующее смыв почвы с единицы площади (фиг. 5 и табл. 2).

Таблица 2

Шкала значений интегрального показателя	
Значение А, тонн/га в год	Водно-эрозионная опасность
1-3	Низкая
3-4	Относительно низкая
4-6	Средняя
6-9	Относительно высокая
>9	Высокая

На следующем этапе с использованием алгоритма обработки методом ДЗЗ и значений А проводится расчет содержания гумуса и составляется картограмма распределения гумуса (% содержание) на исследуемых участках (фиг. 6).

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ определения состояния предгорных пахотных земель, подверженных деградации, включающий аэрокосмическую съемку поверхности открытых участков почвы в ранний весенний или поздний осенний период, преобразование полученного изображения, оценку фотона этих площадей по 256-уровневой шкале серого цвета, выделение контуров по уровням шкалы серого цвета, вычисление площадей выделенных контуров, привязку обработанного изображения к почвенной карте и его трансформацию, оценку деградации почв проводят по содержанию гумуса в почвенном покрове, отличающийся тем, что способ дополнительно содержит этапы, на которых:

с помощью базы открытых данных SRTM и Aster GDEM из NASA Earthdata и Japan Space Systems методом космической съемки с разрешением до 17 м в 1 пикселе получают цифровую модель исследуемой территории;

с помощью программы SAGA-GIS (System for Automated Geoscientific Analyses) полученная цифровая модель обрабатывается и автоматически рассчитывается эрозионный потенциал рельефа (LS-factor). Для количественной оценки потенциальной опасности эрозии используется уравнение Уишмейера-Смита:

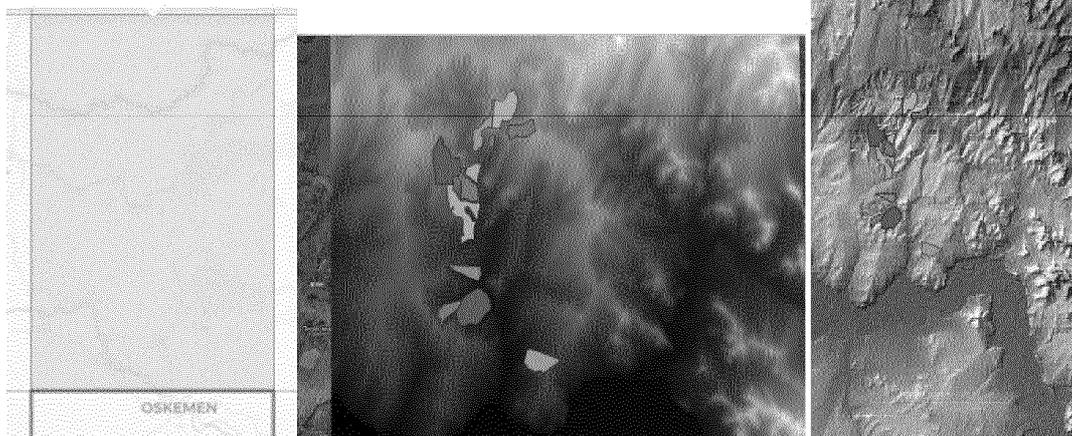
$$A=0,224 \times R \times K \times L \times S \times C \times P,$$

где А - смыв почвы с единицы площади, кг/м²; R - фактор осадков, выраженный в единицах эрозионного индекса; К - фактор эродированности почв; L - фактор длины склона; S - фактор уклона; С - фактор севооборота; Р - фактор, учитывающий влияние противоэрозионных мероприятий;

полученные растровые данные переводят в полигонные объекты; в результате получается изображение в виде картограммы, показывающей эродированность исследуемых земельных участков в предгорных зонах, площадь и объем собирающейся воды и смывающего гумуса;

проводится расчет содержания гумуса по данным ДЗЗ и наносятся контуры рассчитанных значений гумуса на карту.

Космический снимок исследуемых земель до и после обработки

You clicked tile **N50E082**.[Download DEM](#)[Or, view preview image](#)

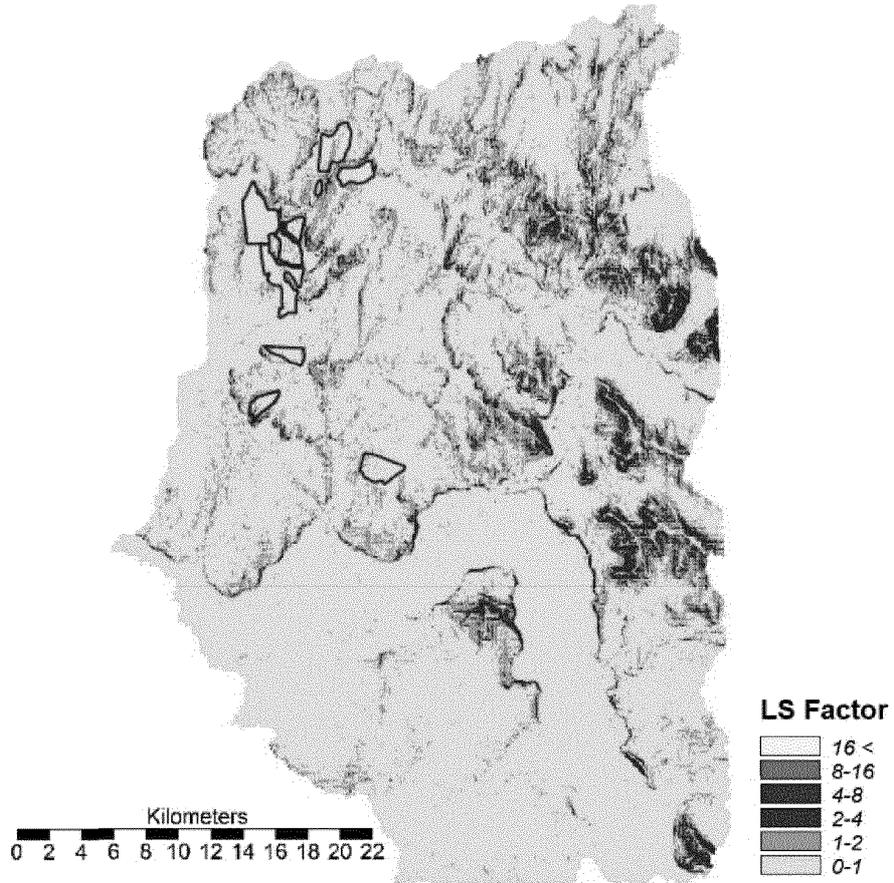
Фиг. 1

Высотные отметки и расположение склонов и уклонов по румбу исследуемых участков пахотных земель



Фиг. 2

Картограмма топографического фактора (LS- factor)



Фиг. 3

Классификация эродированности исследуемых участков пахотных земель



Масштаб 1: 300000

Условные обозначения

Общая территория посевов

Контуры исследуемых полей

Классификация эродированности почв полей

 ≤ 1 неэродированные

1-2 слабосмытые

2-3 слабо- и среднесмытые

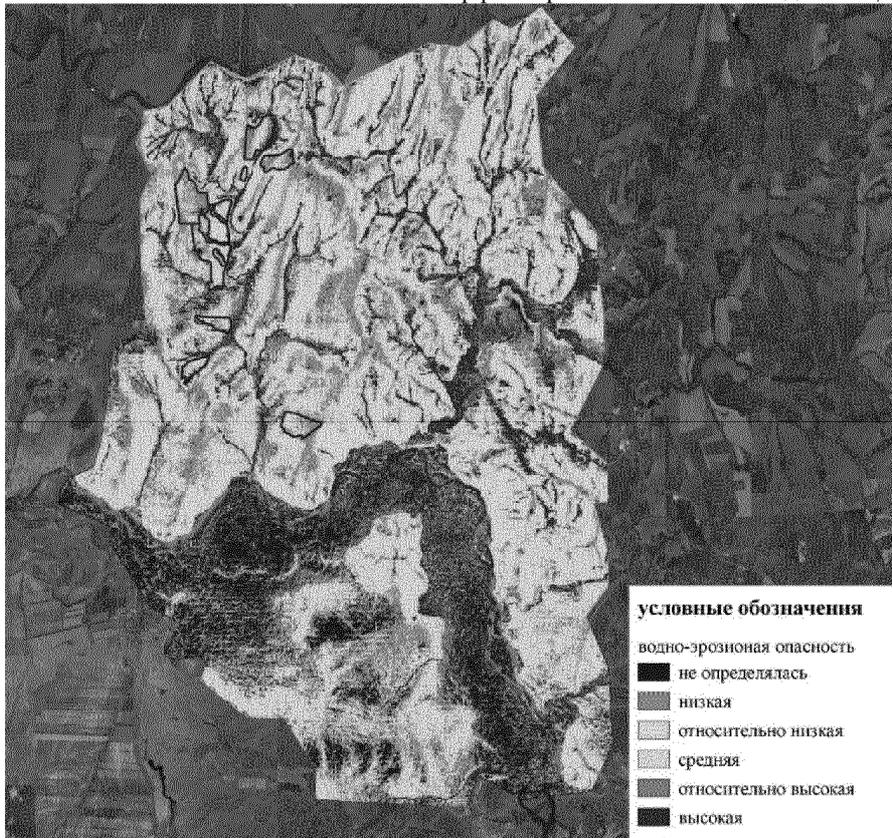
3-4 среднесмытые

4-5 средне и сильносмытые

5-10 и более сильносмытые

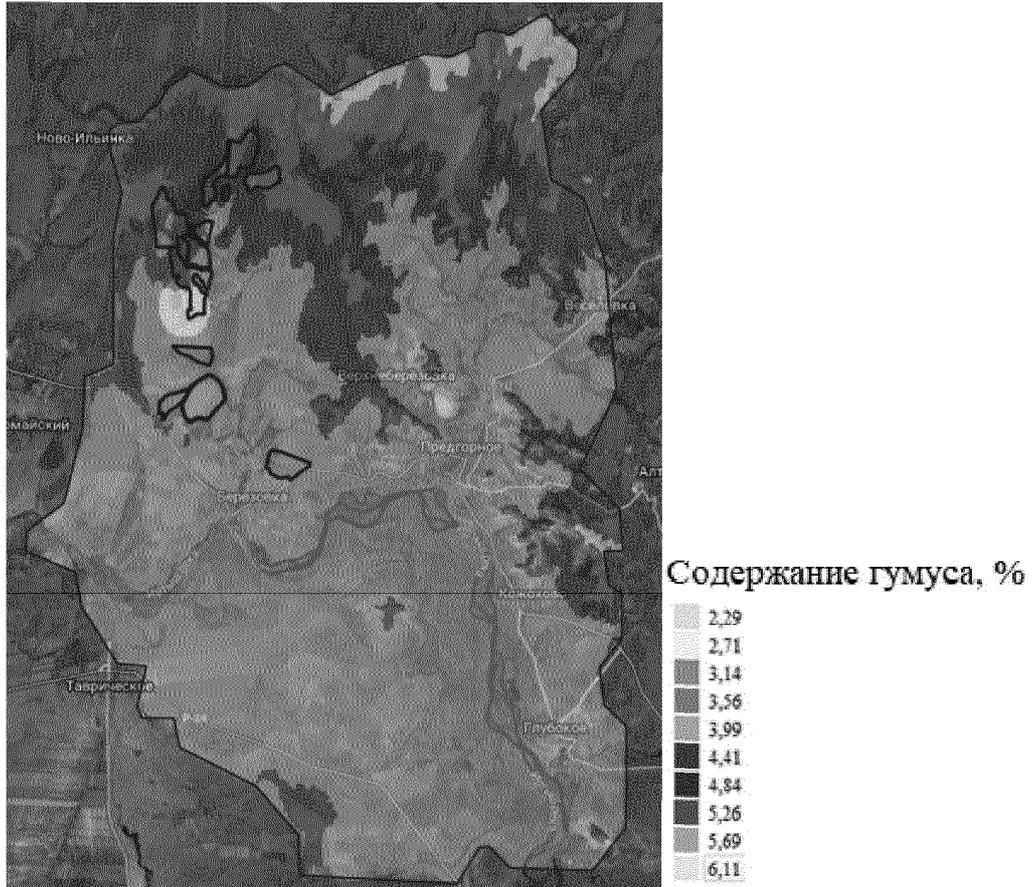
Фиг. 4

Картограмма исследуемой территории на предмет развития зон эрозионной опасности и влияния рельефа на смыв почв с использованием геоморфометрического анализа и данных ДЗЗ



Фиг. 5

Картограмма распределения гумуса (%)



Фиг. 6